RAPPORT FRÅN DATA- OCH ELEKTRONIKKOMMITTÉN (DEK)

Datateknik

Ur KB:s samlingar
Digitaliserad år 2013

KUNGL. BIBLIOTEKET
National Library of Sweden

industrin

Datorstödd
konstruktions- och tillverkningsteknik

SOU 1981:10

RAPPORT FRÅN DATA- OCH ELEKTRONIKKOMMITTÉN (DEK)

Datateknik i verkstads-industrin

Datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik

SOU 1981:10

Statens offentliga utredningar
1981:10
Industridepartementet

Datateknik i verkstadsindustrin

Datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik

Rapport från data- och elektronikkommittén (DEK)
Stockholm 1981

Omslag Jan Bohman
Jernström Offsettryck AB

ISBN 91-38-06087-6
ISSN 0375-250X

Gotab, Stockholm 1981

Till statsrådet och chefen för industridepartementet

Regeringen bemyndigade den 20 juli 1978 chefen för industridepartementet att tillkalla en kommitté med högst nio ledamöter för att utreda datateknikens och elektronikens effekter på näringslivets utveckling. Genom beslut den 10 november samma år utökades antalet ledamöter till högst elva.

Med stöd av detta bemyndigande förordnade departementschefen den 15 augusti 1978 ledamöter och sakkunniga i kommittén. Kommitténs sammansättning och sekretariat framgår av bilaga 4.

Kommittén har antagit namnet data- och elektronikkommittén (DEK).

Datatekniken kommer att medföra förändringar inom en rad områden av betydelse för såväl branscher och företag som enskilda anställda och särskilda yrkeskategorier. De möjligheter och problem som datateknikens utveckling aktualiserar spänner över ett vitt fält, från övergripande frågor om näringslivets konkurrenskraft och struktur till sociala aspekter på sysselsättning, arbetsorganisation och andra frågor.

DEK har till uppgift att belysa de förutsättningar att effektivisera produktionen som tillämpningen av datateknik erbjuder. Frågor med anknytning till sysselsättning, arbetsmiljö, utbildning m m skall främst behandlas i den av chefen för arbetsmarknadsdepartementet tillkallade kommitté som antagit namnet dataeffektutredningen. Det finns därför en rad frågor som berör båda utredningarnas arbete och där utredningsmaterialet måste ses i ett sammanhang för att en allsidig bedömning av utvecklingen skall kunna göras. De båda utredningarnas arbete bedrivs med viss samordning.

DEK har beslutat att bedriva utredningsarbetet i delutredningar som avrapporteras löpande. Föreliggande rapport behandlar datateknikens användning i verkstadsindustrins produktionsprocess och omfattar kartläggning av olika tillämpningar, analys av effekter samt bedömning av den framtida utvecklingen. Samtidigt publicerar DEK en rapport, "Datateknik i processindustrin – datorstödda produktions- och processtyrsystem" (SOU 1981:11), som behandlar motsvarande frågor med anknytning till processindustrin.

I arbetet med föreliggande rapport har kommittén biträtts av en särskilt förordnad referensgrupp, vars sammansättning framgår av bilaga 4.

De två delutredningar som härmed avrapporteras utgör underlag för kommitténs kommande delbetänkande angående datoranvändningen i industriella processer. I detta redovisas även förslag till åtgärder.

Dataeffektutredningen publicerar inom kort en rapport, "Industrins

datorisering – effekter på sysselsättning och arbetsmiljö" (SOU 1981:17), i vilken effekter av datoranvändning i industriella processer med avseende på sysselsättning och arbetsmiljö behandlas.

Tidigare har DEK publicerat rapporterna "Datateknik och industripolitik" (SOU 1980:17), "Datateknik, ekonomisk tillväxt och sysselsättning" (Liber Förlag, 1980) samt "Industri- och forskningspolitiska program inom data- och elektronikområdet. Reserapporter från USA, Finland, Storbritannien, Västtyskland, Japan och Frankrike" (Ds I 1980:7).

Stockholm i april 1981

Nils Mårtensson

Gunnar Du Rietz	*Gunnar Eliasson*	*Birgitta Frejhagen*
Arne Gadd	*William Ingberg*	*Sören Lindebro*
Roland Petersson	*Gunnar Ribrant*	*Bertil Thorngren*

/Jan Carlsson
Håkan Selg

Innehåll

Sammanfattning och slutsatser

1 Inledning 15
2 Verkstadsindustrin – en bakgrundsbeskrivning 17
3 Datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik – investeringsmotiv, kalkylering och finansiering 19
4 Kartläggning, prognoser och internationella jämförelser . . 22
5 Förutsättningar för svensk automatiseringsindustri 28
6 Faktorer som främjar tekniskspridningen 32
7 Effekter 37
8 Slutsatser 44

I Presentation

1 *Inledning, problemformulering samt metodgenomgång* . . . 49
1.1 Introduktion 49
1.2 Problemformulering 51
1.2.1 Den nya teknikens möjligheter och risker 51
1.2.2 Kommittédirektiven 55
1.3 Disposition 56
1.4 Metodgenomgång 58
1.4.1 Olika metodansatser 58
1.4.2 Tekniskspridningsanalys (”leading-edge”analys) . . 59
1.4.3 Produktionsteknikens bestämningsfaktorer 62
1.4.3.1 Allmänna bestämningsfaktorer för industrins produktionsteknik 62
1.4.3.2 Bestämningsfaktorer för produktionstekniken inom verkstadsindustrin – en modell . . . 63

2 *Verkstadsindustrin – en strukturbeskrivning* 67
2.1 Inledning 67
2.1.1 Branschbegreppet 67
2.1.2 Branschblandning 68
2.1.3 Förädlingsvärde 69
2.1.4 Sysselsättning 70
2.2 Något om verkstadsindustrins roll i näringslivet 71

2.3 Produktion och marknad 74
2.3.1 Utrikeshandelns omfattning och inriktning 74
2.3.2 Sveriges specialisering inom verkstadsexporten . . . 76
2.3.3 En alternativ varugruppsindelning 79
2.4 Företagen 81
2.4.1 Storleksstruktur 81
2.4.2 Etablering och nedläggning 83
2.4.3 Fusioner 84
2.4.4 Regional struktur 85
2.5 Arbetskraften 87
2.5.1 Arbetskraftsstrukturen 87
2.5.2 Arbetsproduktivitet och löner 90
2.6 Kapitalet 92
2.6.1 Byggnader och maskiner 92
2.6.2 Lager 93
2.7 Teknikfaktorn 94
2.8 Lönsamhet 96

II Definitioner

3 *Produktionsprocessen inom verkstadsindustrin – översiktlig genomgång och definitioner* 103
3.1 Verkstadsföretaget som produktionssystem 103
3.1.1 En företagsmodell 103
3.1.2 En modell över produktionsprocessen 104
3.2 Organisationsprinciper 105
3.2.1 Produktionsvolymens betydelse 105
3.2.2 Förändrad organisation vid blandad tillverkning . . 106
3.2.3 Gruppteknologi 107
3.3 Några definitioner 108
3.4 Begreppet automation 110
3.5 Utredningens avgränsningar 111

4 *Datorbaserade system för planering och styrning av produktionen* 113
4.1 Inledning 113
4.2 Verkstadsindustrins ADB-användning 113
4.3 Material- och produktionsplaneringssystem (MPS) 114
4.4 Funktioner i ett MPS-system 115
4.5 Effekter av MPS-system 116
4.6 Utvecklingstendenser 117

5 *Datorstödd konstruktion och tillverkningsberedning* 119
5.1 Definitioner och metoder 119
5.2 Maskinvara 121
5.3 CAD/CAM-system inom den mekaniska verkstadsindustrin . 123
5.3.1 CAD 124
5.3.2 CAM 125

5.4 CAD/CAM-system inom elektronikindustrin 126
5.5 Utvecklingstendenser 128

6 *Numeriskt styrda verktygsmaskiner (NC-maskiner)* 131
6.1 Definitioner och metoder 131
6.2 Olika typer av NC-maskiner 131
6.3 Konventionell styrning och datorbaserad styrning 132
6.4 Direkt numerisk styrning (DNC) 133
6.5 NC-operationsberedning 134
6.6 Utvecklingstendenser 137

7 *Industrirobotar* 141
7.1 Definitioner och metoder 141
7.2 Olika typer av industrirobotar 142
7.3 Fysiska prestanda 144
7.4 Programmering av industrirobotar 145
7.5 Användningsområden 146
7.6 Anslutning till övrig tillverkningsutrustning 148
7.7 Utvecklingstendenser 151

8 *Datorstyrda transportsystem* 153
8.1 Inledning 153
8.2 Datorstyrning av transporterna inom tillverkningen 153
8.3 Datorstyrd transportutrustning – funktionsbeskrivning . . . 154
8.3.1 Ytbunden utrustning 155
8.3.2 Linjebunden utrustning 157
8.4 Utvecklingstendenser 162

9 *Styrsystem* 163
9.1 Inledning 163
9.2 Styrsystem för NC-maskiner 163
9.3 Programmerbara styrsystem 165
9.4 Utvecklingstendenser 166

III Kartläggning

10 *Utbudet av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning* 169
10.1 NC-maskiner 169
10.1.1 Produktion, utrikeshandel och tillförsel av verktygsmaskiner och NC-maskiner 169
10.1.2 Inhemska producenter och leverantörer av verktygsmaskiner och styrsystem till NC-maskiner 175
10.2 Industrirobotar 177
10.2.1 Produktion, utrikeshandel och tillförsel av industrirobotar 177
10.2.2 Inhemska producenter och leverantörer av industrirobotar 179

10.3 CAD-system 182
10.4 Datorstyrda transportsystem 182
10.5 Konsult- och servicebyråverksamhet inom CAD/CAM-området 185
10.6 Den svenska automatiseringsindustrins konkurrensförutsättningar 187
10.6.1 Inledning 187
10.6.2 Industrirobotar 188
10.6.3 Verktygsmaskiner, styrsystem och datorstyrda transportsystem 191

11 *Användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning* 195
11.1 NC-maskiner 195
11.2 Industrirobotar 198
11.3 CAD-system 199
11.4 Datorstyrda transportsystem 202
11.5 Sammanfattning 204

IV Analys

12 *Analys av bestämningsfaktorerna för val av tillverkningsutrustning* 207
12.1 Inledning 207
12.2 Egenskaper hos olika varugrupper 208
12.3 Undersökning av ett antal NC- och robotinstallationer . . 209
12.3.1 Frågeställning 209
12.3.2 Undersökningens uppläggning 209
12.3.3 Resultat 210
12.3.3.1 Några produktegenskaper 210
12.3.3.2 Bearbetningsdata 213
12.4 Sambandet mellan varuslag och val av tillverkningsutrustning 216
12.5 Slutsatser 217

13 *Produktivitet, lönsamhet och strukturomvandling – en inledande diskussion* 221
13.1 Volymmått – värdemått 221
13.2 Mikronivå – makronivå 222
13.3 Arbetsproduktivitet – kapitalproduktivitet 223
13.4 Totalproduktivitet 224
13.5 Totalproduktivitetens beståndsdelar 225
13.6 Strukturomvandlingen – symptom och orsaker 226

14 *Effekter på produktion och industristruktur* 229
14.1 Inledning 229
14.2 Erfarenheter från några verkstadsföretag 229
14.2.1 Bakgrund 229
14.2.2 Projektering och installation 230

14.2.3 Effekter på produktiviteten 231
14.2.4 Diskussion 231
14.2.4.1 Organisationsfaktorn 231
14.2.4.2 Problem 232
14.3 Material, energi och kapital 233
14.3.1 Förändrad inriktning i rationaliseringsmönstret . . . 233
14.3.2 Material 235
14.3.2.1 Råvaror och ämnen 235
14.3.2.2 Förbrukningsmaterial 235
14.3.3 Energi 236
14.3.4 Kapital 236
14.3.4.1 Lager och varor i arbete 236
14.3.4.2 Maskiner och inventarier 236
14.3.4.3 Byggnader 237
14.4 Den tillverkade varan 238
14.4.1 Inledning 238
14.4.2 Ökad möjlighet till kundanpassning 238
14.4.3 Fortsatt standardisering 238
14.4.4 Tätare modellbyten 239
14.4.5 Sammanvägning av de olika tendenserna 240
14.5 Industristruktur 241
14.5.1 Inledning 241
14.5.2 Branschstruktur 242
14.5.2.1 Storleksstruktur 242
14.5.2.2 Underleverantörerna 243
14.5.2.3 Delbranscher i farozonen 244
14.5.3 Regional struktur 245

15 *Effekter på sysselsättning och arbetets organisation* 247
15.1 Inledning 247
15.1.1 Motiv 247
15.1.2 Disposition 248
15.2 Teknik och organisation 248
15.2.1 Specialisering 248
15.2.1.1 Motiv och förutsättningar 248
15.2.1.2 Specialiseringens risker 249
15.2.1.3 Direkt och indirekt arbete 250
15.2.2 Bestämningsfaktorer vid organisationsutformning . . 250
15.2.3 Effekter på arbetslivet 251
15.2.3.1 Inledning 251
15.2.3.2 Yrkeskunnandet 251
15.2.3.3 Fysisk arbetsmiljö 253
15.2.3.4 Arbetstidens förläggning 253
15.2.3.5 Andra miljöaspekter 254
15.2.3.6 Styrning av arbetsprocessen 255
15.2.3.7 Förutsättningar för medbestämmande . . 256
15.2.3.8 Löneformer 257
15.3 Teknik och sysselsättning 260
15.3.1 Arbetsmarknaden 260

15.3.1.1 Inledning 260
15.3.1.2 Funktionssätt 260
15.3.1.3 Interna arbetsmarknader 261
15.3.1.4 Arbetskraftens rörlighet 261
15.3.1.5 Teknikens roll 262
15.3.2 Arbetskraftsstrukturen 263
15.3.3 Mot teknologisk arbetslöshet? 264
15.3.4 Tillgången till yrkesarbetare 266
15.4 Teknik och inflytande 267
15.4.1 Teknik och MBL 267
15.4.2 Betydelsen av ett reellt inflytande för de anställda . 268
15.5 Sammanfattning 269
15.5.1 Teknik och organisation 269
15.5.2 Teknik och sysselsättning 271
15.5.3 Teknik och inflytande 272

16 *Kalkylering och finansiering* 275
16.1 Motiv för investeringar i datorbaserad utrustning 275
16.2 Investeringskalkylering för datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning 277
16.3 Finansiering 281
16.3.1 Olika finansieringsformer 281
16.3.2 Finansiella hinder vid investeringar i datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning 283
16.4 Kalkylexempel 285
16.4.1 Investeringar i industrirobotar 285
16.4.2 Investeringar i CAD-system 289
16.4.3 Internationella erfarenheter av investeringar i CAD-system 291

17 *Forskning och utveckling samt tekniskspridning* 293
17.1 En översikt av Sveriges FoU-insatser 293
17.2 FoU inom området datorstödd konstruktion och tillverkning 294
17.2.1 Inledning 294
17.2.2 Finansieringskällor 295
17.2.2.1 STU's stöd till datatekniska tillämpningsprojekt inom området konstruktions- och tillverkningsteknik 296
17.2.3 Utförande organ 299
17.2.3.1 Universitet och högskolor 299
17.2.3.2 Kollektiva forskningsinstitut 301
17.2.3.3 Industrin 302
17.2.3.4 Samarbete industrin – högskolor – kollektiva forskningsinstitut 302
17.2.3.5 Internationellt samarbete 303
17.3 Tekniskspridning 304
17.3.1 Några begrepp 304
17.3.2 Tekniknivån i svensk industri 304
17.3.3 Organisationer och institut som främjar spridningen av ny

teknik 305
17.3.4 Offentlig upphandling 305
17.3.5 Industriella utvecklingsprojekt – nationella projekt . 306

18 *Utbildning* 309
18.1 Utbildningssystemets roll och behov 309
18.2 Avgränsningar 312
18.3 Sammanfattning av SIND's kartläggning av utbildningsutbud och -behov inom data- och elektronikområdet 312
18.4 Verkstadsteknisk utbildning – dimensionering och innehåll . 320
18.4.1 Gymnasieutbildning 320
18.4.2 Högskoleutbildning 325
18.4.3 Vidareutbildning och fortbildning 326
18.5 De fackliga organisationernas utbildningsbehov 329
18.6 Internationella jämförelser 331
18.7 Sammanfattning 331

V Den internationella utvecklingen

19 *Inledning och läsanvisning* 335

20 *Produktion och spridning av verktygsmaskiner och datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning* 337
20.1 Verktygsmaskiner 337
20.1.1 Efterfrågeutvecklingen under 1960- och 1970-talen . 337
20.1.2 Verktygsmaskinindustrin 341
20.1.3 Åldersfördelning för industrins verktygsmaskiner . . 343
20.2 Datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning – en översikt 344
20.2.1 NC-maskiner 344
20.2.2 Industrirobotar 345
20.2.3 System för datorstödd konstruktion (CAD-system) . 345
20.3 Användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning i olika länder 345
20.3.1 USA 345
20.3.1.1 NC-maskiner 345
20.3.1.2 Industrirobotar 348
20.3.1.3 Efterfrågan och inhemsk produktion av verktygsmaskiner i USA under 1980-talet . . . 349
20.3.1.4 Den amerikanska bilindustrins investeringsbehov 350
20.3.2 Japan 351
20.3.2.1 NC-maskiner 351
20.3.2.2 Industrirobotar 353
20.3.3 Västtyskland 359
20.3.3.1 NC-maskiner och DNC-system 359
20.3.3.2 Industrirobotar 360
20.3.4 Övriga länder 360

21 *Forskning och utveckling samt industripolitiska program* . . 363
21.1 Inledning 363
21.2 USA 364
21.2.1 Struktur för det statliga stödet 364
21.2.2 Departement of Defence (DoD) 365
21.2.3 National Science Foundation 366
21.2.4 National Bureau of Standards 367
21.2.5 FoU-verksamhet vid branschorganisationer 367
21.3 Japan 367
21.3.1 Struktur för det statliga stödet 367
21.3.2 Nationella projekt 368
21.3.3 Stöd via branschorganisationer 369
21.3.4 Stöd till användningen av industrirobotar 370
21.4 Västtyskland 371
21.4.1 Struktur för det statliga stödet 371
21.4.2 Olika stödprogram för datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik 371
21.5 Övriga länder 374

22 *Spridningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning – bedömningar av utvecklingen i USA* 377
22.1 Industrirobotar 377
22.2 Datorstödd konstruktion och tillverkning 379
22.3 Bedömningar av den nya teknikens effekter, problem och möjligheter 381
22.3.1 GAO's utredning "Manufacturing Technology – A Changing Challenge to Improved Productivity" . . 382
22.3.2 National Science Foundation's utredning "Product System Productivity Resarch" (PSPR) 383

VI Bedömningar av utvecklingen i Sverige

23 *Tekniska och ekonomiska förutsättningar* 393
23.1 Tekniska förutsättningar 393
23.1.1 Elektronik, programvara och mekanik 393
23.1.2 Datorstödda konstruktions- och tillverkningssystem . 398
23.2 Ekonomiska förutsättningar 401
23.2.1 Den allmänekonomiska utvecklingen 401
23.2.2 Bedömningar av den svenska ekonomins utveckling under 1980-talet 403
23.3 Socio-ekonomiska förutsättningar 411

24 *Prognoser* 413
24.1 Prognosmetoder, förutsättningar och prognosresultatens tillförlitlighet 413
24.1.1 Inledning 413
24.1.2 Perioden fram till och med 1979 413
24.1.3 Perioden fram till 1985 414

24.1.4 Perioden fram till 1990 414
24.1.5 Perioden fram till 1995 421
24.2 Prognos fram till 1985 422
24.2.1 NC-maskiner 422
24.2.2 Industrirobotar 425
24.2.3 CAD-system 429
24.2.4 Datorstödda transportsystem, MPS-system och system för produktion med begränsad bemanning 430
24.3 Prognos fram till 1990 431
24.3.1 NC-maskiner 431
24.3.2 Industrirobotar 432
24.3.3 Investeringar i NC-maskiner och industrirobotar relativt totala maskininvesteringar 434
24.3.4 System för datorstödd konstruktion och för produktion med begränsad bemanning 435
24.4 Sammanfattning samt utvecklingstendenser under 1990-talet . 435

Bilaga 1 *"Förändrad tillverkningsorganisation och dess återverkningar på kapitalbindningen. En studie vid ASEA" av Sam Nilsson, Industriens Utredningsinstitut* 439
Bilaga 2 *Redovisning av särskild varugruppsindelning* 485
Bilaga 3 *Rationaliseringssträvanden inom industrin. En bakgrund* . 489
Bilaga 4 *Kommitténs sammansättning* 497

Sammanfattning och slutsatser

1 Inledning

Avgränsningar

I föreliggande rapport studeras *verkstadsindustrins användning av utrustning och metoder för datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik som en faktor i den löpande rationaliseringen.* Studien är således avgränsad dels till verkstadsindustrin, dels till datatekniken som produktionsfaktor i varuproduktionen inom denna bransch. *Datorn och elektroniken som produkt eller komponent*[1] *lämnas åt sidan liksom också användningen av olika administrativa datasystem.*

Parallellt med denna utredning publicerar kommittén en rapport som redovisar hur datatekniken används för att planera, övervaka och styra produktionen inom processindustrin[2]. Med processindustri avses i detta sammanhang i stort sett hela den tillverkande industrin, exklusive verkstadsindustrin. Tillsammans skall dessa två rapporter ge en beskrivning av hela industrins användning av datorer för planering, övervakning och styrning av den direkta produktionen.

De medel med vilka man fortlöpande bedriver *rationalisering* inom industriproduktionen är vidareutveckling av material, maskiner, metoder och organisation. I praktiken kan man vanligen inte se en rationaliseringseffekt som frukten av det ena eller det andra medlet, utan som ett resultat av flera slag av åtgärder. En allmän slutsats som dragits i den här utredningen är att *produktionens organisation ofta spelar en betydligt större roll för hela fabrikens produktivitet än de ingående maskinenheternas enskilda prestanda.* Det finns många exempel på hur en utomordentligt effektiv produktion kunnat organiseras med en uppsättning av mycket gamla verktygsmaskiner. Likaså finns det gott om exempel på dyrbara maskinanskaffningar som aldrig kommit till sin rätt i en dåligt organiserad fabrik. Organisationskunnandet i verkstäder kan inte ersättas eller kompenseras av högpresterande maskiner.

Definitioner

Den typ av utrustning och system som innefattas i begreppet datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik är[3].

[1] Dessa områden behandlas av statens industriverk i en utredning om svensk elektronikindustris nuläge och utvecklingsmöjligheter, SIND 1979:6 och SIND 1980:20.

[2] Datateknik i processindustrin - datorstödda produktions- och processtyrsystem, SOU 1981:11

[3] Ett tillverkningssystem sägs vara *datorstyrt* om olika processförlopp automatiskt styrs av en dator. Med ett *datorstött* system avses ett system där datorn presenterar beslutsunderlag för manuella ingrepp. Gränsdragningen mellan datorstyrda och datorstödda system är dock inte entydig. I ett system kan ingå såväl datorstyrda som datorstödda funktioner.

- *Numeriskt styrda verktygsmaskiner,* s k NC-maskiner (Numerical Control). Häri ingår i första hand metallskärande maskiner såsom svarvar, fräsar och borrar. Även metallformande verktygsmaskiner t ex pressar och sammanfogningsmaskiner börjar i allt större utsträckning utrustas med numerisk styrning.
- *Industrirobotar.* De robotar som för närvarande svarar för den huvudsakliga spridningen hör antingen till kategorin hanteringsrobotar - t ex maskinbetjäning - eller processrobotar, exempelvis för svetsning eller sprutmålning.
- *Datorstyrda transport- och materialhanteringssystem.* Här avses system som automatiskt hämtar ämnen och detaljer från förråd, flyttar dem till och mellan olika bearbetningsstationer samt förflyttar de färdiga varorna till lager.
- *Datorstödda konstruktionssystem,* s k CAD-system (Computer Aided Design). Detta är en teknik i vilken datorer tas till hjälp för att rationalisera olika faser av konstruktionsarbetet.

Utredningen behandlar också olika typer av datorbaserade system där *flera* av ovan angivna utrustningstyper ingår. Exempel på sådana system är:

- *Datorstyrda tillverkningssystem.* Sådana system kan innefatta en eller flera NC-maskiner, industrirobotar och datorstyrd materialhanteringsutrustning. De olika enheterna är ofta kopplade till en särskild dator som styr och övervakar de olika maskinerna. Datorstyrda tillverkningssystem kan ha olika karaktäristikor. Systemet kan t ex vara utformat så att tillverkningen under vissa delar av dygnet kan bedrivas obemannat eller med starkt reducerad bemanning. Man talar då om *system för produktion med begränsad bemanning* (PBB-system). En annan karaktäristika kan vara flexibilitet, d v s att systemet snabbt kan ställas om för att tillverka olika typer av detaljer. Man talar då om *flexibla tillverkningssystem.* Datorstyrda tillverkningssystem kan också vara utformade så att de medger såväl flexibilitet som PBB.
- *Datorstödda konstruktions- och tillverkningssystem.* Här avses system där de olika delsystemen för konstruktion, beredning[1] och tillverkning kopplats samman och i större eller mindre utsträckning styrs av ett överordnat datorsystem. Även funktioner för material- och produktionsstyrning (MPS) kan ingå i sådana system.

[1] Begreppet *beredning* innefattar alla de arbetsmoment som ligger mellan konstruktionsarbete å ena sidan och bearbetningen i verktygsmaskiner (d v s tillverkningen) å andra sidan. Exempel på sådana arbetsmoment är: val av bearbetningsprocess, verktygsmaskiner och verktyg; beräkning av verktygsvägar, programmering av verktygsmaskiner m m. Datorstödd beredning brukar benämnas CAM (Computer Aided Manufacturing).

Standardiserade resp skräddarsydda system

De slag av utrustning och system som behandlas i utredningen har det gemensamt att de är datorbaserade. Ett karaktäristiskt drag i sådan utrustning är att omställningsarbetet inom vissa ramar har reducerats till ett minimum av tid och arbete varför denna typ av automation brukar kallas för *flexibel automatik.*

I utredningsarbetet har stor vikt lagts vid att undersöka vilka produktionsförutsättningar som måste vara uppfyllda för att flexibel automatik skall bli lönsam. Flexibel datorstyrd utrustning som t ex NC-maskiner och industrirobotar är inte generella i den meningen att de är lönsamma för alla tillämpningar. I många tillverkningsprocesser, framför allt vid storskalig tillverk-

ning, är och kommer *fast automatik* att vara den förhärskande tillverkningsmetoden. Med fast automatik menas att tillverkningsutrustningen utformas för en speciell produkt eller detalj och att den inte omedelbart kan användas för någonting annat. Exempel på sådan utrustning är transfermaskinen. På samma sätt kommer manuella arbetsmetoder inom överskådlig tid att dominera inom andra tillverkningsområden.

Utrustning och system som kan anpassas till standardiserade arbetsrutiner utan något mer omfattande utvecklingsarbete från användarnas sida, kan relativt snabbt få en bred spridning i industrin. Exempel på sådana tillämpningar är datorsystem för bokföring, lönerutiner och liknande. Här är det möjligt för användarna att köpa datorsystem som bygger på standardprogramvaror.

Vad gäller datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning är förhållandena något annorlunda. Utrustningarna och systemen måste i stor utsträckning "skräddarsys" för varje tillämpning vilket innebär att användarna själva måste svara för ett betydande utvecklingsarbete innan utrustningen kan tas i drift. Kompetensen hos användarna liksom kostnaden för det egna utvecklingsarbetet är en viktig restriktion för tekniskspridningen. Ju mer komplexa system desto större krav på projektering och utvecklingsarbete från användarnas sida. Något förenklat skulle man kunna säga att behovet av att anpassa utrustningen till företagsspecifika förhållanden, varierar på följande sätt:

- Enskilda NC-maskiner: relativt måttligt eget utvecklings- och anpassningsarbete.
- Industrirobotar, fleroperationsmaskiner och NC-maskiner med materialhanteringsutrustning: en förhållandevis stor andel av den totala investeringskostnaden, ofta 50 % eller mer, åtgår för utveckling av kringutrustning, installation, anpassning och programmering.
- CAD-system: grundsystemen köps av maskinvaruleverantörer, medan tillämpningsprogramvaror till största delen måste utvecklas av användarna.
- PBB-system, flexibla tillverkningssystem och större datorstyrda transportsystem: måste "skräddarsys" för varje tillämpning.

2 Verkstadsindustrin – en bakgrundsbeskrivning

Ett av de utmärkande dragen för verkstadsindustri och verkstadsproduktion är att den till övervägande del avser varor för slutanvändning till vilka såväl konsument- som investeringsvaror räknas. Dessa varor kännetecknas av en art- och variationsrikedom som saknar motstycke inom övrig produktion.

Om man brukar kalla de traditionella processindustrierna – bl a stål, papper och massa – råvarubaserade och kapitalintensiva, kan man karaktärisera verkstadsindustrin som kunskapsbaserad och arbetsintensiv. Som framgår av tabell 2.1 är andelen teknisk personal och FoU- investeringar per anställd mer än dubbelt så stor i verkstadsindustri som i övrig tillverkningsindustri. Däremot är kapitalstocken per anställd endast ungefär hälften av vad den är i den övriga delen av tillverkningsindustrin.

Tabell 2.1 Jämförelser mellan verkstadsindustri och övriga delen av tillverkningsindustrin

	Verkstads-industri exkl varv	Övrig till-verknings-industri	Tillverk-ningsindu-strin totalt
Förädlingsvärdets procentuella fördelning, 1977	46,1	53,9	100
Sysselsättningens procentuella fördelning, 1977	47,2	52,8	100
Lönekostnader i % av förädlingsvärdet, 1979	87,6	70,9	77,4
Andel teknisk personal i % av antalet anställda totalt, 1975	11,8	5,2	8,3
Kapitalstockens procentuella fördelning, 1978	31,5	68,5	100
Kapitalstock per anställd, 1000-tals kr, 1978	197	380	294
Procentuell fördelning av industrins totala FoU-kostnader, 1977	70,7	29,3	100
FoU-investeringar per anställd, 1000-tals kr, 1977	7,2	2,6	4,8
FoU i % av totala investeringar, 1977[a]	66	13	30

[a] I elektroindustrin, som är den mest forskningsintensiva branschen, uppgår FoU-investeringarna till 104 % av investeringarna i maskiner och byggnader.
Källa: SCB, DEK.

I Sverige har processindustrierna tjänat som motor under de tidigare faserna av industrialiseringen medan verkstadsindustrin fått sitt genombrott under de senare. Detta beror bl a på att allmänhetens köpkraft successivt ökat så att en rad tekniskt komplexa verkstadsprodukter omfattas av masskonsumtion. Dessutom tjänar det industriella kunnandet, begreppet taget i vid bemärkelse, som byggts upp under generationer av industrialisering, som en avgörande förutsättning för att bedriva avancerad färdigvaruproduktion. I Sverige svarar verkstadsindustrin för närmare hälften av industrins produktion och sysselsättning, vilket i internationell jämförelse är en hög andel. Verkstadsindustrin intar således en nyckelposition i det svenska näringslivet. Enligt många bedömningar är det också främst denna bransch som måste expandera för att den svenska ekonomin skall uppnå balans under 1980-talet. I detta sammanhang har den datorstödda konstruktions- och tillverkningstekniken utpekats som ett viktigt medel för att höja konkurrenskraften i verkstadsindustrin och därigenom få till stånd en expansion av branschen.

En expansion av verkstadsindustrin kommer att kräva väsentligt ökade FoU-investeringar (den höga FoU-intensiteten i denna bransch visades ovan). Kraftigt ökade investeringar i avancerad produktionsteknik är en annan viktig förutsättning. Emellertid skall understrykas att det senare är ett nödvändigt men långt ifrån ett tillräckligt krav för att uppnå ökad konkurrenskraft och expansion i verkstadsindustrin. Avancerad produktionsteknik är tillgänglig även för andra länder. Konkurrensfördelar kan uppstå genom en snabbare spridning av tekniken i industrin och genom en

effektivare användning av tekniken. Det senare förutsätter dock kompetensuppbyggnad inte bara vad gäller den datorbaserade tekniken utan även för produktionsprocessen i sin helhet.

Andra faktorer som är viktiga för att få till stånd en expansion i verkstadsindustrin är *produktutveckling* och *marknadsföring*. Många studier har visat att utveckling av nya konstruktioner för befintliga produkter, nya material och framtagning av helt nya produkter eller produktvarianter ofta ger betydligt större produktivitetsvinster än enbart förbättringar i tillverkningstekniken. Med den datorstödda konstruktionstekniken ökar möjligheterna att dels påskynda produktframtagningen, dels utforma komponenter och produkter på ett sådant sätt att de anpassas till den datorstyrda tillverkningstekniken.

En framgångsrik marknadsföring är ofta grundförutsättning för att få till stånd högsta möjliga storskalighet i produktionen. Stora volymer är viktiga för att kunna sprida ut höga utvecklings- och investeringskostnader. För många av verkstadsindustrins produktområden, speciellt där det föreligger stark internationell konkurrens (kullager, datorer, bilar, dammsugare m m), är storskalighet i någon form ett utmärkande drag. Sålunda är de flesta av våra framgångsrika verkstadsföretag ofta de största tillverkarna i världen inom sina speciella marknadssegment. En relativt stor produktionsvolym är vidare en förutsättning för att det skall bli lönsamt att investera i avancerad tillverkningsteknik.

Vad vi här vill understryka är att även om avancerad produktionsteknik är en väsentlig faktor för verkstadsindustrins utvecklingsmöjligheter *är den bara en av flera faktorer som påverkar branschens konkurrenskraft* och möjligheter till expansion. Trots att den svenska verkstadsindustrin ligger bland de främsta vad gäller användning av avancerad produktionsteknik är detta ingen garanti för att branschen skall kunna befästa eller förbättra sin konkurrenskraft och därmed kunna skapa ökad sysselsättning.

3 Datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik – investeringsmotiv, kalkylering och finansiering

Investeringsmotiv och kalkylering

Det primära motivet för investeringar i datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning har hittills ofta ansetts vara att *reducera den direkta arbetskraftskostnaden per producerad enhet.* Investeringskalkyler bygger därför ofta på en intäktssida som kvantifierar arbetskraftsbesparingarna och en kostnadssida som innehåller kostnaden för maskinutrustning och i vissa fall även kringutrustning. Övriga kostnadsposter, t ex utbildning, utvecklingsarbete, intrimning etc, brukar beräknas som ett procentpåslag.

Sådana kalkyler kan dock ge betydande underskattningar av såväl intäkterna som kostnaderna och därför också påverka investeringsbeslutet i felaktig riktning. Kostnads- och intäktsposter som är svåra att kvantifiera men som kan få avgörande betydelse för investeringens lönsamhet är:

- Kapitalbindningen i varor och ämnen.
- Materialhanteringskostnader.

- Effekter på kvalitet och råvaruförbrukning.
- Kostnader/intäkter i samband med förändrade produktionsflöden (organisatoriska förändringar).
- Kostnader för programvaruutveckling, installation, utveckling av kringutrustning, anpassning till befintliga maskiner.
- Underhåll.

Framför allt bör framhållas att datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik ofta medger en *ökning av kapitalproduktiviteten.* De kapitalbesparingar som erhålles genom kortare genomloppstider för varor i förråd, i arbete och i lager samt effektivare maskinutnyttjande kan vara av samma storleksordning som arbetskraftsbesparingarna. Andra motiv som kan ligga till grund för beslut om investeringar i avancerad produktionsteknik är:

- *Förbättringar av arbetsmiljön.* I många investeringar, framför allt vad gäller industrirobotar, har ett av huvudmotiven varit att förbättra arbetsmiljön. Bakom detta motiv ligger dock vanligtvis ett strikt lönsamhetsmotiv. Arbetsmiljön har förbättrats därför att det varit svårt att rekrytera och behålla arbetskraft eller att frånvaron vid det aktuella produktionsmomentet varit hög som en följd av dålig arbetsmiljö.
- Vid viss typ av konstruktion och tillverkning är det näst intill *omöjligt att använda manuella metoder,* t ex bearbetning av komplicerade detaljer med mycket stora noggrannhetskrav såsom konstruktion och tillverkning av detaljer till flygplan, integrerade kretsar m m.
- *Skaffa sig erfarenheter av ny teknik.* Man bedömer att tekniken på sikt kommer att få stor betydelse, och investerar därför för att på ett tidigt stadium skaffa sig erfarenheter och kunskap.

En svaghet i nuvarande kalkylpraxis är att man sällan beaktar hur den aktuella investeringen påverkar övriga moment i tillverkningskedjan. Situationen bedöms i allmänhet endast för ett begränsat tillverkningsavsnitt. En vanlig effekt av användningen av datorstyrd tillverkningsutrustning är en minskad arbetsinsats vid maskinen under processens gång, men ett ökat behov av indirekt arbetskraft för programmering, tillverkningsförberedelser, service etc.

Även om det vid investeringar i enstaka datorstyrda maskiner föreligger vissa kalkyleringsproblem är de marginella i jämförelse med investeringar i större datorstödda konstruktions- och tillverkningssystem. Ett sådant system kan, beroende på valet av systemkomponenter, utformas på ett stort antal olika sätt.

Datatekniken kan här bli ett viktigt hjälpmedel för att simulera olika investeringsalternativ. Sådana simuleringsmodeller har tagits fram, dock huvudsakligen av universitet och högskolor, för att testa och utvärdera olika systemutformningar ur teknisk synvinkel. Däremot har man inte kommit särskilt långt med simuleringstekniken för att analysera olika investeringsalternativ med avseende på finansiering och lönsamhet. I takt med en ökad inriktning mot allt mer komplexa system är det angeläget att forskningsarbete och kunskapsuppbyggnad initieras på detta område. Här har branschorganisationer, branschforskningsinstitut samt universitet och högskolor en viktig roll att fylla.

Finansiering

En investering i datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning kan finansieras på ett flertal olika sätt; genom eget kapital, lån från statliga banker och fonder, lån från privata banker, obligationslån, leasing och avbetalning.

Det statliga engagemanget på kreditmarknaden har blivit av allt större omfattning och är med sin inriktning mot långsiktiga och riskfyllda projekt ett viktigt komplement till det privata kapitalutbudet. Med vissa undantag som redovisas nedan, kan någon brist på vare sig kapital eller lämpliga finansieringsformer konstateras. För lönsamma investeringar kan kapital normalt anskaffas.

Trots det rikliga utbudet av krediter av olika slag föreligger det dock *finansieringsproblem för vissa typer av investeringsobjekt.* Främst gäller detta investeringar i avancerad teknologi, som t ex datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning, där det föreligger större tekniska och kommersiella risker än för konventionell utrustning.

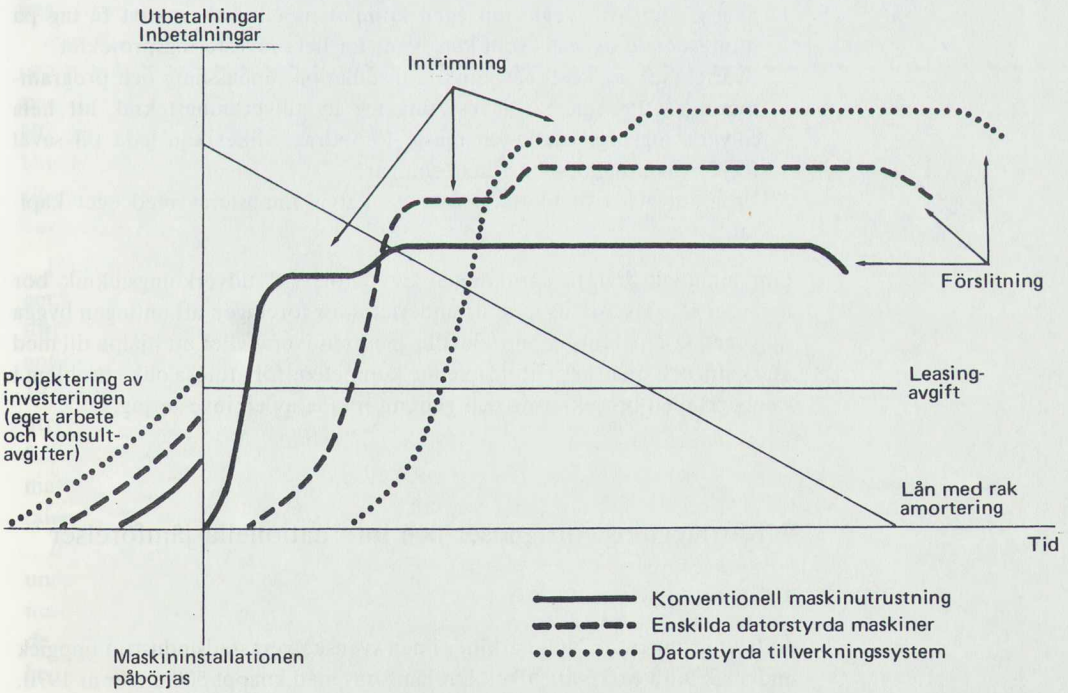
Vid investeringar i datorbaserad utrustning kan den totala investeringskostnaden uppdelas i:

- *maskinvarukostnader,* dvs kostnader för verktygsmaskiner, verktyg, kringutrustning, styrenheter m m
- *programvarukostnader,* som innefattar kostnader för projektering, installation, anpassning, programmering, test, utbildning m m.

[1] Bortsett från generella dataprogramvaror som "följer med" maskinvaran.

Figur 3.1 Ut- och inbetalningsströmmar vid olika typer av maskininvesteringar.

Källa: DEK.



Ju mer datorkraft som maskinerna utrustas med och ju fler maskiner som kopplas samman desto större blir programvarukostnadernas andel av den totala investeringskostnaden. Programvarukostnaderna består huvudsakligen av lönekostnader. Då dessa stiger betydligt snabbare än maskinvarukostnaderna kommer programvarukostnadernas andel att successivt öka.

Vanligtvis går det inte att låne- eller leasingfinansiera programvarukostnaderna[1] eftersom de inte utgör någon säkerhet för kreditinstituten. Företagen måste därför finansiera *programvarorna* med egna medel. Detta kan för många företag innebära stora finansieringsproblem, speciellt om det såsom det illustreras i figur 3.1, tar lång tid innan investeringen börjar ge överskott. Eftersom utvecklingen går mot ett allt större "programvaruinnehåll" i företagens totala investeringsprogram kommer en motsvarande anpassning mot mindre stela kreditvärderings- och räntesättningsprinciper att bli alltmer nödvändigt i såväl det statliga som det privata kreditväsendet. Detta är delvis en lagstiftningsfråga.

Finansiering av projektering, installation, anpassning och programmering av datorbaserad utrustning är dock inte det enda problemet. Många företag har svårigheter såväl att kalkylera kostnaderna för ovan angivna arbetsuppgifter som att finna expertis som kan utföra dem. För de teknikledande företagen är detta normalt inget större problem. Däremot är det ofta ett allvarligt hinder för många små och medelstora företag som inte har sådan expertis inom företaget. Detta kan då få till följd att företagen tvekar att över huvud taget planera för sådana investeringar, även om de vore lönsamma. Om å andra sidan ett företag beslutar sig för att projektera och eventuellt genomföra en investering i datorstyrd tillverkningsteknik föreligger följande problem:

1. Svårigheter att bygga upp egen kompetens eller alternativt få tag på utomstående expertis som kan svara för hela investeringsprojektet.
2. Svårigheter att kostnadsberäkna installation, anpassning och programmering. Ofta innebär investeringar i ny tillverkningsteknik att hela tillverkningsorganisationen måste förändras, vilket kan leda till såväl följdinvesteringar som driftstörningar.
3. Programvarukostnaderna måste vanligtvis finansieras med eget kapital.

Om man vill främja spridningen av datorstyrd tillverkningsteknik bör åtgärder således inrikas mot att underlätta för företagen att antingen bygga upp egen kompetens på området där så är motiverat eller att hjälpa till med att skaffa och finansiera utomstående kompetens för att lösa olika problem i samband med projektering och genomförande av en investering.

4 Kartläggning, prognoser och internationella jämförelser

NC-maskiner

Antalet installerade NC-maskiner i den svenska verkstadsindustrin uppgick under 1979 till ca 3 600, vilket kan jämföras med knappt 500 under år 1970.

Tabell 4.1 Antalet installerade NC-maskiner 1970-1979 samt prognos fram till början av 1990-talet

Företagsgrupp	1970	1973	1976	1979	Mitten av 1980-talet	Början av 1990-talet
De 15 största NC-användande företagen	340 (71 %)	670 (63 %)	1 170 (56 %)	1 490 (41 %)	2 030 (34 %)	
Övriga företag	140 (39 %)	390 (37 %)	930 (44 %)	2 160 (59 %)	3 980 (66 %)	
Summa	480	1 060	2 100	3 650	6 010	8 000–13 000

Källa: DEK.

NC-parken har således ökat med i genomsnitt 25 % per år under 1970-talet.

Under 1980-talet väntas NC-parkens tillväxttakt avtaga, bl a som en följd av att de mest lönsamma investeringarna då redan har genomförts. Enligt DEK's beräkningar kommer NC-parken att öka med i storleksordningen 10 % per år, vilket ändock måste anses vara en snabb ökning om man jämför med annan investeringsutrustning.Det skall understrykas att ovan angivna tillväxttal avser *nyinvesteringar*. Marknadstillväxten blir under en övergångsperiod betydligt högre då den också innefattar ersättningsinvesteringar i NC-maskiner.

I mitten av 1980-talet beräknas NC-parken ha ökat till ca 6 000 enheter. Vad gäller utvecklingen under senare delen av 1980-talet har denna uppskattats med utgångspunkt från ett antal antaganden om bl a hastigheten i teknikspridningen, investeringsutvecklingen totalt i verkstadsindustrin m m. Givet olika antaganden om dessa parametrar har NC-parken beräknats ligga i intervallet 8 000 - 13 000 enheter.

Användningen av NC-maskiner har under 1970-talet i mycket stor utsträckning varit koncentrerad till ett fåtal stora företag. Under år 1970 svarade de 15 största NC-användande företagen för drygt 70 % av den totala NC-parken, se tabell 4.1. År 1979 hade denna andel sjunkit till drygt 40 %. Under 1980-talet blir det framför allt företag som nu saknar NC- maskiner eller företag med enbart ett fåtal installationer som kommer att svara för huvuddelen av NC-parkens tillväxt.

En beskrivning av NC-maskinernas antalsmässiga utveckling över tiden ger en grov bild av omfattningen av NC-teknikens användning. Av flera skäl torde emellertid omfattningen underskattas om man bara ser till den antalsmässiga utvecklingen. *För det första* har NC-maskinerna under 1970-talet genomgått betydande kvalitativa förändringar (NC-maskinerna utrustas med verktygsväxlare, mät- och materialhanteringsutrustning, kraftfullare styrsystem m m) vilket inneburit att produktionskapaciteten per maskin ökat väsentligt. Denna utveckling väntas fortsätta under 1980-talet.

För det andra integreras NC-maskinerna i tillverkningssystem som arbetar under fler skift än tidigare vilket innebär att utnyttjandegraden ökar markant. *För det tredje* blir NC-maskinerna större och mer mångsidiga. Av de olika typerna av NC-maskiner har fleroperationsmaskinerna den snabbaste tillväxten.

Kvalitativa förbättringar, högre utnyttjandegrad samt en ökad inriktning mot större maskiner medför att produktionsvolymen per maskin ökar i snabb takt. NC-maskinernas antalsmässiga utveckling ger därför en underskattning av den produktionsvolym som bearbetas i NC-maskinerna.

Industrirobotar

Industrirobotar började introduceras i den svenska industrin i slutet av 1960-talet. År 1970 uppgick robotparken till ca 50 enheter. Merparten av de robotar som installerades under första delen av 1970-talet var av relativt enkelt slag. Styrningen skedde huvudsakligen på elektromekanisk väg. Numera är praktiskt taget alla industrirobotar som levereras utrustade med elektroniska styrsystem.

År 1979 hade robotparken ökat till ca 950 enheter, vilket innebär att robotparken i genomsnitt ökat med närmare 40 % per år under 1970-talet.

I mitten av 1980-talet beräknas robotparken uppgå till ca 2 300 enheter, vilket motsvarar en årlig ökning om 20 %[1]. Robotparkens utveckling under senare delen av 1980-talet är dels beroende av verkstadsindustrins utveckling totalt sett, dels hur snabbt avancerade sensorutrustade (syn, känsel och ev hörsel) robotar blir kommersiellt tillgängliga samt av det pris de betingar. Med utgångspunkt från olika antaganden om dessa faktorer har robotparkens storlek i början av 1990-talet uppskattats till 6 000 - 9 000 enheter.

Användningen av industrirobotar är i ännu större utsträckning än NC-maskiner koncentrerade till ett fåtal (stora) företag. De sju största robotanvändande företagen svarade under perioden 1970-1977 för ca 60 % av totala antalet installerade robotar. Under 1979 hade andelen sjunkit till 45 % och i mitten av 1980-talet beräknas den ha sjunkit till 35 %, se tabell 4.2.

Även om gruppen "övriga företag" ökar sin andel av robotinstallationerna kommer robotanvändningen även i fortsättningen att domineras av stora företag. I gruppen "övriga företag" finns nämligen ett antal stora företag som, åtminstone fram till år 1985, kommer att investera i robotar i minst samma takt som de mindre och medelstora företagen.

[1] Marknadstillväxten blir under en övergångsperiod högre då denna också innefattar ersättningsinvesteringar.

Tabell 4.2 Antalet installerade industrirobotar 1970-1979 samt prognos fram till början av 1990-talet

Företagsgrupp	1970	1973	1977	1979	Mitten av 1980-talet	Början av 1990-talet
De 7 största robotanvändande företagen	30 (55 %)	85 (63 %)	310 (63 %)	420 (45 %)	800 (35 %)	
Övriga företag	25 (45 %)	50 (37 %)	180 (37 %)	520 (55 %)	1 500 (65 %)	
Summa	55	135	490	940	2 300	6 000–9 000

Källa: DEK.

CAD-system

System för datorstödd konstruktion, CAD-system, började introduceras i Sverige i mitten av 1970-talet. Hittills är det huvudsakligen större företag, företrädesvis inom elektronikindustrin, som investerat i CAD. Detta förklaras av att systemen fortfarande har höga anskaffningskostnader samt att det hos användarna krävs egen kompetens för såväl användning som utveckling av programvaror. För att en CAD-investering skall bli lönsam måste konstruktions- och ritningsarbetet vara komplicerat samt av stor omfattning. Helst bör systemet även vara i drift i mer än ett skift.

Antalet installerade CAD-system av mer avancerat slag uppgick 1979 till ca 60, se tabell 4.3. Den totala investeringskostnaden för dessa system kan uppskattas till ca 130 miljoner kronor. Därtill kommer kostnader för sådana programvaror som utvecklas av användarna, programvaruunderhåll, utbildning m m.

Merparten av CAD-systemen återfinns i verkstadsindustrin. Resterande system finns vid högskolor, byggnadsföretag och stadsplaneringskontor. Ca hälften av CAD-systemen är installerade i elektronikindustrin. Alla större elektronikföretag använder i dag CAD i konstruktionsarbetet.

Det redovisade antalet installerade CAD-system ger dock inte en helt korrekt bild av CAD-användningen. Å ena sidan finns det företag som har flera system, exempelvis svarar ett företag för ca 1/3 av alla CAD-system. Å andra sidan finns det företag som använder CAD utan att ha tillgång till egna system. Detta sker genom servicebyråföretag som specialiserat sig på att sälja CAD-tjänster.

DEK beräknar att antalet installerade CAD-system kommer att uppgå till ca 200 i mitten på 1980-talet. Den totala investeringskostnaden för dessa system kommer att överstiga 400 miljoner kronor i 1980 års priser. Då konstruktionsarbete inom elektronikindustrin redan i dag görs med CAD-system är det framför allt tillämpningar inom mekanik och anläggningsarbete som kommer att svara för huvuddelen av den ökade CAD-användningen.

Potentialen för antalet installerade CAD-system i början av 1990-talet torde ligga i storleksordningen 1 000 system. Detta antal gäller inte bara verkstadsindustrin utan innefattar även viss processindustri, byggnadsindustri, stadsplaneringskontor m fl. Användningen av CAD genom delad anläggning eller via servicebyrå kommer att öka varför antalet användare blir större än antalet installerade system.

Tabell 4.3 Investeringar i CAD-system 1979 samt prognos för mitten av 1980-talet

Företag	1979		Mitten av 1980-talet	
	Antal	Milj kr	Antal	Milj kr
De 22 största NC- och robotanvändande företagen	40	100	100	250
Övriga	20	30	100	175
Summa	60	130	200	425

Källa: DEK.

Datorstödda konstruktions- och tillverkningssystem

Som visats i det föregående har datorstyrda *maskiner* av olika slag redan nått en relativt stor spridning i industrin. Under 1980-talet kommer utvecklingsarbetet allt mer att förskjutas mot att koppla samman olika maskiner till datorstyrda *system*. Att utveckla och installera sådana system ställer stora krav på såväl produktionstekniskt kunnande i vid mening som finansiella resurser hos företagen. System av detta slag kommer därför under relativt lång tid framöver endast att återfinnas hos ett mindre antal teknikledande företag med egna utvecklingsresurser.

Den ökade användningen av datorstyrda tillverkningssystem sker stegvis. Endast undantagsvis är det tekniskt och ekonomiskt möjligt att satsa på projekt som direkt kommer att automatisera hela eller stora delar av produktionsprocessen. Utvecklingsarbetet inriktas i stället mot att automatisera vissa begränsade tillverkningsavsnitt. När man fått ett antal sådana delsystem att fungera går man vidare och kopplar samman dessa till allt mer komplexa system. Detta är emellertid en process som tar lång tid varför några plötsliga förändringar av tillverkningsprocessen i sin helhet inte är att förvänta.

Investeringsutvecklingen vad gäller datorstödda konstruktions- och tillverkningssystem är mycket svår att kvantifiera. Dels är det svårt att avgränsa begreppen "system" och "maskin", dels föreligger stora skillnader mellan olika system vad gäller antal maskiner som ingår i systemen, antal operationer som utförs, grad av automatisering m m . För att ändock ge en uppfattning av storleksordningen har beräkningar gjorts av antalet installerade system för produktion med begränsad bemanning, s k PBB-system. Enligt dessa beräkningar skulle antalet PBB-system i verkstadsindustrin ha uppgått till ca 250 i slutet av 1979. Fram till mitten av 1980-talet beräknas antalet PBB-system ha ökat till ca 500. I början på 1990-talet beräknas antalet installerade PBB-system uppgå till storleksordningen 1 500.

Systemen skiljer sig emellertid avsevärt åt vad gäller komplexitet och omfattning varför kvantitativa uppgifter skall tolkas med stor försiktighet. Vad som är väsentligt och som sifferuppgifterna har till uppgift att illustrera, är den gradvisa förskjutningen av automatiseringen från enskilda maskiner till hela maskinsystem.

Teknikledande företag

De företag som dominerar användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning är LM Ericsson, ASEA, Volvo, Sandvik, Saab-Scania och Electrolux. Dessa sex företag, som för vissa typer av datorstyrd tillverkningsutrustning också är de ledande tillverkarna, svarade under 1979 för ca 26 % av den totala NC-maskinparken, för ca 40 % av industrirobotparken samt för nästan 50 % av installerade CAD-system. Dessutom är ovanstående utrustning vanligtvis ansluten till mycket stora datorbaserade system för materialhantering och produktionsplanering.

Tabell 4.4 Procentuella fördelningen på delbranscher av antalet installerade NC-maskiner och industrirobotar år 1979

Delbransch	Andel i %		Andel (%) av verkstads-industrins förädlingsvärde
	NC	IRb	
Metallvaruindustri	22	51	20
Maskinindustri	42	15	31
Elektroindustri	19	9	19
Transportmedelsindustri	13	22	28
Instrumentindustri	1	0	2
Övrig industri	3	3	. .
Summa	100	100	100

Källa: DEK.

Branschfördelning

I tabell 4.4 redovisas fördelningen av det totala antalet installerade NC-maskiner och industrirobotar på verkstadsindustrins delbranscher.

Det är i det här sammanhanget viktigt att poängtera att utvecklingen inom den datorstödda konstruktions- och tillverkningstekniken liksom spridningen av tillämpningarna inte sker likformigt över hela verkstadsindustrin. Beroende på de olika produkternas karaktär och marknadsförhållanden sker spridningen enligt olika utvecklingsmönster. För vissa kategorier av produkter pågår t ex en utveckling mot integrerade datorstyrda tillverkningssystem, medan de produktionsekonomiska förutsättningarna för sådan automatisering saknas inom andra produktområden.

Internationella jämförelser

Svensk verkstadsindustri ligger bland de främsta i världen vad gäller användningen av avancerad produktionsteknologi. För vissa teknikavsnitt är den svenska verkstadsindustrin t o m den ledande. I förhållande till industrins storlek har inget annat land så många NC-maskiner och industrirobotar som Sverige.

I USA uppgick NC-parken under 1980 till ca 60 000 enheter vilket kan jämföras med inemot 4 000 enheter i Sverige. Med hänsyn till den svenska verkstadsindustrins storlek är dock NC-användningen nästan dubbelt så stor i Sverige som i USA.

I tabell 4.5 visas det antal industrirobotar som var installerade 1980 i några viktiga industriländer.

Även vad gäller användningen av CAD-system och datorstyrda tillverkningssystem intar Sverige en framskjutande, om än inte ledande, position.

Den framskjutna position som svensk verkstadsindustri har vad gäller användningen av avancerad produktionsteknologi grundlades redan på 1960- och 1970-talen. Trots att tekniken inte utvecklades i Sverige introducerades

Tabell 4.5 Antalet installerade industrirobotar 1980

	Antal
Japan	7 500–10 000[a]
USA	4 000
Sverige	1 000
Västtyskland	900
Italien	500
Frankrike	200–300
Storbritannien	200

[a] Den japanska branschorganisationen JIRA anger 80 000 industrirobotar. I Japan tillämpar man dock en betydligt vidare definition av begreppet industrirobot än i Europa och USA. Här har angetts antalet industrirobotar enligt amerikanska och europeiska definitioner.
Källa: DEK.
Anmärkning: För Sovjetunionen och de östeuropeiska länderna har det inte varit möjligt att erhålla några tillförlitliga uppgifter. Mycket talar emellertid för att dessa länder påbörjat stora satsningar för att främja tillverkningen och användning av industrirobotar.

den snabbt i industrin och fick, i förhållande till andra länder, en relativt bred spridning.

Under senare delen av 1970-talet har dock andra industriländer kraftigt ökat sina ansträngningar för att stimulera både inhemsk produktion och spridning av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning. Som en följd av lägre ekonomisk tillväxt och ökad internationell konkurrens har datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik identifierats som ett strategiskt område för att öka produktiviteten i industrin. I länder som USA, Japan och Västtyskland har därför respektive lands regeringar initierat omfattande program för att utveckla och stimulera spridningen av denna teknik. Det försprång som Sverige hittills haft kan därför snabbt komma att hämtas in.

5 Förutsättningar för svensk automatiserinsgsindustri

Verktygsmaskiner

Världsproduktionen av verktygsmaskiner uppgick under 1979 till ca $ 23 miljarder, varav NC-maskiner svarar för 25–30 %. De fem största producentländerna, Västtyskland, USA, Sovjetunionen, Japan och Italien, svarade för närmare 2/3 av produktionen. Den svenska produktionen uppgick till knappt 0,9 % av världsproduktionen.

Verktygsmaskinindustrin domineras av små och medelstora företag (enligt respektive lands definition av vad som är små och medelstora företag). I början av 1970-talet genomgick verktygsmaskinindustrin i många länder en omfattande strukturomvandling.

En av orsakerna till strukturomvandlingen var att verktygsmaskinerna i allt större utsträckning utrustades med datorbaserade styrsystem. Efterfrågan på NC- maskiner ökade mycket snabbt medan efterfrågan på konventionella maskiner avtog. Övergången till den datorbaserade tekniken ställde

allt större krav på FoU-investeringar hos verktygsmaskinföretagen, speciellt på elektronikområdet. Då branschen dels hade relativt dålig lönsamhet, dels i stor utsträckning saknade egen kompetens inom elektronikområdet, har övergången till den nya tekniken varit förenad med många problem, också för de stora verktygsmaskinföretagen.

I länder som Italien, Västtyskland, Storbritannien och Frankrike initierades statliga strukturprogram som syftade till att dels öka FoU-insatserna i branschen, dels genom fusioner få till stånd större företagsenheter.

För att kunna finansiera ökade satsningar på FoU och produktutveckling krävs stora produktionsvolymer att sprida investeringskostnaderna på, vilket i sin tur kräver stora marknadsföringsinsatser. Det senare är inte minst viktigt mot bakgrund av att efterfrågan, som en följd av den datorbaserade tekniken, ändrat karaktär. Tidigare räckte det med att verktygsmaskinföretagen saluförde enskilda maskiner. Nu måste de i allt större utsträckning kunna offerera hela maskinsystem bestående av olika typer av verktygsmaskiner, industrirobotar, materialhanteringsutrustning, datorer m m (däremot är det inte nödvändigt att ett företag självt måste tillverka alla i systemet ingående komponenterna).

Även om vissa svenska verktygsmaskinföretag klarat omställningen till den nya tekniken relativt bra har branschen som helhet stora problem. Många av de mindre och medelstora företagen, som dominerar branschen, har i dag dålig lönsamhet, trots att efterfrågan på maskiner internationellt sett är hög.

Detta har fått till följd att företagen inte har resurser för investeringar i produktutveckling, marknadsföring samt för att bygga upp en organisation för försäljning av maskinsystem. En omställning till den nya tekniken och de nya marknadsbetingelserna kräver därför strukturella förändringar i branschen.

De nya kompetenskrav som med den allt viktigare marknaden för maskinsystem ställs på leverantörsföretagen, kan komma att nödvändiggöra ett ökat samarbete mellan verktygsmaskinföretag, verktygsföretag, industrirobottillverkare, styrsystemtillverkare, tillverkare av materialhanteringsutrustning samt programvaru- och konsultföretag. Även olika former av internationellt samarbete kan i det här sammanhanget bli nödvändigt.

Från verktygsmaskinbranschens sida har man gjort försök att få till stånd en omstrukturering, men även om det skett vissa ägarmässiga förändringar under de senaste åren har branschens strukturproblem inte ändrats på något avgörande sätt. En omstrukturering av verktygsmaskinbranschen kommer förmodligen att beröra många företag, även utanför branschen, och det kommer att krävas stora investeringar i FoU, produktutveckling, produktionsutrustning och marknadsföring. Det senare gäller inte minst i utlandet där ca 80 % av den inhemska produktionen avsätts. Risken är att om en omstrukturering i kombination med ökade investeringar inte kommer till stånd kan de utvecklingsmöjligheter som finns hos den svenska verktygsmaskinindustrin gå förlorade.

Den här rapporten har visat att svensk verkstadsindustri är en av de främsta i världen vad gäller *användning* av avancerad produktionsteknik. Det är i detta sammanhang inte oväsentligt att Sverige också har en avancerad *produktion* av sådan utrustning.

Styrsystem till verktygsmaskiner

I Sverige tillverkas NC-styrsystem av ett tiotal företag. Inget av dessa företag tillverkar dock styrsystem i större volymer. De ledande tillverkarna är ASEA, Saab-Scania och SMT. Det senare företaget saluför sina styrsystem enbart tillsammans med egna verktygsmaskiner. En av orsakerna bakom SMT's framgångar torde vara att man kan marknadsföra egentillverkade maskinsystem.

De svenska styrsystemtillverkarna svarar för ca 40 % av den inhemska marknaden. Bortsett från SMT, som under de senaste åren haft en exportandel på över 80 %, har de svenska styrsystemtillverkarna haft relativt begränsade exportframgångar. Exporten går huvudsakligen till Norden och vissa östeuropeiska länder. På de västeuropeiska, amerikanska och japanska marknaderna har de svenska styrsystemtillverkarna, bortsett från SMT, små möjligheter att kunna konkurrera.

Världsmarknaden för styrsystem domineras av amerikanska (General Electric och Cincinnati Milacron), västtyska (Siemens och Bosch) samt japanska företag (Fujitsu Fanuc).

Det senare företaget kan på ett slående sätt illustera den internationella konkurrens som de svenska styrsystemtillverkarna har att möta. Mellan 1967, då produktionen kom igång i större skala, och 1980 har Fanuc producerat nästan 70 000 enheter. Enbart under 1980 beräknas produktionen uppgå till 21 000 enheter, d v s över 40 % av den sammanlagda produktionen under 1960- och 1970-talen. Detta kan jämföras med de tre största tillverkarna i Sverige som under 1980 tillsammans hade en produktion om ca 700 enheter av jämförbar storlek.

Industrirobotar

Industrirobotar är den produkt inom den svenska automatiseringsindustrin som vunnit de största internationella framgångarna. Sverige är efter Japan och USA världens tredje största producentland. Av den svenska produktionen av industrirobotar avsätts över 60 % på utlandsmarknaderna vilket innebär att Sverige är en av världens ledande robotexportörer.

Den svenska robotindustrin har således ett gynnsamt utgångsläge inför den marknadsexpansion på 30-35 % per år som väntas internationellt under 1980-talet. Konkurrensen kommer emellertid att öka väsentligt, dels från flera västeuropeiska länder som håller på att bygga upp egen robotindustri, dels från USA och Japan. I de senare länderna har produktionen hittills huvudsakligen avsatts på respektive hemmamarknad. Japans exportandel är f n endast mellan 2 % och 4 %. I USA har visserligen de två ledande tillverkarna, Unimation och Cincinnati Milacron, en relativt omfattande utlandsförsäljning men huvuddelen av produktionen avsätts på hemmamarknaden.

I båda dessa länder är hemmamarknadens storlek och tillväxt av sådan omfattning att tillverkarna ännu så länge ej behöver vara beroende av utlandsmarknader för tillväxt.

Fortfarande tillverkas robotar i förhållandevis korta serier. Även hos de största robotföretagen understiger produktionsvolymen f n 1 000 enheter per

år. De japanska och amerikanska tillverkarna håller emellertid på att i mycket snabb takt öka standardisering och serielängder. Successivt kommer produktionen därför att bli allt mer storskalig, vilket leder till lägre tillverkningskostnader, lägre priser och därmed normalt större efterfrågan.

När robottillverkarna i Japan, USA, Västtyskland m fl väl "hunnit ifatt" den inhemska efterfrågan är det sannolikt att utbudet i allt större utsträckning kommer att riktas mot utländska marknader. Robotarna kommer då att produceras i betydligt större serier än vad som nu är fallet. Man kan här dra paralleller med utvecklingen av den japanska verktygsmaskinindustrin. Under 1950- och 1960-talen avsattes huvuddelen av produktionen på hemmamarknaden. När denna under 1970-talet började bli mättad inriktades produktionen av verktygsmaskiner snabbt mot de utländska marknaderna. Mellan 1970 och 1978 ökade Japans exportandel av verktygsmaskiner från 7,7 % till 44,4 %. Det finns mycket som talar för att produktionen av industrirobotar kommer att få samma utveckling.

Som en följd av robotmarknadens snabba tillväxt väntas nya företag etableras i branschen. Framför allt räknar man att dator- och elektronikföretag kommer att börja tillverka robotar för extern försäljning. Företag som IBM, Texas Instrument, Digital Equipment m fl tillverkar redan avancerade robotar men f n endast för egen användning. I Japan är ledande elektronikföretag som Hitachi och Fuijtsu redan stora tillverkare av robotar.

Om dator- och elektronikföretagen, med sina stora forsknings-, produktions-, marknadsförings- och finansiella resurser, beslutar sig för att gå in i robotbranschen kan man förvänta sig en snabbare teknisk utveckling, pressade priser och som följd av det senare en betydligt större marknadstillväxt.

Robottillverkarna är i dag främst inriktade mot att producera och sälja enskilda robotenheter. När robottekniken i allt större utsträckning sprids till icke teknikledande företag kommer efterfrågan på totallösningar för automatiseringsproblem att öka. Marknadsföring av hela robot- och tillverkningssystem, dvs robotar, kringutrustning, annan maskinutrustning, programvaror, utbildning samt anpassningar och installation, kommer att bli ett allt viktigare konkurrensmedel. Redan har företag som Unimation och Cincinnati Milacron startat verksamhet som innebär att man kan gå in som huvudentreprenör vid försäljning av robot- och tillverkningssystem.

Om den svenska robotindustrin skall kunna behålla sin position på världsmarknaden under 1980-talet kommer det krävas stora investeringar i FoU, produktutveckling och marknadsföring. Bland de strategier företag inom branschen kan välja för att möta den ökade konkurrensen är

- uppköp av företag i Sverige och utlandet för att bredda marknadssortimentet och för att öka marknadsandelarna,
- en prispolitik som, om företagets finansiella situation så medger, inriktas mot att så snabbt som möjligt öka marknadsandelarna på strategiska marknader,
- samarbete med avancerade användarföretag i Sverige och utlandet,
- samarbete med högskolor och forskningsinstitut.

Datorstyrda transportsystem

Användningen av datorstyrda transport- och materialhanteringssystem befinner sig fortfarande i ett inledningsskede. En mycket snabb expansion väntas dock ske under 1980-talet. Den svenska marknaden är en av de mest avancerade vad gäller användning av datorstyrda transportsystem. På denna marknad har de inhemska tillverkarna en dominerande ställning. Tillverkarna har dessutom vunnit flera framgångar på exportmarknaden.

Flera av tillverkarna har även framledes goda exportutsikter eftersom de antingen själva är etablerade i utlandet, t ex Bygg&Transportekonomi, eller tillhör koncerner, t ex Volvo, Asken och Euroc, som har en stor utlandsförsäljning. Ett problem är kanske att antalet tillverkare är för stort för att var och en snabbt skall få en sådan volym att utvecklingskostnaderna blir täckta. Många företag gör i dag förluster men räknar med ökad lönsamhet då marknaden expanderar under 1980-talet. Dålig lönsamhet i kombination med stora investeringar i utvecklingsarbete gör branschen sårbar om den förväntade efterfrågan förskjuts i tiden[1].

CAD-system

Sverige har ingen inhemsk produktion av CAD-system. Amerikanska företag svarar för i storleksordningen 80 % av världsmarknaden för CAD-system. Däremot finns det förutsättningar för inhemsk produktion av tillämpningsprogramvaror till CAD-system. Detta förutsätter dock att de ledande användarna etablerar någon fastare organisation för utvecklingssamarbete. En utgångspunkt för sådant samarbete är den försöksverksamhet som STU och IVF bedriver.

6 Faktorer som främjar tekniskspridningen

Den allmänekonomiska utvecklingen

En produktionsteknisk förändring i ett företag sker ofta i samband med investeringar i ny produktionsutrustning. Beslut om att ny produktionsutrustning skall anskaffas är beroende av företagets investeringsvilja. En av de viktigaste faktorerna som styr investeringsviljan är investeringens beräknade lönsamhet, vilken bl a är beroende av den förväntade framtida efterfrågan på företagets produkter. Om efterfrågan är eller förväntas bli svag, med vikande kapacitetsutnyttjande och dålig lönsamhet som följd, kommer man sannolikt varken att ha råd eller lust att göra nyinvesteringar. De *allmänna konjunkturförväntningarna* spelar därför en central roll för industrins investeringsvilja, och därmed också för den produktionstekniska utvecklingen.

För de finansiellt starka företagen har de kort- och medelfristiga pendlingarna i konjunkturcykeln mindre betydelse för investeringsverksamheten. Dessa företag följer i regel en rullande investeringsplanering, ofta omfattande fem år, som bygger på prognoser över den långsiktiga efterfrågeutvecklingen på företagets produkter. Investeringsprogrammet

[1] I den s k Telesisrapporten ("Verkstadsindustrin och industripolitiken"), som utförts på uppdrag av bl a Sveriges Mekanförbund och Metallindustriarbetareförbundet, utpekas industrin för materialhanteringsutrustning som en av fyra framtidsbranscher.

försöker man sedan följa, oavsett i vilken fas i konjunkturcykeln man råkar befinna sig. Däremot är investeringsprogrammet i hög grad beroende av efterfrågans trendmässiga utveckling.

Spridningshastigheten för ny produktionsteknik och ny investeringsutrustning är således synnerligen beroende av den allmänekonomiska utvecklingen i såväl Sverige som utlandet.

Kunskapsfaktorns betydelse

Den takt med vilken avancerad produktionsteknik sprids till företag med potentiella möjligheter att använda tekniken är i hög grad beroende av nivån på den produktionstekniska kompetensen i företagen. Med kompetens menas inte bara kunskap om hur man programmerar och använder datorbaserad utrustning utan framför allt *kunskap om den totala produktionsprocessen.*[1] När man talar om kompetensnivå och kunskapskrav avses inte bara kompetensen hos en liten grupp specialister hos företagen utan hos samtliga anställda och de fackliga organisationerna.

Tillgången till såväl bred som djup kompetens är enligt DEK avgörande för i vilken takt och omfattning ny teknik sprids till industrin. Detta förhållande ställer stora krav på *utbildningen* såväl inom ramen för det reguljära skolsystemet som på den fort- och vidareutbildning som äger rum ute på arbetsplatserna.

Vi har kunnat konstatera att den verkstadstekniska utbildningen i stort verkar vara dimensionerat efter arbetsmarknadens behov. Det största problemet är i stället att skolan inte får alla tillgängliga utbildningsplatser besatta, vilket förklaras av en rad faktorer som utbildningssystemet dock har svårt att påverka. Vi har också framhållit vikten av att närmare undersöka varför industrin har rekryteringsproblem trots att utbildningssystemet tycks vara väl dimensionerat för efterfrågan.

För att på *kort sikt* lösa de kunskapsproblem som föreligger måste resurserna prioriteras mot *fort- och vidareutbildning* av de redan anställda.

Vi har, liksom ett flertal andra utredningar, kunnat konstatera allvarliga brister vad gäller utbildningens kvalitet och aktualitet. Dessa brister är främst en följd av:

- Otillräckliga resurser för lärarfortbildning.
- Begränsad tillgång till modern utrustning.
- Stela kursplaner. Inom områden där kunskaperna snabbt förändras, måste kursplanerna ges särskild flexibilitet. Förmågan att förändra, anpassa och vidareutveckla kursutbud, utrustning och lärarkader måste vara särskilt väl utvecklad.

Några begrepp i tekniskspridningsprocessen

När ett företag börjar använda en ny produktionsmetod är detta ett led i en teknisk omvandling vars olika faser utgörs av

1. utvecklingsarbete som baseras på en ny teknik,

[1] Kunskapsfaktorns betydelse för såväl spridning av ny teknik som produktionens effektivitet diskuteras ingående i Gunnar Eliassons uppsats "Elektronik, teknisk förändring och ekonomisk utveckling". Denna uppsats ingår i DEK's rapport "Datateknik, ekonomisk tillväxt och sysselsättning".

2. uppfinning i form av en tekniskt fungerande prototyp (tekniskt genombrott),
3. innovation i form av den första kommerisella användningen (tillämpningsgenombrott),
4. spridning av tekniken till andra företag (bred spridning),
5. avveckling på grund av att ännu nyare teknik utvecklats.

Det är viktigt att hålla isär uppfinning och innovation; uppfinning syftar på det tekniska nytänkandet medan innovation syftar på det kommersiella nytänkandet. Gränsdragningen mellan begreppen är självfallet inte knivskarp.

Något förenklat skulle man kunna säga att faserna 1) och 2) innefattas i begreppet FoU medan begreppet tekniskspridning avser faserna "innovation" och "spridning till andra företag".

För att göra diskussionen om behovet av ett eventuellt samhälleligt stöd till tekniskspridning en smula klarare, kommer vi att skilja mellan *tillämpningsgenombrott och första spridning* å ena sidan och *bred spridning* å andra sidan.

Stöd till FoU

Av världens samlade FoU-insatser svarar Sverige för ca 2 %. Svensk industri kan således endast i undantagsfall skaffa sig försprång vad gäller egen utveckling av ny teknik. I stället måste forskningsinsatserna inriktas mot att så snabbt som möjligt "hämta hem" ny teknik och vidareutveckla den i Sverige.

FoU inom området datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik är till övervägande delen tillämpningsinriktad. Arbetet bedrivs såväl hos enskilda företag som vid högskolor och det kollektiva forskningsinstitutet IVF. Staten ger ett omfattande stöd dels via STU, dels via utbildningsdepartementets och forskningsrådens anslag till högskolorna.

STU har under de senare åren kraftigt ökat sina anslag till verkstadsteknisk forskning och inom detta område har datorstödd konstruktion och tillverkning prioriterats. Under perioden 1980/81 – 1984/85 beräknas anslagen till verkstadsteknisk forskning uppgå till ca 260 miljoner kr.

Mellan STU och Stiftelsen för verkstadsteknisk forskning, som representeras av Sveriges Mekanförbund, har upprättats ett nytt ramavtal beträffande verkstadsteknisk forskning. Enligt detta avtal skall STU och stiftelsen under perioden 1980/81 – 1984/85 satsa 46 respektive 48 miljoner kronor i ett kollektivt forskningsprogram, vilket innebär nästan en fördubbling i jämförelse med föregående ramavtal. Områden som prioriteras i det nya forskningsprogrammet är bl a produktion med begränsad bemanning, metodinriktad tillverkning, automatisk montering och snabbare produktframtagning.

För att få till stånd både en bättre samordning av högskolornas FoU-arbete och ökad långsiktighet har STU initierat fleråriga ramprogram inom viktiga teknikområden. Inom det verkstadstekniska området har ramprogram startats för dels CAD/ CAM, dels laserbearbetning. Dessutom planeras två ramprogram för adaptiv styrning av verktygsmaskiner respektive adaptiv styrning av industrirobotar.

Många länder har under de senaste åren kraftigt ökat sina anslag för FoU inom avancerad produktionsteknik. Emellertid torde satsningarna i Sverige, relativt ekonomins storlek, vara av jämförlig omfattning.

Även inom ramen för oförändrad total volym på de svenska FoU-satsningarna finns det dock flera åtgärder som är angelägna för att bättre utnyttja befintliga resurser. Exempel på sådana åtgärder är en bättre samordning av forskningsverksamheten dels mellan de olika institutionerna inom en högskola, dels mellan de olika högskolorna. STU's ramprogram är i detta avseende en bra utgångspunkt, men enligt DEK borde det finnas möjligheter att vidga samordningen ytterligare till att omfatta huvuddelen av högskolornas forskningsverksamhet.

Det finns många skäl som talar för en vidgad samordning av forskningsverksamheten inom området datorstödd konstruktion och tillverkning.

- Behovet av att få till stånd dels en högre grad av långsiktighet i verksamheten dels satsningar på större tillämpningsorienterade projekt som bättre avspeglar de produktionstekniska problem som finns i industrin.
- Industrin kommer i allt större utsträckning att investera inte i enskilda datorstyrda maskiner utan i datorstödda maskinsystem av olika slag, vilket måste avspeglas i högskolornas forskningsverksamhet. Detta kan vanligtvis inte en enskild institution, av såväl personella som utrustningsmässiga skäl, klara av varför samarbete med andra institutioner och högskolor blir alltmer angeläget.
- FoU inom området datorstödd konstruktion och tillverkning förutsätter tillgång till modern maskinutrustning. Denna är dyr i inköp och blir snabbt omodern varför även förnyelsebehovet är stort. DEK har i den här utredningen pekat på behovet av att modernisera högskolornas utrustning. Avskrivningsplaner, motsvarande de som används i industrin, bör tillämpas.

Emellertid är det inte ekonomiskt rimligt att varje högskola har en "full" uppsättning datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning. Denna måste fördelas enligt varje högskolas specialinriktning i forskningsverksamheten och där så är möjligt samutnyttjas.

Medel för högskolornas utrustningsinköp erhålles i dag från flera håll: utrustningsanslag från UHÄ, särskilda anslag från utrustningsnämnden för universitet och högskolor (UUH), FRN, STU och enskilda företag. Enligt vad DEK kunnat konstatera föreligger stora brister i samordningen mellan olika myndigheters medelstilldelning för utrustning. Vidare föreligger det inga incitament för högskolorna att göra sig av med utrustning då den fyllt sina behov och fortfarande har ett restvärde.

- Slutligen skall också framhållas att en ökad samordning och långsiktighet i forskningsverksamheten är nödvändigt om ett vidgat samarbete med industrin skall uppnås. Industrins forskningsproblem kan sällan definieras så smalt att de ryms inom en enskild institutions fackområde.

Tillämpningsgenombrott och första spridning

Härmed avses den första kommersiella användningen av ny teknik hos en begränsad krets av företag. I detta avseendet har svensk verkstadsindustri hittills legat långt framme vad gäller avancerad produktionsteknik även om denna inte utvecklats i Sverige.

Satsningar på avancerad produktionsteknik i en första kommersiell tillämpning är förenad med stora risker. Lyckas projektet kan företaget skaffa sig konkurrensfördelar gentemot sina konkurrenter. Misslyckas projektet kan allvarliga störningar i produktionsanläggningen uppstå. De flesta företag väljer därför att vänta med att pröva tekniken tills de sett resultaten hos de företag som tidigt satsat på tekniken.

Den risk som det innebär att satsa på kommersialisering av ny teknik ankommer i första hand på de enskilda företagen. Det finns emellertid många exempel på där staten gått in och antingen övertagit eller delat på företagens risker. Man kan här peka på områden som kärnkraftsindustrin, delar av försvarsindustrin, telekommunikationsområdet m m. Staten har här gått in antingen för att man haft monopol eller för att man varit den störste beställaren. Normalt har det gällt mycket stora projekt.

Den statliga upphandlingen har på vissa områden haft stor betydelse för utvecklandet och även kommersialiseringen av ny teknik, inte minst vad gäller avancerad produktionsteknik. I många länder har man därför vidgat det statliga engagemanget till områden som normalt ligger utanför det som omfattas av statlig upphandling. Exempel härpå är de nationella projekt inom området datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik som initierats i länder som USA och Japan. Även i Sverige har den statliga upphandlingen haft stor betydelse för teknikutvecklingen inom ovan nämnda branscher.

För att främja kommersialiseringen av ny teknik inrättades 1979 den statliga industrifonden. Denna har redan gjort satsningar avseende ny produktionsteknik, exempelvis SKF's och Bolidens nya metoder för stålframställning och LM Ericssons LSI-projekt vid dotterföretaget Rifa.

Även IVF skulle kunna spela en aktiv roll för kommersialisering av ny teknik. I dag är IVF's verksamhet främst inriktad mot forskning och informationsspridning. En mera aktiv roll vad gäller främjandet av tekniska tillämpningsgenombrott skulle dock kräva en väsentlig förstärkning av IVF's personella och utrustningsmässiga resurser.

Bred spridning

Satsningar på ny teknik görs primärt för att öka produktiviteten och lönsamheten i industrin. I det avseendet har satsningar på tillämpningsgenombrott och den första spridningen en relativt begränsad samhällsekonomisk betydelse. Vad som ger de största totaleffekterna är med vilken omfattning och hastighet tekniken sprids till industrin som helhet. Självfallet kan satsningar på tillämpningsgenombrott ge betydande effekter hos de teknikledande företagen men sett ur samhällsekonomisk synvinkel ligger betydelsen av sådana satsningar främst i att de är utgångspunkten för en bredare spridning. Det är därför väsentligt att åtgärder inriktas mot såväl

tillämpningsgenombrott som bred spridning.

Som visades i avsnitt 4 är användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik i mycket stor utsträckning koncentrerad till ett fåtal företag. Tekniken håller emellertid på att spridas till en bredare bas av företag. Som framgick av avsnitt 4 är det gruppen "övriga företag" som nu svarar för största delen av nyinvesteringarna. Vi har också kunnat konstatera att Sverige i en internationell jämförelse ligger långt framme både vad gäller omfattningen och hastigheten i teknikens spridning.

Icke desto mindre finns det utrymme för att ytterligare påskynda spridningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik, både vad gäller nuvarande och kommande "teknikgenerationer". Från samhällets sida finns det flera åtgärder som kan vidtagas för att främja tekniskspridningen:

- utbildning; på kort sikt främst fortbildning och vidareutbildning av redan anställd personal hos företagen,
- konsult- och rådgivningsverksamhet till främst mindre företag,
- finansiering av särskilt riskfyllda investeringar i ny teknik.

Ett flertal statliga och privata organisationer är verksamma för att främja tekniskspridning. Exempel på sådana organisationer är:

- IVF/Mekanförbundet: FoU, informationsspridning och rådgivning.
- SIFU: vidareutbildning och fortbildning.
- STF/Ingenjörsutbildning: vidareutbildning och fortbildning.
- Högskolor, YTH, gymnasieskolor.
- Regionala utvecklingsfonder: finansiellt stöd, företagsservice.
- Tillverkare, leverantörer och konsulter.
- Teknisk service som vissa stora företag ger åt sina underleverantörer.
- Arbetsmarknadens parter.

Om samhället vill påskynda tekniskspridningen finns det således ett flertal olika organisationer, som kan påta sig denna uppgift.

7 Effekter

Den tillverkade varan

Det råder ett ömsesidigt beroende mellan å ena sidan en vara och dess utformning och å andra sidan produktionsteknik och tillverkningsutrustning. Att varans karaktär och konstruktion har betydelse för valet av produktionsteknik har vi tidigare konstaterat. Med tiden och tillkomsten av avancerade tillverkningsmetoder och tillverkningsutrustning har dock i allt större utsträckning även det omvända förhållandet kommit att gälla.

För att rationaliseringspotentialen vid automatisering till fullo skall kunna förverkligas, förutsätts en anpassning av produktutformning och produktkonstruktion. Två viktiga effekter härav kan urskiljas:

1. Den moderna produktionsprocessen sätter ut snävare gränser för produktutformarens/konstruktörens handlingsutrymme.
2. Konstruktionsavdelningarnas förmåga till anpassning och nytänkande får

stor betydelse för hur snabbt den nya teknikens rationaliseringsvinster kan tillvaratas.

Den förändrade tekniken skapar även möjligheter till högre grad av kundanpassning av varorna och ökad variation i utbudet. Detta sammanhänger dels med den uppsnabbade tillverkningsprocessen, dels med att nya tillverkningsfaser blir möjliga att automatisera. *Den datorstödda konstruktions- och tillverkningsteknikens inverkan på produkterna och deras egenskaper är därmed ingalunda entydig.*

Grovt sett bidrar CAD-, CAM- och MPS-system till att förenkla och påskynda orderbehandlingen, varvid tiden mellan order och leverans förkortas. Därvid underlättas en övergång till kundorderstyrd tillverkning med de nya möjligheter till kundanpassade produkter som därmed öppnas.

Samtidigt som möjligheterna till kundorderstyrd tillverkning ökar, stimulerar användningen av datorstyrda maskiner i tillverkningen till fortsatt standardisering av produkt- och komponentutformning. Trots att den datorstyrda maskinutrustningen erbjuder ett större mått av flexibilitet än "automat"-tekniken, är den mindre flexibel än manuellt opererade maskiner.

Datorstyrda maskiner – i första hand industrirobotar – kan också underlätta modellbyten på en vara. Betydelsen därav bör ses mot bakgrund av modellbytet som en åtgärd att anpassa en standardiserad produkt till marknadskollektivets "behov". Möjligheter till tätare modellförändringar förstärker därför konkurrenskraften för standardisering som produktionsmetod, i och med att en av dess väsentliga nackdelar i förhållande till helt kundanpassade produkter mildras.

Vad blir då den sammanlagda effekten av dessa motsatta tendenser? Marknadsanpassningen fordrar en maximal differentiering medan produktionsekonomin gynnas mest av en maximal standardisering. En obegränsad variantrikedom skall kunna åstadkommas med ett så begränsat antal ingående detaljer som möjligt. Lösningen på problemet ligger framför allt i konstruktionsavdelningens förmåga att utveckla produkter som sätts samman enligt bygglådeprincipen där varje byggklots är en standardiserad detalj och där en variantrikedom skapas genom att klotsarna kombineras på olika sätt. Dessa standardiserade detaljer ("produktionens elementarpartiklar") – så få som möjligt – hålls alltid i lager och slutmontering sker först när en beställning erhållits. Principen bygger därmed på att varan ges sin slutliga identitet i ett så sent skede av tillverkningsfasen som möjligt.

Nu finns det få företag där samtliga tillämpningar av den datorbaserade tekniken finns installerade. De system som stimulerar fortsatt *standardisering* – NC-maskiner, robotar och andra maskinvaruintensiva system – är de som hittills nått störst spridning. Sådana system som stimulerar en *differentiering* – CAD, CAM och MPS – är svåra och kostsamma att införa och har hittills därför nått en mycket begränsad spridning.

Industristruktur

Rationaliseringar och införandet av ny teknik är en utdragen process med måttliga omedelbara effekter. *På kort sikt* får en isolerad (dvs som inte åtföljs

av väsentliga förändringar i produktutförande, efterfrågesituation etc) förändring förhållandevis små effekter på företagets struktur. Orsak därtill är att effektivt ianspråktagande av ny teknik och ny utrustning är en lång och mödosam process, som sällan ger snabba genomslag i form av kraftigt förändrade konkurrensvillkor. *På kort sikt* "märks" därför knappast inte de gjorda teknikförändringarna.

På längre sikt antar emellertid summan av de successiva förändringarna betydande proportioner vilket kan få avsevärda effekter. Dessa drabbar dock inte i första hand de företag som genomfört den fortlöpande teknikförändringen utan de företag som *inte* gjort det. De företag som i jämförelse med konkurrenterna har föråldrad produktionsapparat löper hela tiden risk att slås ut från marknaden, såvida de inte har andra konkurrensfördelar. Här kan effekterna bli både drastiska och omedelbara, inte minst för sysselsättningen.

Storföretag är vanligen indelade i produktdivisioner och avdelningar, inte sällan geografiskt utspridda. Från tillverkningssynpunkt råder i regel ingen större skillnad mellan en sådan storföretagsenhet och ett fristående mindre företag. Ofta är mindre företag också konkurrenter till delar av större företags produktprogram.

Frågan om den datorstyrda tillverkningsutrustningen har effekter på *storleksstrukturen* inom branschen blir därmed avhängig frågan om de mindre företagen uppvisar något handikapp visavi de större när det gäller att tillägna sig ny teknik. Förekomsten av sådant handikapp skulle i så fall försämra konkurrensförmågan och på sikt allvarligt hota de mindre företagens överlevnad.

Det är inte svårt att identifiera olika hämmande faktorer på de mindre företagens produktionstekniska utveckling. Vanliga sådana faktorer är

- brist på information i tekniska frågor,
- avsaknad av egen teknisk expertis,
- svag finansiell bas,
- otillräcklig tillverkningsvolym för automatisering.

Slutsatsen blir därmed att det existerar ett antal odelbarheter vid produktion med hjälp av datorstyrd utrustning som ger skalfördelar. Detta kan ge konkurrensnackdel för de mindre företagen.

Betydande effekter kan uppstå på *underleveransströmmarna*. Beroende på specifika faktorer hos såväl kundföretag som underleverantörsföretag kan utvecklingstendensen variera. Genom att investera i maskinutrustning med hög kapacitet bortfaller behovet att hos underleverantör eller legotillverkare – t ex under högkonjunktur – köpa extra tillverkningskapacitet. Å andra sidan är användandet av datorstyrd utrustning förknippat med odelbarheter av olika slag, vilket resulterar i stordriftsfördelar och specialisering. Det blir därför ofta ekonomiskt motiverat för ett företag att koncentrera sina maskininvesteringar till de moment eller produkter som svarar för den övervägande delen av verksamheten och överlåta resten till underleverantörer.

Verkstadsindustrins utveckling efter andra världskriget utmärks av en kontinuerlig strukturomvandling. Omvandlingsprocessen har också gått snabbare än inom andra grenar av tillverkningsindustrin. Strukturomvand-

lingsprocessen har emellertid träffat olika delbranscher vid olika tidpunkter. Under 50- och 60-talen uppvisade elektro- och transportmedelsindustrierna den högsta fusionsfrekvensen, medan under 70-talet maskin- och metallvaruindustrierna övertagit denna position.

För vissa delbranscher har omvandlingsprocessen fått ett häftigt och därmed också smärtsamt förlopp. Exempel på under 70-talet drabbade delbranscher inom verkstadsindustrin är

- hushållsmetallvaruindustrin,
- varvsindustrin,
- tung maskinindustri,
- delar av den finmekaniska samt den elektromekaniska verkstadsindustrin (räknemaskiner, kassaregister etc).

I dessa exempel över de mest drastiska strukturförändringarna inom verkstadsindustrin under 70-talet finner man endast i den sistnämnda kategorin att förändrad produktionsteknik spelat en väsentlig roll. Då är väl att märka att det varit *den radikalt förändrade produkten* som utgjort den primära orsaken till den förändrade produktionstekniken.

Om trots detta försök ändå skulle göras att peka ut någon eller några branscher där väsentliga strukturförändringar är att vänta och där förändrad produktionsteknik kan vara en *bidragande faktor,* kan vi utifrån kunskap om bl a lönsamhet och fusionsaktiviteter välja ut känsliga delbranscher.

Omfattningen av fusionerna är ett sätt att mäta styrkan i strukturomvandlingen. Såväl vad gäller (o)lönsamhetssituationen som fusionsaktiviteter framstår *maskinindustrin* som speciellt utsatt.

Maskinindustrins ogynnsamma utveckling är bekymmersam från flera synpunkter. Dels svarar branschen för 30 % av verkstadsindustrins sysselsättning och 12 % av hela industrins sysselsättning. Dels har maskinindustrin utpekats som en av den svenska industrins framtidsbranscher, vars tänkta expansion skulle kunna kompensera tillbakagången för andra branscher.

Även tekniska skäl talar för att utvecklingen inom maskinindustrin bör uppmärksammas. Den datorbaserade tekniken erbjuder framför allt nya möjligheter till automatisering inom tillverkning i mindre och medelstora serier. Dessa återfinns främst vid investeringsvarutillverkning, vilken utgör 70 % av maskinindustrins produktionsvolym.

Strukturomvandlingens effekter är denna gång inte i första hand ett glesbygdsproblem. Merparten av nedläggningshotade verkstäder återfinns i storstadslänen. Därav följer inte nödvändigtvis att de regionala konsekvenserna av företagsnedläggelser blir allvarligast i de län där man finner *flest* antal sysselsatta i nedläggningshotad industri. Regionerna kan ha ett differentierat näringsliv och god efterfrågan på arbetskraft som kan absorbera friställd personal. I andra regioner kan nedläggningar av företag med numerärt färre anställda få allvarligare regionala effekter.

Arbetsorganisation

Den tekniska utvecklingen medför att en allt större andel av det direkt fysiska arbetet utförs av maskiner. Dessa blir också allt mer komplicerade. Den

indirekta arbetskraften tenderar härvid att öka i både numerär och relativ betydelse medan en motsatt utveckling gäller för den *direkta* arbetskraften.

Den tekniska utvecklingen kan därför sägas påverka organisationsutformningen, men är inte enda bestämningsfaktor. Den tillverkade varan och dess marknadsförhållanden spelar också en betydande roll. Ekonomiska kalkyler och överväganden är naturligtvis väsentliga, men dessa är med nödvändighet ofullständiga alldenstund den långsiktiga kostnads-/intäktsbilden är okänd. I stället får produktionsledningens "filosofi", dvs den (medvetna eller omedvetna) bedömningen av den långsiktiga kostnads-/intäktsbilden, betydelse för organisationsutformningen.

Arbetsorganisationens utformning får direkt betydelse för de anställdas yrkeskunskaper. Generellt gäller att teknikutvecklingen och därtill hörande organisationsförändringar innebär förändrade arbetsuppgifter för den anställda. Därmed *förändras också kraven på yrkeskunnande*. Mot bakgrund av den svenska industristrukturen (internationellt sett hög andel verkstadsindustri med inriktning mot kvalificerade investeringsvaror i korta serier), får varje teknik- och organisationsförändring som syftar till eller resulterar i en urholkning av de anställdas allmänna yrkeskunnande på sikt negativa konsekvenser för industrins konkurrenskraft. De åtgärdsförslag som senare kommer att läggas fram kommer bl a vara inriktade mot att höja de anställdas yrkeskunskaper.

Industrirobotar och annan automatisk utrustning har i många fall förbättrat de anställdas *fysiska arbetsmiljö*. Hälsovådliga eller på annat sätt olämpliga arbetsplatser har kunnat elimineras. Detta är en tillfredställande utveckling, men får inte undanskymma att nya slag av miljöproblem samtidigt uppstår. Exempelvis tenderar reparatörernas arbetsmiljö att försämras med ökad automation.

Den tekniska utvecklingen på datorområdet kan också få effekter på *arbetstidens förläggning*. Användningen av t ex numeriskt styrda maskiner har medfört att vissa arbetsuppgifter utförs i två- eller treskift där man tidigare tillämpade enskift. Avancerad utrustning är dyr och kräver högre grad av maskinutnyttjande.

Vid sidan av den fysiska arbetsmiljön påverkas även de aspekter på arbetet som brukar kallas *arbetsinnehåll*. Arbetsmiljöproblem av typen stress, monotoni, ensamarbete m m, börjar uppmärksammas i större utsträckning – inte minst av produktionsledningarna inom industrin. Även om vi också på det här området funnit exempel där datateknikens införande bidragit till att berika arbetet, har vi också hittat exempel på motsatsen. Vanligt är också att tekniken löser ett problem (t ex stress) men samtidigt skapar ett annat (t ex tråkighet).

Datatekniken får betydelse för *styr- och beslutsprocesserna* i arbetslivet. Detta gäller i mindre utsträckning enstaka datorstyrda maskiner utan främst datorbaserade informationssystem, exempelvis MPS-system. Då beslutsfattandets fördelning är av central betydelse för dels arbetets karaktär och innehåll, dels organisationens flexibilitet, är det väsentligt att inte datatekniken används för automatiskt beslutsfattande utan för att tillhandahålla beslutsunderlag.

Förändrad teknik och arbetsorganisation får ofta direkt betydelse för

löneformerna. Det individuella ackordet är framsprunget ur en arbetssituation som karaktäriseras av långt driven arbetsuppdelning och specialisering samt direkt sammankoppling mellan maskin och operatör. Där industrin p g a såväl nya organisationsformer som avancerade maskiner fjärmar sig från den traditionella arbetssituationen, blir det individuella ackordet en allt sämre form av prestationslön.

Under 1970-talet har flertalet fackföreningar drivit krav på fasta tidlöner. Även arbetsgivarsidan har börjat omvärdera de individuella raka ackorden, samtidigt som man dock avvisat helt fasta tidlöner. Ofta har man från arbetsgivarnas sida förordat någon typ av premielön baserad på ett vidare resultatmått snarare än något enkelt mått på produktionsvolymen.

Den lönevariation som följer av prestationslönesystemet riskerar att förstärkas genom förändringar i teknik och organisation. Även om den anställde får behålla arbetet efter en sådan förändring kan han eller hon få byta yrkeskategori. Detta medför ibland att han/hon får se sin inkomst reducerad. Det är givet att denna företeelse, där den förekommer, inte ökar de anställdas beredvillighet att acceptera respektive aktivt medverka till att snabbt och friktionsfritt införa ny teknik.

Det finns därför anledning att understryka nödvändigheten av att löneformerna löpande utvecklas och anpassas i överensstämmelse med utvecklingen av teknik och arbetsorganisation.

Sysselsättning

Då ny teknik sällan är neutral med avseende på befintliga varor och produktionsprocesser, påverkas strukturomvandlingen. Detta får också effekter på sysselsättningen. Genom att studera teknikens inverkan på arbetsmarknaden och dess funktionssätt, kan vi härleda några generella effekter på sysselsättningen.

Den *strukturellt* betingade arbetslösheten tenderar att öka i tider av snabb teknisk utveckling. Strukturomvandlingen ställer krav på såväl arbetskraftens yrkesmässiga som geografiska rörlighet. Kravet på arbetskraften att flytta kan reduceras genom ökad rörlighet hos produktionskapitalet.

Variationerna i den konjunkturellt betingade arbetslösheten avspeglar det faktiska kapacitetsutnyttjandet inom produktionsapparaten. Med den tekniska utvecklingen tenderar maskinerna att svara för en allt större andel av den direkta produktionen. Variationer i efterfrågan får därför i första hand betydelse för graden av maskinutnyttjande. En allt större del av arbetsstyrkan kommer att tillhöra den indirekta arbetskraften, vars arbete är nödvändigt oavsett graden av maskinutnyttjande (så länge inte produktionen helt upphör). *Den konjunkturella arbetslösheten tenderar därför att minska,* en utveckling som även förstärks genom lagstiftningen på arbetsmarknaden.

Den tekniska utvecklingen stimulerar på flera olika sätt framväxten av de s k interna arbetsmarknaderna. Dels följer detta av att det i första hand är de relativt "bra" jobben som skapas av ny teknik, dvs sådana arbeten för vilka de interna arbetsmarknaderna har störst betydelse. Dels följer det också av att antalet arbetsgivare – genom strukturomvandling och företagskoncentration – absolut sett minskar, samt att en fraktion av totala antalet arbetsgivare

(koncerner) sysselsätter en stor och stigande andel av den totala arbetsstyrkan.[1] Dessa omständigheter bör bidra till en nedgående tendens även för *friktionsarbetslösheten.*

Det underlag som tagits fram om arbetsmarknadens och yrkesstrukturens utveckling stöder den s k *polariseringshypotesen.* Denna innebär i huvudsak att

- den tekniska utvecklingen i första hand *berikar innehållet* i de relativt "bra" jobben,
- den tekniska utvecklingen i första hand *ökar efterfrågan* på arbetskraft för de relativt "bra" jobben,
- *barriärerna mellan delmarknaderna för arbetskraft ökar* i betydelse och att den vertikala rörligheten därmed minskar.

En livligt diskuterad fråga är om och i så fall i vilken grad datatekniken skapar *teknologisk arbetslöshet,* dvs undersysselsättning av långsiktig natur. Enligt DEK finns det inget som talar för att den *totala sysselsättningsnivån i samhället* skulle förändras negativt genom införandet av ny teknik. Vi har konstaterat att ny teknik påverkar produktionsförutsättningarna i samhället och därmed arbetets och inkomsternas fördelning. Detta äger rum i såväl tider av ekonomisk tillväxt som tillbakagång. Det är därför viktigt att poängtera att sysselsättningsläget i båda fallen till stor del *beror på den sysselsättningspolitik som förs.* Det måste vidare framhållas att ianspråktagande av ny produktivitetsfrämjande teknik positivt bidrar till den samhälleliga ekonomin, antingen genom en snabbare tillväxt eller en långsammare tillbakagång. Ur *samhällsekonomisk synvinkel* är det därför alltid motiverat att stimulera sådan teknisk utveckling som ökar produktiviteten.

För *enskilda medborgare eller grupper i samhället* är bilden inte lika entydig. Den mekanism för fördelning av arbete och inkomst som tillämpas i samhället är sällan neutral i förhållande till olika grupper, ett förhållande som vi konstaterat också gäller tekniska förändringar. För vissa individer och grupper överväger därför fördelarna med ny teknik, medan andra missgynnas. Desto viktigare funktion får därför fördelningspolitiken i tider av förändringar så att såväl omställningarnas bördor som frukter fördelas rättvist mellan medborgarna.

Av särskilt intresse i sammanhanget är *bristen på yrkesarbetare* inom industrin. Detta är ett generellt problem bland industriländerna med flera bakomliggande orsaker. Att problemet med yrkesarbetarbrist inte är unikt innebär inte att det bör underskattas. Tvärtom är den yrkesskickliga arbetskraften en i synnerhet för verkstadsindustrin strategisk faktor, varför den framtida konkurrenskraften gentemot utlandet till en betydande del beror av hur problemet med yrkesarbetarbristen kan lösas.

Teknik och inflytande

Medbestämmandelagstiftningen har endast tillämpats under några år, och det finns anledning att anta att formerna och innehållet fortfarande håller på att utvecklas. Samtidigt vill data- och elektronikkommittén understryka betydelsen av de anställdas medbestämmande, särskilt vad gäller frågor rörande teknik och arbetsorganisation. *Dels* motiveras detta av kompetens-

[1] Enligt en PM från industridepartementet svarade de 21 största verkstadsföretagen för 62 % av verkstadsindustrins sysselsättning år 1976. Motsvarande andel år 1971 var 56 %.

skäl. De vars arbete främst kommer att beröras, besitter ofta en specialkunskap på detaljnivå som är nödvändig att tillvarata för att en ny tekniktillämpning eller systemuppbyggnad skall bli effektiv. *Dels* har vi redan vid flera tillfällen understrukit betydelsen av att utvecklingen inom teknik och arbetsorganisation blir sådan att den anpassas till människans grundläggande behov. Ett misslyckande på den punkten kommer att få direkta konsekvenser för såväl teknikens spridningstakt som för den långsiktiga produktivitetsutvecklingen.

Mot bakgrund av de rekryteringsproblem som industrin konfronteras med, räcker det inte heller med att sätta ambitionen till att den nya tekniken inte skall försämra den enskildes arbetssituation. En kvalitativ förbättring av arbetsförhållandena på många arbetsplatser blir nödvändig för att svensk industri skall kunna utvecklas och hävda sig i ett internationellt sammanhang.

Möjligheterna för de anställda att utöva direkt inflytande på organisationen av arbetet kommer här att vara en faktor av stor betydelse.

8 Slutsatser

Nedan redovisas i punkter de viktigaste slutsatserna som kommittén dragit i föreliggande studie.

1 *Inhemsk produktion av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning*

Svensk *robotindustri* liksom också *industrin för tillverkning av datorstyrda transportsystem* har hittills varit mycket framgångsrik på såväl hemmamarknaden som i utlandet. Konkurrensen från utlandet kommer att öka varför offensiva satsningar måste göras för att dessa industrisektorer skall kunna behålla sina positioner.

En annan framgångsrik bransch är den svenska *verktygsindustrin* som efter USA och Japan är störst i världen om man mäter i termer av absolut produktionsvolym. Däremot har svensk *verktygsmaskinindustri* lönsamhetsproblem. För att klara omställningarna till den nya tekniken och nya marknadskrav bör branschen dels omstruktureras, dels tillföras större resurser för FoU, produktutveckling och marknadsföring. Staten kan i det här sammanhanget på olika sätt spela en viktig roll för att främja den utvecklingspotential som föreligger i såväl verktygsmaskinindustrin som automatiseringsindustrin som helhet.

2 *Användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning*

I förhållande till verkstadsindustrins storlek ligger Sverige främst i världen vad gäller användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik. Hittills har tekniken i hög grad varit förbehållen ett fåtal stora teknikledande företag. Spridningen sker emellertid snabbt till en allt bredare bas av företag inom industrin. Verkstadsindustrins investeringar i datorstödd

konstruktions- och tillverkningsutrustning beräknas under 1980-talet öka med 10-20 % per år, beroende av vilken typ av utrustning som avses. I jämförelse med annan maskininvestering är detta en snabb ökning. Däremot leder detta inte till en plötslig "robotisering" eller automatisering av produktionen. Investeringar i datorbaserad utrustning sker normalt stegvis i begränsade tillverkningsavsnitt. Först när man ser automatiseringen i ett längre tidsperspektiv kan några större effekter noteras.

3 *Datateknikens roll och egenskaper*

Datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik har som främsta uppgift att effektivisera produktionen. Studier som DEK och andra utfört visar emellertid att en väsentlig del – i många fall den största – av effektiviteten snarare beror på hur produktionen är organiserad än på den ingående utrustningens prestanda. En slutsats av detta är att kunskapen om produktionsprocessen som helhet är den avgörande faktorn för att framgångsrikt kunna tillgodogöra sig den nya tekniken.

De verkligt stora produktivitetseffekterna uppkommer vanligtvis då man samtidigt med att införa datorstyrda maskiner i tillverkningen även förändrar komponenternas och produkternas konstruktion och material så att de är anpassade för automatisk tillverkning.

Den datorbaserade tekniken inriktas inte bara mot att höja arbetsproduktiviteten. Genom avancerad produktionsteknik och effektiv produktionsorganisation kan det i produktionen bundna kapitalet (varor i förråd, i arbete och i lager) reduceras väsentligt. I många fall kan kapitalbesparingarna vara av större omfattning än besparingarna i arbetskraftskostnaderna.

4 *Effekter*

Utformningen av de datorstödda tillämpningarna har betydelse för arbetsorganisationen. Sambandet är dock inte så starkt att datatekniska tillämpningar nödvändiggör en viss arbetsorganisation. Andra faktorer av betydelse för organisationen är vilken typ av vara som tillverkas samt produktionsledningens förväntningar och produktionstekniska filosofi. I den sistnämnda attitydbildningen spelar utbildning och referenssystem en betydelsefull roll.

Valet av en viss utformning av arbetsorganisation får direkta effekter på krav på yrkeskunskaper, olika arbetsmiljöaspekter, löneformer, förutsättningar för medbestämmande m m. Vi kan konstatera att utvecklingen på det datatekniska området inom överskådlig tid kommer att *medföra förändrade arbetsförhållande för flertalet industrisysselsatta.* Data- och elektronikkommittén vill därvid understryka nödvändigheten av – bl a för att industrin nu och i framtiden skall kunna tillgodose sitt arbetskraftsbehov – att datatekniken utnyttjas för att förbättra arbetsförhållandena inom industrin.

Enligt DEK finns det inget som talar för att den *totala sysselsättningsnivån* skulle förändras negativt genom införandet av ny teknik. Däremot, och det är viktigt att understryka, leder ny teknik till förändringar i sysselsättningens sammansättning. För vissa yrken och inom vissa branscher kommer arbetskraftsefterfrågan att öka medan den sjunker för andra. För att

begränsa den strukturella arbetslösheten ställs därför stora krav på anpassning av sysselsättningspolitiken.

5 *Möjliga åtgärdsinriktningar*

Svensk verkstadsindustri ligger i dag på flera områden (t ex NC-maskiner, industrirobotar och materialhantering) främst i världen vad gäller användning av avancerad produktionsteknik. Denna teknik är i sig inte ensamt avgörande för industrins konkurrenskraft. Den är emellertid en av flera nödvändiga faktorer. För att kunna bibehålla industrins konkurrenskraft och möjliggöra långsiktig tillväxt är det viktigt att den relativa position vi nu har, kan upprätthållas. Mycket talar för att våra viktigaste konkurrentländer nu investerar i avancerad produktionsteknik i snabbare takt än Sverige. Det finns därför skäl till att vi utnyttjar vårt gynnsamma utgångsläge och på olika sätt stimulerar teknikens spridning.

Man kan utskilja olika steg i framväxten av ny teknik. Det första steget är *forsknings- och utvecklingsarbete* (FoU) där en ny produktionsmetod eller ny produktionsutrustning utarbetas. Detta följs av ett *tillämpningsgenombrott* där en fungerande prototyp tas fram. Efter detta sprids den nya tekniken till en begränsad krets av tekniskt avancerade företag, *begränsad spridning*. I nästa steg får den en *bred spridning*.

Det är först vid en bred tillämpning som den nya tekniken avsätter ekonomiska resultat för industrin som helhet. I ett kortsiktigt perspektiv kan ekonomiskt märkbara resultat endast nås genom att öka snabbheten i steget från begränsad spridning till bred spridning.

I ett längre perspektiv är de tidigare leden *tekniskt utvecklingsarbete, tillämpningsgenombrott och begränsad spridning* viktiga. Ju längre perspektiv man anlägger desto större måste framförhållningen vara.

En övergripande fråga som berör alla leden är *kunskapsutveckling och kunskapsspridning*. Genom satsningar på en bred kompetensutbyggnad uppnås gynnsamma förutsättningar för teknikspridningens alla led. Särskilt när det gäller den ekonomiskt avgörande breda spridningen framstår utbildningen som en avgörande faktor. På *kort sikt* är en väsentlig åtgärd att öka fort- och vidareutbildningen av redan anställd personal. Insatserna bör då gälla såväl offentliga som privata utbildningsanordnare inklusive den företagsinterna utbildningen. En åtgärd som ger resultat först på *längre sikt* är att höja kvaliteten i grundutbildningen. Framför allt måste man då tillse att utbildningen i ämnen som är under snabb utveckling har hög aktualitet. I detta sammanhang vill vi främst peka på obligatorisk och kontinuerlig lärarutbildning, tillgång till modern utrustning samt hög flexibilitet i kursplanerna.

De företag som satsar på ett *tillämpningsgenombrott* tar ofta en betydande risk. Kostnaderna för utrustningens maskin- och programvara kan vara betydande. Utfallet är osäkert. Det kan finnas risker för produktionsstörningar. Detta kan då bidra till att företagen tvekar även om tekniken vid positiva resultat erbjuder långsiktiga fördelar. Staten kan här på olika sätt hjälpa till att lyfta av företaget en del av risken – dela risken. De olika organ som staten tillskapat för sådan riskfinansiering eller riskdelning har i första hand tillkommit för att underlätta för företagen att ta fram nya produkter och

nya produktionsprocesser för försäljning snarare än för eget bruk. I det vidare arbetet bör övervägas om det system som nu finns bör utvidgas och anpassas så att även finansiering av vissa interna rationaliseringsåtgärder kan inkluderas. Staten kan också spela en framträdande roll för olika tillämpningsgenombrott i samband med offentlig upphandling.

När det gäller den vidare *spridningen* till en *begränsad* krets av företag gäller även här att företagens satsningar är förenade med risk. Visserligen ger tillämpningsgenombrottets exempel ett visst underlag för en ekonomisk kalkyl. Men förhållanden varierar från olika företag och användningsområdena kan skifta. För att överbrygga den tröghet som finns kan olika åtgärder övervägas:

- olika informationsaktiviteter,
- teknisk/ekonomisk rådgivningsverksamhet,
- konsultstöd för projektering, kalkylering (för att avgöra om tekniken är lönsam hos enskilda företag), installation av utrustning samt programvaruutveckling,
- särskilda utbildningsinsatser,
- särskilda finansieringsinsatser.

I det vidare arbetet kommer dessa åtgärder att studeras närmare.

När det gäller steget från begränsad spridning till *bred spridning* är det som tidigare nämnts kunskapsutveckling och kunskapsspridning som är det avgörande. Utbildning på olika nivåer är betydelsefulla. Samtidigt måste emellertid den kunskapsspridning som sker i arbetslivet betonas. Den direkta erfarenheten av den nya produktionstekniken i *en* tillämpning kan vara utlösande för ett bredare utnyttjande eller ett utnyttjande på ett näraliggande område. Stöd till den begränsade tillämpningen kan därigenom ses som en utbildningsinsats som sedan genererar en bred spridning.

I Presentation

1 Inledning, problemformulering samt metodgenomgång

1.1 Introduktion

Föreliggande rapport ingår i en serie som skall behandla datateknikens och elektronikens effekter på näringslivets utveckling. Motivet till att företa en sådan studie återfinns i inledningen till kommittédirektiven (Dir 1978:66): "Större tekniska genombrott kan ge upphov till så radikalt ändrade *produktionsvillkor* och nya *produkter* att de kan sägas påverka samhällsstrukturen i stort. De nya teknologier som förknippas med datorer och halvledarelektronik har otvivelaktigt sådan karaktär."

Men anknytning till citatet skall redan på detta stadium framhållas att denna rapport endast avser *produktionsvillkoren*. Det är datatekniken och elektroniken som *produktionsfaktor* som skall studeras. Däremot lämnas åt sidan datorn och elektroniken i dess egenskap av *produkt* eller av *komponent*[1]. När vi talar om datatekniken och elektroniken som produktionsfaktor är detta självfallet inte något som är begränsat till tillverkningsindustrin. I praktiskt taget alla samhällssektorer, privat och offentlig förvaltning, varuhandel, sjukvård, samfärdsel m m, blir datatekniken ett allt viktigare tekniskt hjälpmedel.

Ett av de viktigaste områdena för data- och elektronikkommittén att studera är inte desto mindre användningen av *datatekniken i industriproduktionen*.

För att lättare kunna angripa ämnet har den tillverkande industrin delats upp i två huvudområden - verkstadsindustri och "processindustri"[2]. Denna rapport avser att behandla verkstadsindustrin som med ungefär 45 % av industrins förädlingsvärde och sysselsättning är den avgjort största industribranschen. Användningen av datatekniken i processindustrin redovisas i en särskild rapport; "Datateknik i processindustrin" (SOU 1981:11).

Ett av de utmärkande dragen för verkstadsindustri och verkstadsproduktion är att den till övervägande delen avser varor för slutanvändning. Dessa varor kännetecknas av en art- och variantrikedom som saknar motstycke inom övrig varuproduktion. Dels sammanhänger detta med det stora antalet användningsområden för verkstadsindustrins produkter, dels med en i jämförelse med andra produktslag mycket snabb produktutveckling. Verkstadsprodukterna är inte sällan tekniskt komplicerade, och detta tillsammans med den snabba produktutvecklingen och den komplicerade marknadsbilden anger de viktigaste förutsättningarna för verkstadsproduktionen.

[1] Dessa områden avhandlas däremot av statens industriverk i en utredning av svensk elektronikindustris nuläge och utvecklingsmöjligheter, SIND 1979:6 och SIND 1980:20.

[2] Till "processindustrin" räknas gruvor (2), livsmedelsindustri (31), textilindustri (321), massa- och pappersindustri (341), kemisk industri (35), glas- och cementindustri (362, 3692), järn- och stålindustri (37) samt elproduktion och -distribution (41). Branschkod enligt SNI anges inom parantes.

Det sistnämnda förtjänar att kraftigt understrykas då detta, vilket framgår längre fram i rapporten, kommer att vara avgörande för valet av analysmetoder.

I processindustrin blir själva produktionsanläggningen i hög grad bestämmande för såväl den tillverkade varans utseende och egenskaper som produktivitet. Detta förhållande återspeglas också i många ekonomiska strukturomvandlingsmodeller, där en anläggnings konkurrenskraft antas stå i direkt förhållande till dess relativa ålder - s k årgångsmodeller.

Konkurrensbilden för det moderna verkstadsföretaget uppvisar i jämförelse med processindustriföretag en betydligt större komplexitet. Produktionsanläggningens relativa modernitet spelar även här en betydelsefull roll; man kan säga att en rationell produktionsapparat ett nödvändigt men inte tillräckligt villkor för verkstadsindustrins konkurrenskraft och fortlevnad. Faktorer med minst lika stor betydelse, därom vittnar många strukturförändringar inom verkstadsindustrin de senaste decennierna, är att företagen därutöver lyckas i sin produktutveckling, marknadsstrategi och finansiella strategi.

Den här rapporten avhandlar datateknikens roll i verkstadsindustrins produktionsprocess, *d v s intresset fokuseras kring användningen av utrustning och metoder för datorstödd/(-styrd) produktion som en faktor i den löpande produktionsrationaliseringen.*

Rent allmänt kan begreppet rationalisering definieras som en förändrad sammansättning av de i tillverkningen insatta olika produktionsresurserna, så att man för samma mängd resurser som tidigare får ut ett kvantitativt eller kvalitativt högvärdigare produktionsresultat. En alternativ formulering är att man för oförändrat produktionsresultat kan reducera mängden insatta produktionsresurser.

De medel med vilka man fortlöpande bedriver tillverkningsrationalisering inom industrin är vidareutveckling av

- material
- maskiner
- metoder
- organisation.

I praktiken kan en rationaliseringsåtgärd inte ses som frukten av det ena eller det andra medlet, utan av flera av dessa i samverkan. Exempelvis kräver ofta en förändrad produktionsmetod också en förändrad maskinutrustning som jämfört med tidigare utför delvis annorlunda arbetsuppgifter. Beträffande materialets betydelse kan som exempel tas de konsekvenser som övergången från metall eller trä till plast medförde på branschstrukturer, tillverkningsprocesser respektive produktionsutrustning, arbetssituation, yrkeskvalifikationer etc.

Det är viktigt att komma ihåg att den imponerande produktivitetsökningen som ägt rum under 1900-talet, endast till *en del* kan förklaras med att det mänskliga arbetet ersatts med maskiner. Detta faktum tillsammans med svårigheten (omöjligheten) att på ett meningsfullt sätt kunna särskilja effekterna på produktionsresultatet av t.ex. nya maskiner, från den organisation enligt vilken dessa är uppställda och bemannade, bildar en viktig utgångspunkt för det föreliggande arbetet.

Man kan utan tvekan säga att datatekniken spelar och kommer att spela en betydelsefull roll i industrins fortsatta rationalisering. Frågan är emellertid om datatekniken representerar ett trendbrott i rationaliseringsutvecklingen, med mer djupgående konsekvenser för produktivitet och sysselsättning jämfört med tidigare. Det slutliga svaret på frågan kommer som vanligt först att framgå i efterhand, och utredningens uppgift får inskränkas till att utpeka troliga utvecklingsvägar.

Om vi betraktar rationaliseringsutvecklingen i ett historiskt perspektiv skall vi emellertid finna att den debatt som f n förs angående datateknikens sysselsättningskonsekvenser i mycket påminner om den debatt som i olika sammanhang förts långt innan datatekniken introducerades. I bilaga 3 presenteras en kortfattad historik över rationaliseringssträvandena inom industrin under 1900-talet.

1.2 Problemformulering

1.2.1 *Den nya teknikens möjligheter och risker*

Syftet med föreliggande utredning är att kartlägga det nuvarande utnyttjandet av datorbaserad utrustning inom verkstadsindustrin och bedöma spridningshastigheten. Med ledning därav skall vi därefter försöka formulera tänkbara utvecklingsalternativ och bedöma dessas konsekvenser. Rapporten skall också anvisa åtgärder och instrument för att såväl kunna styra de faktorer som påverkar valet av produktionsteknik som att kunna modifiera och parera inte önskade effekter.

En första grov indelning av utredningsarbetet skulle då kunna vara att försöka besvara frågorna "Vad händer om svensk verkstadsindustri investerar i datorstyrd utrustning?" resp "Vad händer om man inte investerar i denna teknik?".

Den senare av de två frågorna skall redan på detta stadium lämnas åt sidan som varande helt hypotetisk. Sverige ingår i västvärldens ekonomiska system som kännetecknas av ett i huvudsak oinskränkt flöde av varor, kapital, kunskaper och arbetskraft över gränserna. Teknologin finns redan etablerad i landet och uppvisar god livskraft. Ett av statsmakterna ålagt förbud eller ens kontroll skulle innebära en radikal kursändring av den traditionella svenska näringspolitiken[1]. Kommittédirektiven antyder heller inte någonting om att man från uppdragsgivarens sida skulle ha haft något sådant i åtanke.

Analysen avser alltså effekterna av datorbaserad produktions teknik som till stora delar ännu befinner sig i introduktionsstadiet, men som förväntas komma att expandera kraftigt i framtiden.

Bakom det intresse som både fack- och lekmän riktat mot datatekniken i dess olika manifestationer finns ett antal obesvarade frågor om och hur datatekniken kommer att förändra människornas tillvaro. Detta gäller i hög grad det område som den här studien skall handla om. Liksom vid all annan attitydbildning som innefattar gissningar om framtiden, återfinns de olika inställningarna till "datorer på verkstadsgolvet" efter hela skalan.

Här skall redovisas en kortfattad beskrivning av de förhoppningar som ställts respektive de farhågor som rests inför den datorbaserade produktions-

[1] Se bilaga 3, "Rationaliseringssträvande inom industrin. En bakgrund".

tekniken. Det görs i form av en uppräkning av de möjligheter och risker som den kan tänkas komma att medföra. Det är viktigt att komma ihåg att det är fråga om just "möjligheter och risker" och inte "för- och nackdelar". Vad vi ägnar oss åt är en partiell analys med avseende på produktionstekniken och dess inverkan på företag, samhälle m m, men vi måste samtidigt ha klart för oss att de olika effekterna är resultat av en samverkan mellan ett antal faktorer, varav produktionsteknik är en.

Schematiskt kan de områden som berörs delas in i privat respektive offentlig sektor. Indelningen görs utifrån de roller som finns inom området produktion och konsumtion av verkstadsprodukter. Den *privata sektorn* omfattar de olika ekonomiska subjekten; företaget (som här är synonymt med företagsledningen och företagsägarna), företagets anställda och konsumenterna. Med den *offentliga sektorn* menas här den del av samhällsekonomin som inte direkt styrs av de ekonomiska subjekten utan regleras av den ekonomiska politiken[1].

Före genomgången skall förtydligas det kanske självklara att med ny produktionsteknik här avses endast sådana nyheter som är produktivitetshöjande.

Effekter av ny produktionsteknik på den privata sektorn:

Företaget

Möjligheter

Den ökade produktiviteten kan ge konkurrensfördelar gentemot andra tillverkare inom och utom landet. Därmed är det också troligt att företaget kommer att tjäna mera pengar än tidigare. Dessa *kan* komma företaget till nytta på följande sätt:

- bättre förutsättningar att utstå variationer i efterfrågan,
- möjligheter att befästa sin konkurrenskraft genom fortsatta investeringar i maskiner, anläggningar, produktutveckling och nya produkter,
- resurser för företaget att öka sina marknadsandelar,
- tryggare kapitalförsörjning.

I och med att restriktionerna kring hur företaget organiserar och disponerar sin arbetskraft ökat i antal - t ex uppsägningsskydd, arbetarskyddslagstiftning och medbestämmanderätt - kan företaget, där den nya produktionstekniken är arbetskraftsbesparande, öka sin handlingsfrihet genom att färre antal anställda krävs per producerad enhet.

Risker

Varje förändring av en situation innebär oftast något mått av chanstagning. I de fall där en förändring i företagets produktionsteknik innebär genomgripande förändringar i företagets organisation och långtgående uppbindning av företagets ekonomiska resurser, kan en felbedömning medföra ödesdigra konsekvenser. En sannolikt större risk löper dock det företag som i förhållande till sina konkurrenter är långsamt att ta den nya tekniken i anspråk. Vanligen resulterar detta i en långsiktig urholkning av företagets konkurrensförmåga.

[1] Den ekonomiska politiken tagen i vid bemärkelse omfattande skattepolitik, handels-, industri- och arbetsmarknadspolitik.

Anställda

Möjligheter

Ett konkurrenskraftigt företag kan erbjuda trygga anställningsförhållanden.

Går företaget bra och tjänar pengar är det möjligt att de anställda möter en positivare attityd från företagsledningens sida vad beträffar önskemål om

- förbättrad lön eller annan ersättningsform,
- förbättrad arbetsmiljö,
- mer berikande arbetsinnehåll,
- ökat medbestämmande.

Risker

Där den nya tekniken är mer arbetsbesparande än den tidigare, löper de anställda risken att bli arbetslösa.

En förändrad arbetssituation innebär alltid en för den anställde betydande osäkerhetsfaktor. Även om han får behålla sin anställning, kan den nya situationen innebära

- sänkt lön
- försämrat arbetsinnehåll,
- försämrad arbetsmiljö; mindre kontakt med arbetskamrater, ökad känsla av att vara övervakad, stress,
- större svårigheter att få insyn i och påverka beslutsprocessen i företaget.

Konsumenter

Möjligheter

Förbättrad produktivitet inom industrin kan beroende på marknadsförhållandena komma konsumenterna till godo i form av lägre priser. Detta kan ske genom en direkt prissänkning på varan, genom förbättrade prestanda eller höjd kvalitet till oförändrat pris eller genom en relativt långsammare prisökningstakt.

Risker

Tekniska förändringar inverkar generellt sett stimulerande på strukturomvandlingsprocessen, något som ofta förstärker de ägarmässiga koncentrationstendenserna inom industrin. För konsumentens del innebär detta alltid en risk för ett ensidigare varuutbud.

Effekter på den offentliga sektorn

Nationell nivå

Möjligheter

Det existerar ingen automatik mellan förbättrad produktivitet inom industrin och ekonomisk tillväxt i den nationella ekonomin. Om däremot efterfrågan på industrins produkter är god och ett hyggligt kapacitetsutnyttjande råder, stimuleras den ekonomiska tillväxten av produktivitetshöjningar. Frukterna av tillväxten kan i varje fall i teorin disponeras enligt rådande samhälleliga preferenser för att höja den enskildes materiella och/eller ideella standard genom någon lämplig kombination av privat och offentlig konsumtion.

Överhuvud taget förenklas den ekonomiska politiken avsevärt när det råder viss tillväxt. De negativa effekterna av den för det dynamiska samhället oundvikliga strukturomvandlingen kan enklare bemästras. Också där det av rättviseskäl anses motiverat att med inkomstomfördelande åtgärder korrigera marknadsekonomin, är detta lättare genomförbart i en tillväxtekonomi.

Risker

En teknikomläggning inom industrin som snabbt når omfattande spridning kan ge upphov till betydande strukturell arbetslöshet även om tillväxten i ekonomin är god. Exempel på detta är övergången från traditionell blysättning/högtryck till datoriserad fotosättning/offsettryck inom den grafiska industrin.

I det fall att med den nya produktionstekniken följer ny produktionsutrustning, och denna eller delar av denna måste importeras, ökas beroendeförhållandet till vissa länder. I en situation med internationell spänning kan behovet av säkra leveranser av sådan utrustning råka i konflikt med ambitionen att föra en mot främmande länder och pakter oavhängig politik.

Regional nivå

Möjligheter

De förändrade produktionsvillkor som ny teknik alltid ger upphov till, kan öppna möjligheter till produktion i landsdelar där detta tidigare inte var möjligt. Det är dock svårt att hitta konkreta exempel på detta inom området verkstadsteknik.

Risker

Strukturomvandlingens regionala effekter är genomgående starkare än på det nationella planet.

I figur 1.1 sammanfattas risker och möjligheter för de olika kategorierna som diskuteras ovan.

Sektor	Privat			Offentlig	
Nivå	Individ		Företag	Region	Nation
	Konsument	Anställd			
Möjligheter	Billigare varor	Tryggare anställn. Bättre – lön – arbetsmiljö – arbetsinnehåll – medbestämmande	Ökad motståndskraft Ökad framtidsberedskap Mindre beroende av arbetskraften	Nya industrier	Enklare att genomföra politiska reformer Lättare att uppnå olika omfördelningsmål
Risker	Ensidigare varuutbud	Arbetslöshet Sämre – lön – arbetsmiljö – arbetsinnehåll – medbestämmande	Felaktiga beslut Eftersläpning	Sysselsättningsproblem Försämrad offentlig service	Sysselsättningsproblem Ökat beroende gentemot utlandet

Källa: DEK.

Figur 1.1 Sammanställning över möjligheter och risker förknippade med ny tillverkningsteknik, på olika nivåer i samhällsekonomin.

1.2.2 *Kommittédirektiven*

Ur direktiven ges följande vägledning för utredningsarbetet:

Kartläggning

"Kommittén bör först kartlägga i vilken utsträckning näringsliv och samhälle i dag utnyttjar datorer eller annan utrustning för avancerad automation".

Bedömning av den tekniska utvecklingen

"I en andra fas bör kommittén söka bedöma på vilka områden och i vilket tidsperspektiv ett utnyttjande av ny teknik bedöms vara tekniskt möjligt och ekonomiskt fördelaktigt".

Bedömning av effekter nu och i framtiden

"Med detta material som bakgrund bör kommittén söka bedöma vilka effekter på administration, produktion och produktivitet inom olika branscher och i olika regioner som ett ökat utnyttjande av de aktuella teknikerna kan få på fem, tio och femton års sikt".

"Vidare bör effekterna på investeringsbehovet och energiefterfrågan beräknas".

Belysa vilka faktorer som styr utvecklingen

"Olika faktorer som verkar hindrande eller stimulerande på denna utveckling bör belysas. Bl a bör behovet av forskning och utveckling i olika former och behovet av speciella utbildningsinsatser särskilt bedömas. Det sistnämnda bör ske i nära samarbete med den nyssnämnda kommitté som chefen för arbetsmarknadsdepartementet har fått bemyndigande att tillkalla".

Inhemsk tillverkning av produktionsutrustning

"Kommittén bör också kartlägga vilken produktion av produktionsutrustning som finns inom landet och analysera vilka utvecklingsmöjligheter tillverkare av sådan utrustning kan förväntas ha".

Föreslå åtgärder

"Kommittén bör mot bakgrund av detta utredningsmaterial också överväga om och i vilken form åtgärder bör sättas in från samhällets sida antingen i syfte att stimulera ett ökat och effektivare utnyttjande av denna teknik eller att förbättra möjligheterna att förutsäga och förbereda de omställningar som kan behöva ske".

"Vidare bör övervägas om åtgärder bör sättas in för att underlätta utvecklingen av nya och effektivare produktionsmetoder liksom användningen av nya material och ny utrustning. Här kan även material- och energibesparingseffekter vara av intresse att studera".

Internationellt samarbete

"Sveriges stora beroende av omvärlden måste särskilt beaktas. Kommittén bör därför i samarbete med samrådsgruppen för datafrågor också behandla möjligheterna att genom samordnade initiativ i internationella organisationer eller i redan inlett samarbete inom exempelvis OECD påverka utvecklingen".

Samordning med annat utredningsarbete

"Kommittén bör samråda med den förut nämnda kommittén med uppdrag att utreda datateknikens effekter på sysselsättning och arbetsmiljö och med statens industriverk. Det material som kommittén tar fram bör utformas så att det kan tjäna som underlag för en närmare analys av effekterna på sysselsättningen".

1.3 Disposition

Rapporten har delats in i sex huvudavdelningar, ett sammanfattande avsnitt med slutsatser samt fyra bilagor.

I *del I* presenteras i tur och ordning utredningsuppdraget (kap 1),

verkstadsindustrin (kap 2) och verkstadsindustrins produktionsprocess (kap 3).

Del II ägnas åt en beskrivning av olika datatekniska tillämpningar med särskild anknytning till verkstadsindustrin. Därvid behandlas MPS-system (kap 4), CAD/CAM (kap 5), NC-maskiner (kap 6), industrirobotar (kap 7), datorstyrda transportsystem (kap 8) samt styrsystem (kap 9).

I *del III* kartläggs produktion (kap 10) och spridning (kap 11) av den aktuella tekniken.

Del IV består av analyser av dels faktorer som påverkar spridningen av den datorbaserade tekniken, dels teknikens effekter. I kap 12 analyseras spridningen av NC-maskiner och industrirobotar mot bakgrund av den svenska verkstadsindustrins struktur. Kap 13 ägnas en principiell diskussion av produktivitetsbegreppet. Effekterna av användningen av datorbaserad teknik diskuteras i kapitlen 14 och 15. Därvid behandlas bl a effekter med avseende på material- och kapitalåtgång, den producerade varans egenskaper, sysselsättning och arbetets organisation samt industristruktur. I kap 16 behandlas kalkyleringens och finansieringens roll och betydelse i samband med investeringar i datorbaserad teknik. Om forskningens betydelse samt metoder för att stimulera en ökad tekniskspridning handlar kapitel 17. Utbildningens roll behandlas i kapitel 18.

Del V behandlar den internationella utvecklingen (kapitlen 19-22). Främst redovisas där produktion och spridning av datorbaserad konstruktions- och tillverkningsutrustning samt forsknings- och industripolitiska program i några viktiga industriländer. Slutligen redovisas några spridningsanalyser och utvecklingsbedömningar från USA.

I *del VI* redovisas slutligen bedömningen av den svenska utvecklingen. Kapitel 23 behandlar den förväntade allmänna tekniska och ekonomiska utvecklingen under åttiotalet. Med detta som bakgrund görs därefter spridningsprognoser för den datorstödda konstruktions- och tillverkningsutrustningen.

Kapitlet "Sammanfattning och slutsatser" har för att vara lättillgängligt placerats omedelbart efter förordet.

Som bilagor har lagts följande dokument:

- "Förändrad tillverkningsorganisation och dess återverkan på kapitalbindningen", en fallstudie från ASEA utförd av Industriens Utredningsinstitut.
- "Redovisning av särskild varugruppsindelning", vilket beskriver tillvägagångssättet vid varugruppsindelningen som tjänar som underlag till spridningsanalysen i kapitel 12.
- "Rationaliseringssträvanden inom industrin. En bakgrund.", ger en mycket kortfattad tillbakablick av rationaliseringsidéer och -metoder under 1900-talet och hur dessa bemötts och mottagits av organisationer och statsmakten.
- Kommitténs sammansättning.

1.4 Metodgenomgång

1.4.1 *Olika metodansatser*

Datorbaserad produktionsteknik innefattar såväl datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik som olika metoder för att planera, övervaka och styra hela produktionsprocessen (de olika begreppen skall definieras närmare i kapitel 3).

Begreppet datorstyrd tillverkningsutrustning omfattar olika typer av maskiner; numeriskt styrda verktygsmaskiner (s k NC-maskiner), industrirobotar, materialhanteringssystem m m. De olika utrustningarna har delvis haft olikartade spridningsförlopp i industrin både vad gäller det totala antalet installerade enheter samt fördelningen på olika företagskategorier och branscher. Dessa förhållanden gör det svårt att ge en samlad bedömning av hur den datorstyrda tillverkningstekniken utvecklas. Detta måste därför i huvudsak göras i termer av typ av utrustning, typ av produktionsprocess, företagskategorier och branscher. Vidare gäller att vissa utrustningar ännu endast befinner sig i introduktionsstadiet medan andra utgör en mer etablerad teknik.

En annan faktor som försvårar framräkning av prognoser för en så lång tid som femton år är att under denna period väntas stora teknologiska förändringar inträffa. För att prognosticera hur antalet enheter av de olika utrustningstyperna kommer att utvecklas måste dessa förändringar kunna uppskattas i tiden och samtidigt analyseras med avseende på hur användningen påverkas.

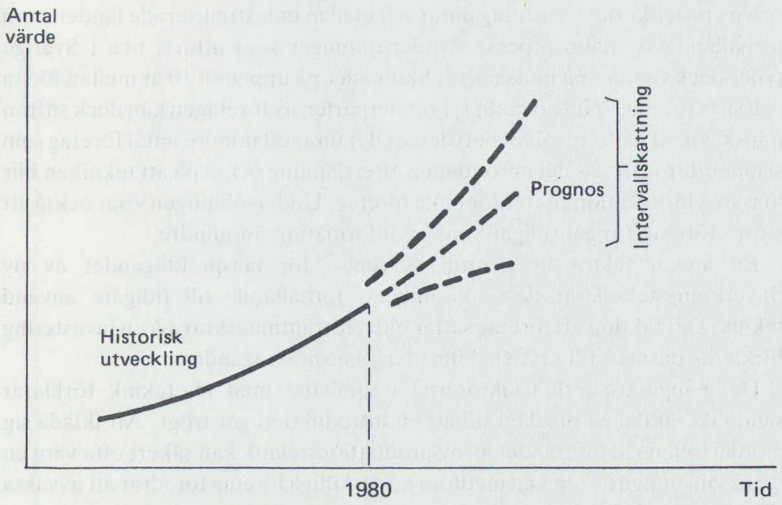
Bedömningar av såväl den tekniska utvecklingen som hur utrustningarna kommer att användas i industrin måste också grundas på prognoser och antaganden om hur ekonomin utvecklas såväl i Sverige som i utlandet.

Industrins investeringar i utrustning för datorstödd konstruktion och tillverkning förklaras av många olika faktorer, inte bara tekniskt/ekonomiska utan även institutionella och sociala. Då sambanden i flera fall är svåra att formalisera och kvantifiera är det inte meningsfullt att försöka prognosticera utvecklingen genom framskrivningar av t ex empiriska regressionsekvationer. Möjligen kan denna metod användas för kortsiktiga prognoser (upp till fem år) eller för enskilda företag eller företagsgrupper.

De prognoser som görs i denna utredning bygger på flera olika ansatser. Resultaten från de olika metoderna jämförs och analyseras med avseende på likartade utvecklingstendenser. De slutgiltiga prognosresultaten har därefter härletts genom att utvärdera ett antal rimliga utvecklingstrender med hänsyn till vissa restriktioner vad gäller efterfrågeutveckling, totala investeringar m m.

Generellt gäller att ju längre prognosperioden görs desto osäkrare blir prognosresultaten, figur 1.2.

I utredningen kommer att redovisas prognosresultat i termer av antal eller värde för olika tidpunkter. Det skall kraftigt understrykas att de prognosresultat som redovisas för längre tidsperioder än fem år ej får tolkas i absoluta tal för något visst år. Kvantifieringen har gjorts enbart för att kunna åskådliggöra de mer långsiktiga utvecklingstendenserna.



Figur 1.2 Principiellt samband mellan prognosresultat och precisionen i prognoserna.
Källa: DEK.

De prognoser som redovisas i kapitel 24 bygger framför allt på följande underlag och analysmetoder:

- Prognos av den tekniska utvecklingen. Vilka tekniska förändringar väntas, när blir ny teknik kommersiellt tillgänglig? Prognoser av den tekniska utvecklingen bygger på såväl inhemska som utländska bedömningar.
- Genom kartläggning och analys av den hittillsvarande utvecklingen samt enkätundersökningar, där såväl användare som tillverkare av datorstyrd utrustning deltagit, har prognoser av efterfrågan och utbud kunnat göras för den närmaste fem årsperioden.
- Analyser av de faktorer som påverkar valet av tillverkningsteknik, se avsnitt 1.4.3
- Delphiundersökningar. Dessa är uteslutande utländska och behandlar teknikens spridningsförlopp i industrin. Undersökningarna har diskuterats i den expertgrupp som knutits till kommittén. Undersökningsresultaten är redovisade i kapitel 22.
- Tekniskspridningsanalys ("leading-edge" analys), se avsnitt 1.4.2.
- Analys av praktikfall.
- Prognoser över industrins långsiktiga utveckling i termer av efterfrågan, investeringar, strukturförändringar m m. Underlaget utgörs bl a av långtidsutredningen, SIND's höstrapport och IUI's långtidsbedömning.

1.4.2 *Tekniskspridningsanalys ("leading-edge" analys)*

Det första steget på det enskilda företagets väg att ta en ny produktionsteknik i anspråk är informationsstadiet. Det säger sig självt att graden av informationsspridning är av central betydelse för den genomsnittliga produktionstekniska nivån i ett land.

Man kan lätt föreställa sig att informationsspridningen avseende ny teknik

och ny produktionsutrustning inom och mellan industrialiserade länder är en förhållandevis snabb process. Undersökningar som utförts bl a i Sverige tyder dock snarare på motsatsen[1]. Skillnader på uppemot 10 år mellan första och sista företag är inte ovanligt. För merparten av företagen kan dock siffran minskas med hälften, vilket betyder att det finns ett mindre antal företag som släpar efter. Till viss del beror denna eftersläpning också på att tekniken blir lönsam vid olika tidpunkter för olika företag. Undersökningen visar också att större företag i regel tidigare nås av information än mindre.

En annan faktor av central betydelse för ianspråktagandet av ny tillverkningsteknik är dess lönsamhet i förhållande till tidigare använd teknik. Det faktum att företag sätter olika förräntningskrav på en investering förklarar därmed till en del skillnader i ianspråktagande.

De många osäkerhetsfaktorerna i samband med ny teknik förklarar sannolikt en del av orsaken till att en introduktion går trögt. Att ikläda sig pionjärrollen vid införandet av ny produktionsteknik kan säkert ofta vara en otacksam uppgift, som kan medföra att åtskilliga företag föredrar att avvakta tills dess att tekniken hunnit prövas och lönsamheten styrkas.

Tekniskspridningsanalys eller *"leading-edge"-analys* är en prognosmetod som bygger på det förhållandet att ny teknik introducerats i olika snabb takt hos olika företag eller branscher. Industrin eller delar därav, indelas i ett antal företagsgrupper som bedöms införa ny teknik med en viss tids förskjutning i förhållande till varandra. Analysen kan grundas på exempelvis följande fyra företagsgrupper:

I: Teknikledande företag (pionjärföretag). Härmed avses företag som har stor teknisk kompetens och som är de första att investera i den nya tekniken. Företagen utför ofta eget utvecklings- och anpassningsarbete för att anpassa tekniken till industriella tillämpningar. Exempel på teknikledande företag med avseende på datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik är Volvo, ASEA, Saab-Scania, Electrolux, Sandvik m fl.

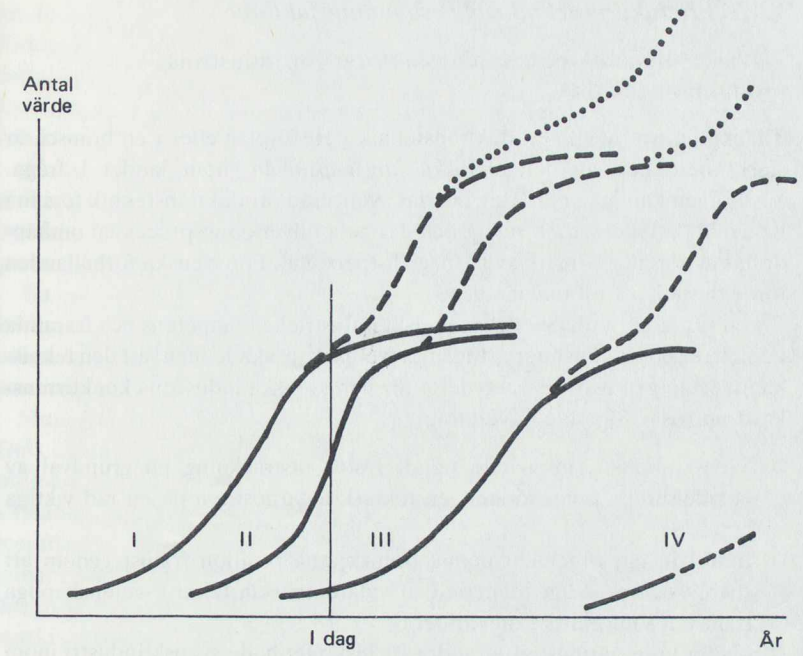
II: Grupp II består av företag som med relativt kort tidsförskjutning följer efter de teknikledande företagen och investerar i den nya tekniken. Företagen är mindre benägna att själva bedriva utvecklingsarbete utan avvaktar det arbete och de erfarenheter som görs av de teknikledande företagen.

III: Grupp III består av de företag som först på längre sikt, då tekniken blivit etablerad, kan komma att investera i den nya tekniken. Företagen i denna kategori har ofta låg tekniknivå. Det finns emellertid företag i denna grupp som har teknisk kompetens, men som väntar med att investera tills tekniken blivit förbättrad eller tills nya "generationer" tillverkningsutrustning utvecklats.

IV: Företag som aldrig eller först på mycket lång sikt investerar i den nya tekniken. Orsaken kan vara antingen att tekniken ej kan anpassas till företagens verksamhet eller att de varken vill eller kan tillgodogöra sig tekniken.

I figur 1.3 visas schematiskt inträngningsförloppet för ny teknik hos olika företagsgrupper.

[1] Källa: The Diffusion of New Industrial Processes. IUI, 1974.



Figur 1.3 Inträngningsförlopp för ny teknik enligt tekniksprid ningsanalys.

Källa: DEK.

Av ovan redovisade företagsgrupper görs för de tre första en analys av hur tekniken introducerats t o m i dag. Genom denna analys kan en grov uppskattning göras av kurvornas lutning och tidsförskjutning. Genom att sedan prognosticera utvecklingen för de teknikledande företagen (få företag som har god överblick av utvecklingen) samt kanske även företagen i grupp II kan utvecklingen skattas för övriga företagsgrupper. Om de teknikledande företagen investerar i en viss teknik i dag följer grupp II efter med en förskjutning av x år och grupp III efter y år.

Tekniksprid ningsmetoden skall ej ses som ett redskap för att producera prognostal utan snarare ett sätt att systematisera och renodla en mängd heterogen information.

De enkätundersökningar som kommittén utfört för att kartlägga och prognosticera utbud och efterfrågan av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning har utformats så att de kan analyseras med tekniksprid ningsmetoden. Kartläggning och prognoser för olika företagsgrupper är främst redovisade i kapitlen 11 och 24.

1.4.3 *Produktionsteknikens bestämningsfaktorer*

1.4.3.1 Allmänna bestämningsfaktorer för industrins produktionsteknik

Tillämpningen av viss produktionsteknik i ett företag eller i en bransch är starkt beroende av den *tekniska kunskapsnivån* inom landet i fråga. Visserligen kan man tänka sig fall där avancerad produktionsteknik förs in i landet via utlandsägda företag, och där hela tillverkningsprocessen omhändertas av företagets medhavda specialistpersonal. För svenska förhållanden torde detta höra till undantagen.

I en studie rörande Sveriges tekniskt industriella kompetens och framtida konkurrenskraft konstaterar Ingenjörsvetenskapsakademien[1] att den tekniska utvecklingen och dess betydelse för den svenska industrins konkurrenskraft uppvisar följande huvuddrag:

- Svensk industri uppnådde tidigt, i stor utsträckning på grundval av betydelsefulla innovationer, en teknisk ledarposition på en rad viktiga områden.
- Industrin har bibehållit denna framskjutna position främst genom att snabbt och skickligt tillämpa och vidareutveckla teknisk-vetenskapliga framsteg som gjorts i omvärlden.
- Under åren närmast efter andra världskriget hade svensk industri inom breda områden ett betydande tekniskt försprång i förhållande till det krigshärjade Europa, medan den låg efter USA. Under efterkrigstiden har USA's försprång inhämtats på ett stort antal områden, samtidigt som den tekniska nivåskillnaden mellan Sverige och övriga Europa har utjämnats.

En för ett industrialiserat land med varierad produktion minst lika betydelsefull faktor är *spridningsgraden* för den tekniska kompetensen. Ur teknisk-industriell synvinkel kan allmänt sägas att en så hög spridningsgrad som möjligt är eftersträvansvärt. Ju fler personer och ju flera företag som besitter god kompetens, desto snabbare utvecklas den fortsatta tekniska nivåhöjningen. En hög generell kunskapsnivå är en viktig faktor för att produktionsapparaten skall fungera smidigt, bl a genom att störnings- och avbrottsriskerna minskar. Inte minst viktigt är det att hålla en tillfredsställande teknisk nivå inom småföretagssektorn, där forskningsavdelningar och specialistpersonal ofta saknas. Ett väl fungerande näringsliv förutsätter en livskraftig småföretagssektor.

En produktionsteknisk förändring i ett företag eller en bransch sker ofta i samband med investeringar i ny produktionsutrustning. Beslut om att ny produktionsutrustning skall anskaffas är beroende av företagets investeringsvilja. En av de viktigaste faktorerna som styr investeringsviljan är investeringens beräknade lönsamhet som bl a är beroende av den förväntade framtida efterfrågan på företagets produkter. Om efterfrågan är eller förväntas bli svag, med vikande kapacitetsutnyttjande och dålig lönsamhet som följd, kommer man sannolikt varken ha råd eller lust att göra nyinvesteringar. De *allmänna konjunkturutsikterna* spelar därför en central roll för den produktionstekniska utvecklingen och tillämpningarna.

En viktig faktor med betydelse för den produktionstekniska utvecklingen

[1] Kunskap och konkurrenskraft. Tekniskt industriella utvecklingsproblem i internationellt perspektiv. Stockholm (IVA) 1979. IVA-meddelande nr 223.

är förändringen av de *relativa produktionsfaktorpriserna.* Exempelvis förklaras produktionsprocessens fortlöpande mekanisering till en del av den fortgående stegringen av arbetskraftskostnaderna i förhållande till kapitalkostnaderna. Andra exempel är förändrade relativpriser för energi och råvaror.

Även *arbetskraftstillgången* kan ha konsekvenser för den produktionstekniska utvecklingen. Ett delmotiv för den utveckling av numeriskt styrda verktygsmaskiner som ägde rum i USA under 1950-talet var just en permanent brist på yrkesskicklig arbetskraft.

En faktor som börjat uppmärksammas de senare åren och som sannolikt kommer att få växande betydelse är *krav från de anställda.* Det kan t ex gälla arbetsmiljön på en traditionellt utrustad arbetsplats. Kraven kan också avse medinflytande vid den tekniska utformningen av en arbetsplats.

Slutligen kan *lagstiftning* driva på den produktionstekniska utvecklingen. Dels kan detta ske direkt genom att en hälsovådlig arbetsprocess eller ett miljöfarligt utsläpp förbjuds. Påverkan kan även ske indirekt genom allmänna bestämmelser om brandskydd, ventilation, sanitet etc, vilket kan medföra en snabbare nedläggning av äldre industrianläggningar än vad annars skulle ha varit fallet. I samband med uppförandet av nya industribyggnader brukar som nämnts översyn göras av produktionsteknik och maskinutrustning.

1.4.3.2 Bestämningsfaktorer för produktionstekniken inom verkstadsindustrin – en modell

I en marknadsekonomi måste varje försök att identifiera de faktorer som bestämmer den valda produktionstekniken för en given vara vid en given uppsättning produktionsfaktorer grunda sig på bl a de marknadskaraktäristika som råder för varan. En analys av verkstadsindustrins produktionsteknik skall därför göras mot bakgrund av en enkel marknadsmodell.

I modellen tänks tre faktorer ha det avgörande inflytandet över den produktionsteknik som används för en viss vara. Dessa är:

- *konkurrenssituationen;* i det här förenklade fallet finns endast två möjliga fall - varor som är utsatta för konkurrens och varor som inte är det.
- *kundkategori;* hushållssektorn eller näringslivet.
- *marknadens storlek;* d v s antalet enheter som kan få avsättning.

Modellen är alltför förenklad för att kunna ha ambitionen att utnyttjas för detaljerad analys, utan syftar snarare till att understryka några väsentliga samband.

Konkurrenssituation

Konkurrenssituationens inverkan på val av tillverkningsteknik härleds från antagandet att ett konkurrensutsatt företag i överlevnadsintresse alltid måste sträva efter att upprätthålla ett minst lika effektivt resursutnyttjande som dess konkurrenter. Med detta följer att företaget kontinuerligt söker effektivisera sin tillverkningsteknik. För det icke-konkurrensutsatta företa-

get skulle följaktligen pressen att använda sig av de effektivaste tillverkningsmetoderna och tillverkningsutrustningen vara mindre.

Emellertid har Salter[1] hävdat att det saknas anledning att förvänta en långsammare spridning av ny teknik inom monopolföretag än inom företag utsatta för konkurrens. Vinstmaximeringsmotivet medför i båda fallen tillämpning av den teknik som ger högsta produktivitet. Davies[2] påstår att det inte råder något tvivel om att det alltid finns anledning till att införa ny teknik, men att trycket skulle vara större ju mer konkurrensutsatt industrin är.

Som vi skall se i det följande förlorar diskussionen om konkurrensens betydelse mycket av sitt intresse i fallet svensk verkstadsindustri.

För verkstadsindustrin spelar i Sverige de tariffära handelshindren - tullar och importkvoter - en relativt obetydlig roll. Av den totala importen av verkstadsprodukter härrör 85 %[3] från EFTA/EG-områdena med vilka i princip tullfrihet råder på verkstadsprodukter. Dessa ländergrupper är samtidigt mottagare av 55 % av den svenska exporten av verkstadsprodukter. Den genomsnittliga tullsatsen på den svenska importen uppgår därför endast till 1,8 %[3]. Begränsningar av importen av verkstadsprodukter i form av importkvoter saknas helt.

De icke-tarrifära handelshindrens omfattning och effekter är svårare att få något grepp om. Exempel på sådana är inskränkningar i utrikeshandeln med försvarsmaterial. Att avsaknaden av konkurrens av normalt slag skulle hämma krigsindustrins produktionstekniska utveckling vore emellertid en mycket felaktig slutsats. I stället är det snarare så att denna gren av näringslivet traditionellt intar en ledande ställning såväl vad gäller utvecklandet av tekniskt sett avancerade produkter som användningen av avancerad tillverkningsteknik. En historisk tillbakablick kan belysa detta faktum.

Ett annat exempel på icke-tariffära handelshinder anses vara S-märkningen för elektrisk utrustning. Studier av detta har givit för handen att sådana produkter synes ha låg internationell rörlighet i båda riktningarna över landets gränser[4]. Detta kan ha sin orsak i S-märkningen och dess utländska motsvarigheter, men en troligare förklaring är att det här är fråga om förhållandevis enkla produkter som med fördel kan tillverkas för lokala marknader. Inhemsk konkurrens torde här vara tillräcklig för att förhindra uppkomsten av lokala monopol.

Det mesta tyder alltså på att verkstadsindustrin till alla delar kan anses vara konkurrensutsatt, antingen genom utländska tillverkare och/eller inhemska konkurrenter. Det finns därmed heller ingen anledning att vänta sig finna delbranscher där företagen ostörda av konkurrerande verksamhet kan försumma att regelbundet revidera och förbättra sin tillverkningsteknik, i alla händelser inte under någon längre period. Tillfälligtvis kan dock vissa företag uppnå monopolställning eller liknande för viss produkt med höga utvecklingskostnader. Aktuella exempel härpå är kopieringsutrustning och datorer. Situationen måste dock betraktas som temporär, åtminstone vad gäller verkstadsindustrins produkter, där man på lite längre sikt alltid måste räkna med uppkomsten av substitut, duplikat m m.

[1] Salter, W.E.G. Productivity and Technical Change. Cambridge University Press 1966.

[2] Davies, S. The Diffusion of Process Innovations. Cambridge University Press 1979.

[3] SOS Utrikeshandel.

[4] Ohlsson, L, 1976, Svensk Verkstadsindustris internationella specialisering. Industriens Utredningsinstitut, Stockholm.

Kundkategori

Det går lätt att observera ett direkt samband mellan en varas egenskaper och den kundkategori som varan är avsedd för. Två varor kan ha samma grundfunktion, men beroende på kundkategori ha helt skilda utformning vad gäller design, ingående material etc. Exempel härpå är hushållsdammsugare respektive dammsugare för industriellt bruk, elektriska handverktyg för yrkesmässigt bruk respektive för hobbyarbete m m.

Förhållandet skall ses mot bakgrund av att slutanvändaren vid sidan av kravet på en viss grundfunktion hos varan, även har önskemål om bifunktioner och speciella egenskaper hos varan.

En första skiljelinje skall dras mellan *producentvaror* och *konsumentvaror.* I fråga om producentvaror ingår varuhandeln som en del av yrkesutövningen hos såväl köpare som säljare, varför själva köpbeslutet förväntas präglas av ekonomisk rationalitet. Med det menas att köparen, som förväntas vara såväl tekniskt som kommersiellt kompetent, sammanväger varans olika aspekter innan han fattar beslut. Förutom pris kan dessa vara prestanda, beräknad livslängd, service, kreditvillkor samt önskvärdheten att ha flera/inte alltför många leverantörer. Konkurrensbilden blir därför tämligen komplicerad.

Vid inköp av *vara för slutlig konsumtion,* har konsumenten i jämförelse med den professionelle inköparen sämre överblick av såväl produktens tekniska aspekter som av marknaden. De ekonomiska faktorerna med betydelse för köpbeslut är pris, prestanda och kreditmöjligheter. Dessutom tillkommer känslomässiga och sociala aspekter som ofta har mycket stor betydelse. Sådana kan vara av estetisk natur, önskan om viss grupptillhörighet, prestige etc.

Marknadens storlek

Som nämndes ovan menas med detta det antal enheter som kan få avsättning på marknaden. Kopplingen mellan tillverkningstekniken för en vara och marknadens storlek är mycket stark. Stora marknader möjliggör storskalig produktion i långa serier, något som traditionellt har skapat förutsättningar för produktivitetshöjande mekanisering.

Konsumentvarorna kännetecknas av såväl massproduktion som masskonsumtion (med ett eller annat Rolls Roycefall som undantag), och antalet enheter som når avsättning är mycket stort.

För *producentvaror* är bilden mer splittrad. Antalet svetselektroder som årligen omsätts på marknaden är mycket stort, vilket inte är fallet med varugruppen pappersmaskiner. För att bringa reda i kategorin producentvaror med hänsyn till marknadens storlek, skall ytterligare en indelning göras, nämligen i

- investeringsvaror
- komponenter
- förbrukningsvaror

Indelningen överensstämmer också med varornas funktion i tillverkningsprocessen.

Utmärkande för kategorin *investeringsvaror,* är att det är fråga om

färdigvarutillverkning, och några ytterligare förädlingssteg passeras således inte. Till kategorin räknas bl a maskiner och telefonstationer. Antalet enheter av en viss vara som omsätts på marknaden kan fortfarande variera mycket kraftigt. Den årliga världsmarknaden för de ovan nämnda pappersmaskinerna torde uppgå till 100 – 150 enheter att fördelas på ett tiotal tillverkare. Den årliga avsättningen på världsmarknaden av tyngre lastfordon uppgår till i storleksordningen 300 000, fördelat på ungefär lika många tillverkare som för pappersmaskiner.

Komponenter saknar självständiga användningsområden och ingår i varor för slutanvändning, d v s konsument- och investeringsvaror. Exempel på komponenter är motorer, maskindelar och ventiler.

Också i fråga om komponenter varierar marknadsbilden. Vissa av dessa tillverkas för att ingå i en speciell vara eller i ett särskilt system vilket bestämmer såväl varans utförande som dess tillverkningsvolym. Merparten av sådana komponenter tillverkas dock inom det företag som också monterar slutprodukten, varför de aldrig når den öppna marknaden. Av de komponenter som omsätts på marknaden torde den dominerande andelen utgöras av *standardiserade* sådana, d v s de ges en så generell utformning som möjligt för att kunna ingå i ett stort antal slutanvändningsvaror av varierande slag. Detta medför att de standardiserade komponenterna tillverkas och säljs i ett mycket stort antal enheter.

Förbrukningsvarorna kännetecknas av att de är utsatta för kontinuerlig förslitning och förbrukas i tillverkningsprocessen utan att senare ingå i någon mer förädlad produkt. Antalet enheter som passerar marknaden är följdaktligen mycket stort. Exempel härpå är smörjolja, svetselektroder och verktyg.

Antagandena om marknadsstorleken för respektive varugrupp sammanfattas i tabell 1.1.

I kapitel 12 diskuteras modellen i samband med en empirisk undersökning av spridningen av NC-maskiner och industrirobotar.

Tabell 1.1 Marknadsstorleken för olika varugrupper

Varugrupp	Marknadsstorlek
Förbrukningsvaror	Stor
Komponenter	Medel – stor
Investeringsvaror	Liten – medel
Konsumentvaror	Stor

Källa: DEK.

2 Verkstadsindustrin – en strukturbeskrivning

2.1 Inledning

Följande kapitel presenterar och beskriver verkstadsindustrin i termer av ekonomiska data, s k branschstatistik. Aspekter som berörs är bl a verkstadsindustrins roll i näringslivet, produktion och marknad, storleksstruktur och regional fördelning, arbetskraften, kapital, teknik och lönsamhet.

Denna genomgång bildar ett viktigt underlag för analysen i rapportens fjärde del av dels de faktorer som påverkar spridningen av ny teknik, dels den nya teknikens effekter.

2.1.1 *Branschbegreppet*

En av de vanligaste metoderna för att analysera industrin är att gruppera företagen efter produkt eller produktfamilj, s k branschindelning. Bakom detta ligger antagandet att företag med lika eller snarlika produkter arbetar under likartade betingelser.

All offentlig industristatistik som publiceras i Sverige redovisas efter branschtillhörighet. Som fördelningsnyckel för branschindelningen används Svensk näringsgrensindelning (SNI). Denna bygger på den av FN utarbetade nomenklaturen ISIC, International Standard Industrial Classification of All Economic Activities.

Branschmetoden har också visat sig användbar för analyser av industrin, åtminstone för vissa delar. Det gäller främst den del som ägnar sig åt framställning av ämnen för vidare bearbetning. Till den räknas processindustrier som stål, papper och massa, kemi, cement m fl. Varje bransch kännetecknas här av förhållandevis homogena produkter och likartade marknadsförhållanden.

Beträffande verkstadsindustrin är däremot inte branschbegreppet lika användbart som analysinstrument, åtminstone inte enligt SNI. Anledningen härtill är verkstadsindustrins relativa storlek, omkring 45 % av hela industriproduktionen och sysselsättningen, samt dess heterogenitet. Rent teoretiskt är problemet reducerat genom uppdelning på huvuddelbranscher och delbranscher på en allt finare nivå, men de praktiska svårigheter som uppstår när det gäller att hänföra ett verkstadsföretag eller -arbetsställe till den ena eller andra delbranschen bidrar till att göra statistiken mycket osäker. Detta beror på att produktionen även vid det enskilda företaget/arbetsstället ofta är tillräckligt diversifierad för att problem med delbransch-

tillhörighet skall uppstå. Naturligtvis kan man bidra till att minska osäkerhetsfaktorn genom att endast arbeta med större grupperingar, varvid felaktigheterna så att säga jämnar ut varandra. Problemet som därvid uppstår är att branschindelningen ofta blir ett alltför trubbigt analysinstrument.

Trots SNI-systemets avigsidor är vi för en strukturbeskrivning av verkstadsindustrin hänvisade till detta, eftersom industristatistiken - den viktigaste informationskällan - huvudsakligen redovisar enligt SNI. Analysen kommer dock på några områden att (i avsnitt 2.3.3) kompletteras med den alternativa varugruppsindelning som nyss beskrivits i avsnitt 1.4.3.2.

Strukturbeskrivningen omfattar verkstadsindustrin (SNI 38) uppdelad i huvuddelbranscherna

Metallvaruindustri	(SNI 381)
Maskinindustri	(SNI 382)
Elektroindustri	(SNI 383)
Transportindustri exkl varvsindustri[a]	(SNI 384 ./. 3841)
Varvsindustri	(SNI 3841)
Instrumentindustri	(SNI 385)

[a] Särredovisningen av varvsindustrin har genomförts så långt det har varit möjligt med hänsyn till tillgänglig statistik.

Innan redovisningen inleds kan det vara på sin plats att kommentera tillförlitligheten av uppgifterna om varvsindustrin. Mot bakgrund av varvsindustrins utveckling under 1970-talet framstår vissa av industristatistikens uppgifter som mystiska. Det kanske tydligaste exemplet härpå återfinns i tabell 2.41, där nettovinstandelens utveckling i verkstadsindustrins delbranscher redovisas. Därvid kan utläsas det något förvånande att varven i början av decenniet (då branschen åtnjöt goda konjunkturer) uppvisar kraftigt negativa nettovinstandelar, medan de under senare delen av 1970-talet (då verksamheten endast kunnat upprätthållas tack vare statliga subventioner utan motstycke) redovisar positiva nettovinstandelar. Det har inte varit möjligt att få upplysningar som skulle kunna kasta ljus över förhållandet, men av allt att döma sammanhänger egendomligheterna med sättet att värdera varvens produktion och hur de statliga subventionerna bokförts. För vissa av de i det följande redovisade strukturdata får detta mycket stor betydelse: förutom lönsamhet, påverkas förädlingsvärde och arbetsproduktivitet. Stor skepsis bör även riktas mot uppgifterna om varvsindustrins varulager.

2.1.2 *Branschblandning*

Inom många av de arbetsställen som i den offentliga statistiken klassificeras som tillverkare av verkstadsprodukter förekommer också annan verksamhet. Det mått som anger i vilken utsträckning de till respektive delbransch hänförda enheterna verkligen ägnar sig åt branschtypisk tillverkning kallas *specialiseringsgrad.*

Som framgår av tabell 2.1 uppgick specialiseringsgraden år 1977 till 97,8 % för verkstadsindustrin i dess helhet. Det betyder att arbetsställena inom

Tabell 2.1 Verkstadsindustrins specialiserings- och täckningsgrad år 1977

Delbransch	Specialiseringsgrad	Täckningsgrad
Metallvaruindustri	89,9	83,3
Maskinindustri	88,7	90,7
Elektroindustri	93,4	93,9
Transportmedelsind exkl varv	93,8	95,3
Varvsindustri	88,3	95,5
Instrumentindustri	89,9	73,0
Verkstadsindustri	97,8	97,8

Källa: SCB.

verkstadsindustrin ägnade sig till 2,2 % åt annat än tillverkning av verkstadsprodukter.

Samtidigt kan tillverkning av verkstadsprodukter äga rum inom arbetsställen vilka klassificeras som annat än verkstadsindustri. Det mått som anger hur stor del av den totala tillverkningen av verkstadsprodukter som sker i den egentliga verkstadsindustrin kallas *täckningsgrad.* Denna uppgick också till 97,8 % år 1977.

Branschblandningen ökar dock väsentligt i omfattning på delbranschnivå. Detta återspeglar verkstadsindustrins heterogena karaktär och svårigheten att korrekt klassificera de olika arbetsställena. Som framgår av tabell 2.1 ägnar sig exempelvis både maskinindustrin och varvsindustrin i betydande omfattning åt tillverkning av annat slag än maskiner respektive fartyg. På motsvarande sätt framställs en avsevärd andel av metall- respektive instrumentvarorna utanför metallvaruindustrin och instrumentindustrin.

2.1.3 *Förädlingsvärde*

Verkstadsindustrin svarade år 1977 för 46 % av industriproduktionen, mätt som industrins förädlingsvärde[1]. Branschens utveckling har under hela efterkrigstiden präglats av stark expansion såväl absolut som i förhållande till andra industrigrenar. Mellan åren 1967 och 1977 ökade dess andel av industrins förädlingsvärde med tio procentenheter.

[1] Förädlingsvärdet är ett statistiskt mått som avser att mäta värdet av produktionen vid ett arbetsställe. Förädlingsvärdet erhålls genom att man från produktionens försäljningsvärde (= saluvärdet), drar ifrån kostnader för löpande förbrukning såsom råvaror och halvfabrikat, energikostnader samt kostnader för emballage, lejda transporter m.m, d v s varor och tjänster som producerats vid andra arbetsställen.

Tabell 2.2 Verkstadsindustrins förädlingsvärde åren 1967, 1972 och 1977. Löpande priser

	Förädlingsvärde					
	1967		1972		1977	
	Milj kr	Andel (%)	Milj kr	Andel (%)	Milj kr	Andel (%)
Verkstadsindustrin	14 139	36,4	23 126	42,4	45 356	46,1
Hela industrin	38 818	100,0	54 552	100,0	98 378	100,0

Källa: SCB.

Tabell 2.3 Delbranschernas andel av verkstadsindustrins förädlingsvärde åren 1967, 1972 och 1977. Löpande priser

Delbransch	Andel i % av förädlingsvärde		
	1967	1972	1977
Metallvaruindustri	20,7	19,8	18,7
Maskinindustri	33,5	31,2	29,2
Elektroindustri	18,4	19,1	18,6
Transportmedelsind exkl varv	18,0	21,0	22,6
Varvsindustri	7,3	7,0	8,7
Instrumentindustri	2,1	1,9	2,2
Verkstadsindustrin	100,0	100,0	100,0

Källa: SCB.

Samtliga delbranscher expanderade under samma tioårsperiod, om än i olika grad. Sålunda har metallvaru- och maskinindustrierna vidkänts en relativ tillbakagång. Elektro- och instrumentindustrierna har utvecklats i takt med branschgenomsnittet och svarar därmed för en oförändrad andel av verkstadsindustrins totala förädlingsvärde. Kraftigaste expansionen kan noteras för transportmedelindustrin och varven, vilka båda uppvisar betydande andelsökningar.

2.1.4 *Sysselsättning*

Även från sysselsättningssynpunkt betraktat spelar verkstadsindustrin en betydelsefull roll för industrin. Andelen av industrisysselsättningen är genomgående högre än andelen av industriproduktionen. Även antalsmässigt har verkstadsindustrin expanderat i betydande omfattning. Således ökade sysselsättningen mellan åren 1967 och 1977 med ca 60 000 vilket innebär en genomsnittlig årlig tillväxt på omkring 1.5 %.

Samtliga delbranscher ökade sin sysselsättning under den redovisade tioårsperioden, se tabell 2.5. Beträffande de olika delbranschernas relativa utveckling råder i stort sett överensstämmelse mellan produktion (förädlingsvärde) och sysselsättning. Sålunda förefaller metallvaru- och maskinindustrierna att trendmässigt minska sina respektive andelar av verkstadsindustrins sysselsättning. Även för varvsindustrin är tendensen fallande efter år

Tabell 2.4 Sysselsättningen inom verkstadsindustrin åren 1967, 1972 och 1977

	Sysselsättning					
	1967		1972		1977	
	Antal	Andel (%)	Antal	Andel (%)	Antal	Andel (%)
Verkstadsindustrin	363 749	41,2	392 507	44,8	420 842	47,2
Hela industrin	881 913	100,0	876 901	100,0	890 856	100,0

Källa: SCB.

Tabell 2.5 Delbranschernas andel av verkstadsindustrins sysselsättning åren 1967, 1972 och 1977. Löpande priser

Delbransch	Andel i % av förädlingsvärde		
	1967	1972	1977
Metallvaruindustri	21,1	20,6	19,7
Maskinindustri	33,9	32,6	30,4
Elektroindustri	17,6	18,4	19,2
Transportmedelsind exkl varv	17,2	19,1	20,3
Varvsindustri	8,3	8,4	8,0
Instrumentindustri	1,9	2,2	2,4
Verkstadsindustrin	100,0	100,0	100,0

Källa: SCB.

1972. De övriga delbranscherna har genomgått en starkare expansion, i synnerhet transportmedels- och instrumentindustrierna. Även elektroindustrin har ökat sin relativa andel av verkstadsindustrins sysselsättning.

2.2 Något om verkstadsindustrins roll i näringslivet

Inom verkstadsindustrin tillverkas varor för såväl slutlig användning, d v s konsumtions- och investeringsändamål, som för vidareförädling i produktionssystemet. Som framgår av tabell 2.6 svarar den privata konsumtionen för en relativt liten andel av den inhemska användningen. Av den totala marknadstillförseln[1] av verkstadsvaror går 43 % till vidareförädling, främst inom industrin och byggsektorn. Till största del sker vidareförädlingen internt inom verkstadsindustrin. Som framgår av tabell 2.7 härrör värdemässigt hälften av insats- och förbrukningsmaterial från den egna branschen.

Tabell 2.6 Försörjningsbalans för verkstadsvaror år 1975

Tillgång			Användning			
Inhemsk produktion	73 %		Export	30 %		
Import	27 %	100 %	Inhemsk användning	70 %	100 %	
			därav			
			– investeringsändamål		28 %	
			– offentlig förbrukning		4 %	
			– privat konsumtion		19 %	
			– lageruppbyggnad		6 %	
			– insatsvaror i näringslivet		43 %	100 %
			därav till			
			– tillverkningsindustrin			70 %
			– byggnadsindustri			17 %
			– transportsektorn			3 %
			– övriga sektorer			10 % 100 %

Källa: SCB, DEK.

[1] Marknadstillförsel = Produktion + import – export.

Tabell 2.7 Förbrukning av varor inom verkstadsindustrin till mottagarpris, enligt input-outputberäkningar för år 1975

Till	Verkstadsindustrin	
Från	Milj kr	Andel i %
Järn-, stål- och ferrolegeringsverk	7 044	16
Verkstadsindustrin	22 063	51
därav		
– metallvaruindustrin	5 369	12
– maskinindustrin	6 193	14
– elektroindustrin	4 567	11
– transportmedelsind exkl varv	4 653	11
– varvsindustrin	663	2
– instrumentindustrin	618	1
Övrig industri	7 809	18
Energisektorn	1 104	3
Samfärdselsektorn	737	2
Övriga näringar	4 112	10
Totalt	42 869	100

Källa: SCB.

Ett annat sätt att genom ekonomisk-statistisk analys få ett begrepp om verkstadsindustrins karaktär är att studera tillverkningens kostnadsposter och dessas andel av varans slutliga pris (saluvärdet). Som framgår av tabell 2.8 skiljer sig verkstadsindustrin på ett markant sätt från den övriga tillverkningsindustrin. Råmaterial/komponenter och energi svarar för en väsentligt lägre andel av verkstadsindustrins saluvärde än vad som är fallet inom den övriga industrin tagen i sin helhet. Däremot utgör kostnader för arbetslöner ett betydligt större inslag inom verkstadsindustrin, d v s den är jämförelsevis arbetsintensiv.

Som tidigare framhållits är verkstadsindustrin mycket heterogen till sin sammansättning, och delbranscherna uppvisar stora inbördes olikheter. Utmärkande för *metallvaruindustrin* är den höga råmaterialsandelen, där stålet intar en dominerande position. Jämfört med övriga delbranscher är komponentandelen närmast försumbar. Anmärkningsvärt är vidare att kvoten arbetarlöner/tjänstemannalöner samt energiandelen är väsentligt högre än i andra delbranscher.

Detta förklaras av att metallvaruindustrin i allmänhet är att återfinna på ett tidigt stadium i verkstadsindustrins förädlingsprocess. Branschen mottar metallråvara och metallämnen för vidare bearbetning. Den låga andelen komponenter tyder på att det här inte äger rum något större mått av sammansättnings- och monteringsarbete. Löneförhållandena arbetare/tjänstemän antyder att verksamhetens tyngdpunkt mer än för andra delbranscher ligger i själva tillverkningsprocessen.

I jämförelse med metallvaruindustrin skiljer sig *maskinindustrin* på flera avgörande punkter. Den förhållandevis obetydliga råvaruandelen men höga komponentandelen indikerar en mer framskjuten fas i förädlingskedjan där tillverkningsprocessen mer kännetecknas av montering än bearbetning. Värt att notera är att specialkomponenterna representerar en nästan lika stor

Tabell 2.8 Viktiga kostnadsposters procentuella andel av verkstadsindustrins saluvärde år 1975

Delbransch / Kostnadspost	Metallvaruindustri	Maskinindustri	Elektroindustri	Transportmedelsindustri exkl varv	Instrumentindustri	Verkstadsindustri exkl varvsindustri	Hela industrin exkl verkstadsindustrin
Råmaterial							
– stål	23,2	9,9	2,8	7,3	2,2	10,4	.
– andra metaller	4,2	1,3	5,1	1,3	1,3	2,6	.
– övrigt	3,0	2,2	3,8	2,3	0,7	2,6	.
Summa råmaterial	30,4	13,4	11,7	10,9	4,2	15,6	
Komponenter							
– standard	4,3	14,5	18,3	25,8	9,7	16,1	.
– special	2,0	11,6	6,1	15,1	17,6	9,7	.
Div förbrukn mat.	2,4	2,7	1,4	1,3	0,6	2,0	.
Summa komponenter	8,7	28,8	25,8	42,2	27,9	27,8	.
Summa råmaterial och komponenter	39,1	42,2	37,5	53,1	32,1	43,4	49,5
Löner							
– arbetarpersonal	18,7	16,5	14,9	12,7	17,8	15,7	12,3
– förvaltningspersonal	8,3	11,8	13,9	8,4	16,3	10,4	6,3
Summa löner	27,0	28,3	28,8	21,1	34,1	26,1	18,6
Energi							
– bränsle	0,8	0,6	0,3	0,5	0,5	0,6	2,4
– elenergi	0,9	0,6	0,6	0,4	0,4	0,6	1,7
Summa energi	1,7	1,2	0,9	0,9	0,9	1,2	4,1
Totalt råmaterial, komponenter, löner och energi	67,8	71,7	67,2	75,1	67,1	70,7	72,7

Källa: SCB, DEK.

andel som standardkomponenterna. Lönerelationen mellan arbetar- och förvaltningspersonal tyder på att den tillverkande funktionen inte spelar samma dominerande roll som för metallvaruindustrin. Om detta är att hänföra till en större andel tekniker eller marknadspersonal går dock inte att avgöra här. I avsnitt 2.5 kommer dock personalsammansättningen att närmare analyseras.

I likhet med maskinindustrin har *elektroindustrin* snarare prägel av sammansättningsindustri än industri för ämnesbearbetning. Till skillnad från maskinindustrin dominerar värdemässigt här montering av standardkomponenter framför specialkomponenter. Vidare används i obetydlig omfattning stålråvara, särskilt i jämförelse med förbrukningen av andra metaller och övriga råmaterial. Utmärkande för elektroindustrin är vidare "tjänstemannaintensiteten" där lönesumman för förvaltningspersonal endast obetydligt underskrider de sammanlagda arbetarlönerna.

Kännetecknande för *transportmedelsindustrin* är att lönernas andel av saluvärdet är förhållandevis låg, medan andelen för inköpta komponenter är hög. Som längre fram kommer att framgå, kan denna differens inte förklaras av existerande löneskillnader, utan av att verksamheten här återfinns i en långt framskjuten förädlingsfas med montering av i tidigare led tillverkade komponenter. Standardkomponenter dominerar här klart över specialkomponenter. Råvaruinslaget är jämförelsevis litet.

Råmaterialets värdemässiga innehåll i *instrumentindustrin* är obetydligt. Lönerelationerna mellan arbetare och tjänstemän, överensstämmer med de som råder inom elektroindustrin, men lönernas andel av saluvärdet ligger högre vilket kan tyda på att här är fråga om tekniskt avancerade varor med såväl högt ingenjörs- som arbetsinnehåll. Detta understrykes ytterligare av det förhållandet att inköpta specialkomponenter kraftigt dominerar över standardkomponenterna.

2.3 Produktion och marknad

2.3.1 *Utrikeshandelns omfattning och inriktning*

Den internationella handeln med verkstadsprodukter är mycket omfattande. Det är härvidlag intressant att konstatera att länder med konkurrenskraftig verkstadsindustri inte endast exporterar verkstadsprodukter, utan också är betydande importörer.

Sålunda svarade år 1975 de industrialiserade länderna för uppemot 90 % av världsexporten av verkstadsprodukter och nära 60 % av världsimporten.

Sverige ingår i en mindre grupp av industrialiserade länder som tillsammans svarar för fyra femtedelar av världsexporten av verkstadsprodukter. Den svenska andelen av världsexporten är, som framgår av tabell 2.10, stigande sedan 1968 och uppgick till 3,2 % år 1975.

Tabell 2.9 Handelsströmmarna för verkstadsprodukter år 1975 i procent av världsexportens värde

Till / Från	I-länder	Östeuropa	U-länder	Världen (export)
I-länder	56,0	4,1	28,2	88,3
Östeuropa	1,4	7,0	1,4	9,8
U-länder	1,0	0,0	0,9	1,9
Världen (Import)	58,4	11,1	30,5	100,0

Källa: UNCTAD, Göteborgs kommuns verkstadsindustriutredning.

Tabell 2.10 Viktiga exportländers andelar i procent av världens samlade export av verkstadsprodukter åren 1968, 1971 och 1975

Land	1968	1971	1975	Index 1975 (1968:100)
Västtyskland	17,4	18,2	17,4	100
USA	22,2	19,1	19,0	86
Japan	7,6	10,4	11,4	150
Storbritannien	9,6	9,2	7,6	79
Frankrike	5,7	6,8	7,9	139
Canada	5,9	5,9	4,1	69
Italien	5,4	5,3	5,1	94
Sverige	2,8	3,1	3,2	114
Övriga Norden	2,0	0,9	2,6	130
Summa	78,6	79,9	78,3	
Rest	21,4	20,1	21,7	

Källa: Göteborgs kommuns verkstadsindustriutredning.

Tabell 2.11 Fördelning av den svenska utrikeshandeln av verkstadsprodukter på olika ländergrupper år 1976

Andel i procent	Import		Export	
Område	Sverige	I-lands-genomsnitt	Sverige	I-lands-genomsnitt
I-länder	96,9	95,9	73,6	63,5
därav EFTA	16,9		23,4	
EG	62,6		33,8	
USA	9,9		6,0	
Övriga	7,5		10,4	
Österuropa	2,2	2,4	5,3	4,6
U-länder	0,9	1,7	21,1	31,9
Totalt	100,0	100,0	100,0	100,0

Källa: SCB, DEK.

Den svenska utrikeshandeln med verkstadsprodukter följer helt mönstret för världshandeln i stort. Således hämtas endast en obetydlig andel av importen utanför i-länderna. Den svenska verkstadsexporten uppvisar dock en ännu starkare i-landskoncentration än i-landsgruppen som helhet. Särskilt anmärkningsvärt är den jämförelsevis låga svenska exportandelen till u-länderna.

Verkstadsindustrin utmärks vidare av en långtgående specialisering, vilket förklarar det livliga handelsutbytet i bägge riktningar som kännetecknar i-länderna. I tabell 2.12, där den svenska produktionen och utrikeshandeln redovisas varugruppsvis, framgår detta med all tydlighet. Även inom varugrupper där den svenska verkstadsindustrins internationella konkurrenskraft är god av exportsiffrorna att döma, förekommer en avsevärd import. Mest långtgående specialisering uppvisar gruppen kontors- och

Tabell 2.12 Produktion, import och export av verkstadsprodukter i milj kr år 1976 enligt SITC, Rev 2, löpande priser

Varugrupp		Produktion	Import	Export
69	Arbeten av metall	10 788,7	2 222,5	2 956,5
71	Kraftalstrande maskiner	5 320,3	1 922,2	2 185,4
72	Maskiner för särskilda industrier	6 533,6	2 972,1	4 085,9
73	Metallbearbetningsmaskiner	1 440,2	955,3	958,6
74	Andra icke-elektriska maskiner och apparater	9 641,3	4 376,0	5 652,6
75	Kontors- och ADB-maskiner	1 596,1	1 534,5	1 346,7
76	Apparater för telefoni, radio, TV, grammofoner, bandspelare m m	5 609,6	1 910,3	3 347,4
77	Andra elektriska maskiner och apparater	7 084,5	4 026,3	3 175,3
78	Fordon för vägar	16 009,8	6 543,7	8 402,4
79	Andra transportmedel	6 541,2	1 637,1	6 063,4
81[a]	Sanitets-, rörlednings-, värme- och belysningsinstallationsmaterial	920,2	194,8	251,4
87	Instrument för yrkesmässig verksamhet, vetenskapliga ändamål m m	1 276,7	1 143,0	958,3
88[b]	Foto, optik, ur	173,8	642,2	145,8
95	Vapen och ammunition för militärt bruk	1 430,3	123,4	225,6
	Totalt	74 366,4	30 203,4	39 755,3

[a] Utom 812.2.
[b] Utom 882, 883.
Källa: SCB.

ADB-maskiner, där importen värdemässigt är av samma storleksordning som den inhemska produktionen, av vilken nära nio tiondelar exporteras.

2.3.2 *Sveriges specialisering inom verkstadsexporten*[1]

På grund av det starka internationella beroendet, är den svenska verkstadsindustrins utveckling till en betydande del beroende av marknadsutvecklingen för dess varor. Vissa varor och varugrupper genomgår eller förväntas genomgå en expansiv utveckling medan andra drabbas av stagnation.

Huvuddelen av de expansiva varugrupperna i världshandeln med verkstadsprodukter redovisas i tabell 2.13.

De klart expansiva delarna av världens verkstadsexport uppgick 1971 till cirka 27 % av världens totala exportvärde för verkstadsprodukter. Till 1975 hade dessa produkters andel i verkstadsexportens värde stigit till drygt 31 %. Man bör då uppmärksamma att det reala värdet av världshandeln med verkstadsprodukter samtidigt ökade mycket kraftigt. De i relativa termer mest expansiva produkterna i tablån är kärnreaktorer, gasturbiner, avance-

[1] Avsnittet bygger helt på "Näringspolitiska utredningar och förslag". Göteborgs kommuns verkstadsindustriutredning, Göteborg 1978.

Tabell 2.13 De mest expansiva varugrupperna i världshandeln med verkstadsprodukter under 1970-talets fem första år

Varuslag	Värdeandel i procent		
	1971 (1)	1975 (2)	(2) / (1) (3)
Kärnreaktorer	0,07	0,16	2,28
Datorer, statistiska maskiner m m	0,90	1,27	1,41
Mineralbearbetande maskiner	0,66	0,93	1,41
Gasturbiner	0,26	0,36	1,38
Elektronrör, fotoceller m m	1,34	1,82	1,36
Anläggningsmaskiner	2,52	3,17	1,26
Bussar, lastbilar m m	4,55	5,61	1,23
Medicinsk apparatur	0,41	0,50	1,22
Annan elektrisk utrustning	0,43	0,51	1,19
Elektromagnetisk utrustning	0,08	0,09	1,13
Andra sval- och värmeanläggningar	1,11	1,22	1,10
Elektrisk svetsutrustning	0,42	0,46	1,10
Luftkonditionering	0,22	0,24	1,09
Pumpar och centrifuger	2,57	2,80	1,09
Isolerade kablar	0,87	0,95	1,09
Elektriska kondensatorer	0,24	0,26	1,08
Elektromekaniska handverktyg	0,21	0,22	1,05
Batterier, ackumulatorer	0,31	0,32	1,03
Reservdelar för specialmaskiner	5,02	5,16	1,03
Apparater för telekommunikation	3,31	3,41	1,03
Elektrisk hushållsutrustning	1,62	1,66	1,02
Summa	27,12	31,12	

Källa: UN, Göteborgs kommuns verkstadsindustriutredning.

rad kontorsutrustning, anläggningsmaskiner, medicinsk apparatur, bussar och lastbilar.

Som nämnts svarade Sverige år 1975 för ca 3,2 % av värdet på världsexporten för verkstadsprodukter. Samtidigt varierade andelarna emellertid mycket kraftigt från varugrupp till varugrupp. Ett mått på den svenska verkstadsindustrins inriktning och specialiseringsgrad har beräknats genom att bilda kvoten mellan Sveriges andel av världsmarknaden för en viss produkt och produktens andel av världsexporten. Detta mått redovisas i tabell 2.14 första kolumnen.

För att ge en uppfattning om marknadsstorleken för produkten i fråga redovisas i andra kolumnen produktens andel av världsexporten av verkstadsprodukter. I de två sista kolumnerna anges den relativa tillväxten för motsvarande varugrupper under perioden 1971-1975 och de beräkningar av varugruppernas relativa förändring för perioden 1976-1985 som framtagits inom Economic Commission for Europe.

Tabell 2.14 visar att en specialisering finns inom produktgrupper, som tillsammans utgör en dryg tredjedel av verkstadsexporten för världen som helhet. Det innebär att den i huvudsak har en klar nischorientering mot produktområden med liten andel i världsexporten. Vidare kan noteras att

Tabell 2.14 Sveriges specialiseringsgrad för ett antal varugrupper år 1975

Varugrupp	1	2	3	4
	Specialiseringsgrad	Produktens andel av världsexporten, %	Världsimportens	
			Relativa tillväxt 1971–1975, %	Årliga tillväxt 1976–1985, %
Glasmaskiner	6,5	0,11	– 27	5
Pappers- och massamaskiner	3,4	0,59	– 17	5,4
Kullager	3,0	0,78	– 9	?
Kraftdrivna verktyg	2,7	1,12	– 1	5,6
Apparater och utrustning för telekommunikation	2,5	3,41	+ 3	8
Icke elektrisk hushållsutrustning	2,1	0,07	– 22	?
Elektriska ugnar	1,8	0,46	+ 10	?
Fartyg och båtar	1,7	6,82	. .	4
Medicinsk apparatur	1,7	0,50	+ 22	8
Mekaniska verktyg	1,6	3,19	+ 24	5,6
Utrustning för elektrisk trafikreglering	1,6	0,05	– 17	?
Skrivmaskiner	1,4	0,32	– 20	?
Bussar, lastbilar	1,4	5,61	+ 23	?
Batterier, ackumulatorer	1,4	0,32	+ 3	
Pumpar, centrifuger	1,4	2,80	+ 9	+ 6
Förpackningsmaskiner	1,4	0,64	– 3	+ 6
Vågar	1,4	0,12	0	+ 6
Statistiska maskiner	1,3	1,27	+ 41	+ 9
Sval- och värmeanläggningar	1,2	1,22	+ 10	+ 6
Transformatorutrustning	1,2	2,19	– 2	+ 5
Elektriska kondensatorer	1,2	0,26	+ 8	+ 5
Isolerade kablar	1,2	0,95	+ 9	+ 5
Räknemaskiner	1,2	0,83	– 42	?
Kylanläggningar	1,2	0,55	– 14	5
Symaskiner	1,1	0,41	– 21	4,5
Ångmaskiner	1,1	0,69	– 2	?
Elektriska hushållsartiklar	1,1	1,66	+ 2	5,6
Summa		36,94		

Källa: UN, Göteborgs kommuns verkstadsindustriutredning.

specialiseringsgraden är mycket hög för produkter som i huvudsak präglades av relativt långsam tillväxt i världsefterfrågan under 1970-talet och inom områden som förväntas få en måttlig utveckling enligt ECE's bedömning. Ett fåtal branscher visar en ur svensk synpunkt gynnsam specialisering såväl vid en bedömning med utgångspunkt i utvecklingen under 1970-talets första år som ett mera framåtriktat tidsperspektiv enligt Economic Commission for Europe's bedömningar. Dessa produktområden återges i tabell 2.15.

Tabell 2.15 Varugrupper med gynnsam specialisering för Sverige år 1975

Varugrupp	Världsmarknaden	
	1971–75	1975–85 (ECE)
Medicinsk apparatur	Expansiv	Starkt expansiv
Mekaniska verktyg	”	Expansiv
Datorer och statistiska maskiner	”	Starkt expansiv
Bussar och lastbilar	”	Expansiv
Elektrisk svetsutrustning	”	”
Telekommunikation	”	Starkt expansiv
Pumpar och centrifuger	”	Expansiv
Elektriska kondensatorer	”	”
Isolerade kablar	”	”
Batterier, ackumulatorer	”	Stagnerande
Elektrisk hushållsutrustning	”	”

Källa: UN, Göteborgs kommuns verkstadsindustriutredning.

2.3.3 *En alternativ varugruppsindelning*[1]

I avsnitt 1.4.3.2 gjordes med utgångspunkt i några få marknadskaraktäristiska – konkurrenssituation, kundkategori och marknadsstorlek – en indelning av verkstadsproduktionen i fyra grupper; förbrukningsvaror, komponenter, investeringsvaror samt konsumentvaror.

Utifrån industristatistikens förteckning av industriproduktionen enligt Tulltaxa, har en fördelning på dessa fyra grupper gjorts. Resultatet framgår av nedanstående tabell.

Som framgår är svensk verkstadsindustri till övervägande del inriktad på tillverkning av investeringsvaror. Drygt 60 % av produktionen faller inom denna kategori. Konsumentvaror och komponenter svarar vardera för c:a 15 % av branschens förädlingsvärde medan förbrukningsvarornas andel stannar vid 6,5%.

Under rubriken ”Ej varugruppfördelat” återfinns det förädlingsvärde som inte går att hänföra till framställning av en viss vara. Det utgörs huvudsakligen av reparationer, service och underhåll.

Tabell 2.16 Fördelning av verkstadsindustrins produktion, mätt i förädlingsvärde, på fyra varugrupper år 1977

Varugrupp	Förädlingsvärde	
	Milj kr	Andel i %
Förbrukningsvaror	2 966	6,5
Komponenter	6 504	14,3
Investeringsvaror	27 696	61,1
Konsumentvaror	6 431	14,2
Ej varugruppfördelat	1 756	3,9
Summa	45 353	100,0

Källa: SCB, DEK.

[1] En fullständigare redovisning presenteras i bilaga 2.

Tabell 2.17 Fördelning av varugruppernas förädlingsvärde på verkstadsindustrins delbranscher år 1977. Andelar i procent

Varugrupp / Delbransch	Andel (%) av förädlingsvärdet				
	Förbrukningsvaror	Komponenter	Investeringsvaror	Konsumentvaror	Ej varugruppfördelat
Metallvaruindustri	48,6	46,4	12,1	9,9	0,7
Maskinindustri	47,3	19,9	33,0	14,8	25,5
Elektroindustri	2,6	29,4	19,7	11,2	15,4
Transportmedelsindustri exkl varv	1,2	2,0	19,4	59,2	52,1
Varvsindustri	–	1,8	12,7	3,9	5,5
Instrumentindustri	0,3	0,5	3,1	1,0	0,8
Summa	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Förädlingsvärde, milj kr	2 966	6 504	27 696	6 431	1 756

Källa: SCB, DEK.

I tabell 2.17 redovisas de fyra varugruppernas fördelning på verkstadsindustrins delbranscher.

Förbrukningsvarorna tillverkas så gott som uteslutande inom metallvaru- och maskinindustrierna. Ungefär hälften av *komponenterna* härör från metallvaruindustrin (dvs mekaniska komponenter) medan ca 30 % utgörs av elektriska komponenter från elektroindustrin.

Den största gruppen *investeringsvaror* faller till en tredjedel inom maskinindustrin och till vardera 20 % inom elektro- respektive transportmedelindustrierna exklusive varv. Transportmedelsindustrin utom varv svarar dessutom för hela 60 % av *konsumentvarornas* förädlingsvärde, maskinindustrin för 15 % och metallvaru- samt elektroindustrierna för vardera 10 %.

Tabell 2.18 Fördelning av delbranschernas förädlingsvärde på de fyra varugrupperna år 1977. Andelar i procent

Delbransch / Varugrupp	Andel (%) av förädlingsvärdet					
	Metallvaruind	Maskinindustri	Elektroindustri	Transportind	Varvsindustri	Instrumentindustri
Förbrukningsvaror	17,0	16,6	0,9	0,3	–	0,8
Komponenter	35,6	9,8	22,7	1,3	2,9	3,5
Investeringsvaror	39,7	69,0	64,7	52,4	88,3	87,7
Konsumentvaror	7,5	7,2	8,5	37,1	6,4	6,5
Ej varugruppfördelat	0,2	3,4	3,2	8,9	2,4	1,5
Summa	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Förädlingsvärde, milj kr	8 466	13 250	8 425	10 258	3 975	978

Källa: SCB, DEK.

Av *reparationer och underhåll* utförs drygt hälften inom transportmedelsindustri exkl varv, och en fjärdedel inom maskinindustrin.

En motsvarande analys av delbranschernas produktion i termer av de fyra varugrupperna kan göras i anslutning till tabell 2.18. Därur framgår att av *metallvaruindustrins* produktion svarar förbrukningsvaror och komponenter för anmärkningsvärt höga andelar jämfört med övriga delbranscher.

För *maskinindustrin* dominerar inte oväntat investeringsvarorna som svarar för 70 % av produktionen. Även inom *elektroindustrin* överväger starkt investeringsvarorna, men även komponenterna uppvisar en förhållandevis hög andel. Även för *transportmedelsindustrin* är investeringsvarorna största varugruppen med hälften av förädlingsvärdet, men här uppgår konsumentvarorna till nära 40 %. Inom transportmedelsindustrin når även reparations- och underhållsverksamheten en relativt stor omfattning med nära 10 % av delbranschens förädlingsvärde. Inom *varvs- och instrumentindustrierna* slutligen dominerar investeringsvarorna totalt med nära 90 %.

2.4 Företagen

2.4.1 *Storleksstruktur*

I följande storleksredovisning görs en fördelning med avseende på arbetsställen. Till skillnad från begreppet "företag", som är en juridisk definition, anknyter begreppet "arbetsställe" dels till verksamhetens karaktär, dels till dess lokalisering. Ett arbetsställe enligt industristatistiken är därför en lokalt fristående produktionsenhet, vid vilken bedrivs en enda slag av verksamhet. Ett företag kan därför bedriva verksamhet vid flera arbetsställen.

I tabell 2.19 redovisas antal arbetsställen och sysselsättning fördelad på storlekskategorier efter antal anställda.

Vid en jämförelse mellan verkstadsindustrin i dess helhet och den övriga tillverkningsindustrin framgår tydligt verkstadsindustrins inriktning mot större produktionsenheter. Sålunda återfinns omkring 35 % av de inom verkstadsindustrin sysselsatta vid arbetsställen med fler än tusen anställda och 65 % vid arbetsställen med fler än 200 anställda. Motsvarande siffror för den övriga industrin är 15 % respektive drygt 50 %.

Inom verkstadsindustrin uppvisar delbranscherna stora inbördes skillnader. Största inriktningen mot stora enheter uppvisar varvsindustrin, där omkring tre fjärdedelar av branschens sysselsatta arbetar på arbetsställen med mer än tusen anställda. Även övriga transportmedelsindustrin och elektroindustrin domineras av de större arbetsställena. Inom maskinindustrin är fördelningen betydligt jämnare med grovt taget en tredjedel av sysselsättningen i var och en av storleksklasserna 0-199, 200-999 respektive 1 000 och däröver. Metallvaruindustrin uppvisar en stark dominans för de mindre arbetsställena. Två tredjedelar av metallvaruindustrins anställda arbetar vid produktionsenheter med färre än 200 anställda och en tredjedel med färre än 50 anställda.

Tabell 2.19 Antal arbetsställen samt sysselsättning fördelade på storlekskategorier efter antal anställda inom verkstadsindustrins delbranscher år 1977

Delbransch	Antal anställda					
	0–9	10–49	50–199	200–999	1000–	Totalt
Metallvaruindustri						
antal arbetsställen	439	1 097	288	61	2	1 887
andel av sysselsättningen i %	3,9	29,0	32,9	30,3	3,9	100,0
Maskinindustri						
antal arbetsställen	234	740	251	101	17	1 343
andel av sysselsättningen i %	1,4	13,4	19,3	35,4	30,5	100,0
Elektroindustri						
antal arbetsställen	95	235	93	54	12	489
andel av sysselsättningen i %	0,9	6,5	14,3	34,7	43,6	100,0
Transportmedelsind exkl varv						
antal arbetsställen	54	207	120	44	11	436
andel av sysselsättningen i %	0,5	5,7	13,5	21,1	59,2	100,0
Varvsindustri						
antal arbetsställen	21	61	27	11	7	127
andel av sysselsättningen i %	0,5	4,1	8,4	13,3	73,7	100,0
Instrumentindustri						
antal arbetsställen	29	86	33	8	1	157
andel av sysselsättningen i %	2,1	19,5	33,8	33,3	11,3	100,0
Verkstadsindustrin totalt						
antal arbetsställen	872	2 426	812	279	50	4 439
andel av sysselsättningen i %	1,6	13,0	19,3	29,5	36,6	100,0
Tillverkningsindustrin exkl verkstadsindustri						
antal arbetsställen	1 692	3 616	1 194	405	37	6 944
andel av sysselsättningen i %	2,7	17,5	26,3	37,5	16,0	100,0

Källa: SCB.

Tabell 2.20 Genomsnittligt antal anställda per arbetsställe inom verkstadsindustrins delbranscher år 1977

Delbransch	Genomsnittligt antal anställda
Metallvaruindustri	44
Maskinindustri	95
Elektroindustri	165
Transportmedelsindustri exkl varv	196
Varvsindustri	266
Instrumentindustri	63
Verkstadsindustrin totalt	94
Tillverkningsindustrin exkl verkstadsindustrin	67

Källa: SCB.

En jämförelse mellan genomsnittligt antal anställda per arbetsställe inom olika delbranscher befäster tendensen ytterligare. "Medelverkstaden" sysselsätter 50 % fler personer än det genomsnittliga arbetsstället inom övrig industri.

2.4.2 *Etablering och nedläggning*

I en av statens industriverk genomförd undersökning[1] av dels nyetablerade tillverknings- och byggnadsindustriföretag, dels av företagsbeståndet år 1975, framgår att hälften (51 %) av företagsbildningen i tillverkningsindustrin äger rum inom verkstadsindustrin. Denna etableringsandel överstiger klart verkstadsindustrins andel av företagsbeståndet inom tillverkningsindustrin (38 %). Metallvaruindustrin framstår därvid som särskilt etableringsintensiv.

I en rapport från IUI[2] har förändringar i verkstadsindustrins företagsstruktur genom etableringar och nedläggningar under perioden 1954-1969 studerats. Under perioden registrerades 1 720 etableringar och 1 205 nedläggningar, d v s ett nettotillskott av 515 företag. En närmare analys av förändringar har gjorts för företag med fler än 20 anställda. Vissa av resultaten återges i tabell 2.21.

Först kan konstateras att förhållandet mellan antal etablerade respektive nedlagda företag är betydligt större i den studerade kategorin (med fler än 20 anställda) än för populationen i sin helhet. I förhållande till antalet etableringar förekommer därmed nedläggningar oftare i företag med färre än 20 anställda.

[1] SIND 1976:7, Industriutvecklingen i Sverige. Rapport från statens industriverk 1976.

[2] Du Rietz, G. 1975, Etablering, nedläggning och industriell tillväxt i Sverige 1954-1970. Industriens Utredningsinstitut, Stockholm.

Tabell 2.21 Strukturförändring 1954–1969, företag med över 20 anställda

Etablerings- resp nedläggningstyp	Metall-varuind	Maskin-industri	Elektro-industri	Transport-medelsind	Hela materialet[a]
Summa tillskott					
antal	419	245	55	98	817
andel i %	51	30	7	12	100
Andel av företagstillskottet (%) genom					
– etableringar	36	29	49	33	34
– branschbyten[b]	10	13	13	13	12
– diversifieringar[c]	7	5	7	4	6
– tillväxt över 20 anställda	47	53	31	50	48
Totalt	100	100	100	100	100
Summa bortfall					
antal	140	64	34	44	282
andel i %	50	23	12	15	100
Andel av företagsbortfallet (%) genom					
– nedläggningar	52	49	65	43	51
– branschbyten	11	11	9	12	11
– specialisering[d]	8	9	14	18	11
– krympning under 21 anställda	29	31	12	27	27
Totalt	100	100	100	100	100

[a] Materialet täcker verkstadsindustrin med undantag för instrumentindustrin (SNI 385)
[b] Med branschbyte menas sådan produktionsomläggning inom ett arbetsställe att detta byter branschtillhörighet
[c] Befintligt företag startar verksamhet inom nya branscher
[d] Företag med verksamhet inom flera branscher upphör med verksamheten inom en bransch (motsatsen till diversifiering).
Källa: IUI.

Såväl etableringar som nedläggningar är oftast förekommande i metallvaruindustrin, vilken ensam svarar för hälften av både tillskott och bortfall. Elektroindustrin uppvisar lägsta frekvenserna av såväl etableringar som nedläggningar. Samtidigt utmärks dock elektroindustrin av en större andel "rena" tillskott respektive bortfall och mindre av sådana "etableringar" och "nedläggningar" som framkommer som resultat av använda statistiska definitioner och mätmetoder.

2.4.3 *Fusioner*

Företagsstrukturen påverkas även genom fusioner. En fusion, d v s en företagsöverlåtelse eller sammanslagning, innebär en ägarmässig förändring som inte nödvändigtvis får effekter på det enskilda arbetsstället.

I en studie[1] redovisas fusioner och samarbetsavtal i vilka svenska industriföretag deltagit under perioden 1946-1969. Totalt för perioden har spårats 1 826 förvärvade företag, i vilka 265 000[2] personer arbetat.

Fusionsfrekvensen har från femtiotalets början följt en stigande trend, så att omkring hälften av den under perioden totala fusionsaktiviteten ägde rum under åren 1965-69. Av dessa genom fusioner förvärvade företagen återfanns 507 inom verkstadsindustrin.

Som framgår av tabell 2.22 har inom verkstadsindustrin flest antal förvärv ägt rum inom metallvaru- och maskinindustrierna. Totalt sett svarade dock verkstadsindustrin för en förhållandevis liten andel av industrins fusioner, i varje fall vid jämförelse med andelarna av industrins förädlingsvärde och industrisysselsättningen. Tar man däremot med i beräkningar att verkstadsföretagens andel av totala antalet företag inom industrin under perioden endast uppgick till drygt 30 %, samt att elektro-, transportmedels- och varvsindustrierna är storföretagsdominerade, blir bilden radikalt annorlunda. Den relativa fusionsfrekvensen ligger, som framgår av tabell 2.22, 3:e kolumnen, högre för verkstadsindustrin än för industrin i övrigt. Som särskilt

Tabell 2.22 Antal under perioden 1946–69 förvärvade företag fördelade på delbranscher samt den relativa fusionsfrekvensen

Delbransch	Förvärv 1946–1969		Relativ fusionsfrekvens[a] i %
	Antal företag	Andel i %	
Metallvaruindustri	194	10,6	9,6
Maskinindustri	188	10,3	12,2
Elektroindustri	77	4,2	16,7
Transportmedelsindustri exkl varv	37	2,0	17,8
Varvsindustri	13	0,7	8,1
Verkstadsindustrin totalt	507	27,8	11,6
Tillverkningsindustrin totalt	1 826	100,0	9,4

[a] Den relativa fusionsfrekvensen beräknas som den procentuella andelen under perioden förvärvade företag av totala antalet företag. Det totala antalet företag har skattats som ett genomsnitt för hela perioden.
Källa: IUI, DEK.

[1] Rydén, B. 1971, Fusioner i svensk industri. Industriens Utredningsinstitut, Stockholm.

[2] I siffran ingår ett mindre antal dubbelräkningar, d v s sysselsatta vid företag som förvärvats mer än en gång.

Tabell 2.23 Antal förvärv inom olika delbranscher åren 1971–1975 och antalet anställda i de uppköpta företagen

Delbransch	(1)		(2)	(3)	(4)
	Förvärv 1971–1975		Antal anställda i förvärvade företag	Antal anställda i resp näringsgren	Relativ fusionsfrekvens[a] (2 i % av 3)
	Antal företag	Andel i %			
Metallvaruindustri	183	15,3	17 981	90 763	19,8
Maskinindustri	190	15,9	40 255	139 956	28,8
Elektroindustri	46	3,9	4 057	79 617	5,1
Transportmedelsindustri	50	4,2	16 183	95 289	17,0
Verkstadsindustrin totalt	469	39,3	78 476	405 625	19,3
Övrig industri	724	60,7	95 071	573 362	16,6
Tillverkningsindustrin totalt	1 193	100,0	173 547	978 987	17,7

[a] Observera att fusionsfrekvensen här beräknats med utgångspunkt i sysselsättningen till skillnad mot tabell 2.22, som utgår från antalet företag. Det går alltså inte att direkt jämföra resultaten. Däremot kan delbranschernas inbördes storleksplacering i de två tabellerna tjäna som underlag för jämförelse.
Källa: SPK, DEK.

fusionsintensiva framstår framför allt elektro- och transportmedelsindustrierna.

För perioden efter 1969 fram till 1975 finns uppgifter om fusionsutvecklingen i bl a konkurrensutredningens betänkande[1]. Ur tabell 2.23 framgår att företagsförvärven fortsatt att kraftigt öka under första hälften av sjuttiotalet. Enbart under år 1975 berördes cirka 70 000 anställda av att deras företag bytte ägare. Den starka ökningen av antalet förvärv som registrerats under sjuttiotalets början kan dock till viss del ha sin förklaring i att registreringen av förvärven effektiviserats under just dessa år.

Som vidare framgår av tabell 2.23 har verkstadsföretagens andel av förvärven ökat jämfört med den tidigare undersökningen. Under perioden 1971-75 svarade branschen för ca 40 % av antalet förvärvade företag inom industrin. Motsvarande andel för perioden 1946-69 var 28 %. Den relativa fusionsfrekvensen i tabell 2.23 understryker tendensen från den tidigare undersökningen att verkstadsindustrin uppvisar högre fusionsfrekvens än industrin i övrigt.

Bland verkstadsindustrins delbranscher framträder maskinindustrin som synnerligen fusionsintensiv under sjuttiotalet. Elektroindustrin uppvisar däremot för samma period en mycket låg fusionsaktivitet.

2.4.4 *Regional struktur*

Verkstadsindustrin uppvisar klara koncentrationstendenser till de tättbefolkade regionerna i syd- och mellansverige. Sålunda återfinns ungefär hälften av de inom verkstadsindustrin sysselsatta i storstadslänen Stockholm, Göteborg och Malmö, samt Östergötland och Västmanland.

[1] SOU 1978:9, Ny konkurrensbegränsningsslag. Betänkande av konkurrensutredningen. Stockholm 1978.

Tabell 2.24 Verkstadsindustrins regionala struktur 1977

Län	(1) Antal arbetsställen	(2) Antal sysselsatta	(3) Andel av industrisysselsättningen[a] (%)	(4) Andel av verkstadsindustrin (%)
Stockholms	705	62 887	59,3	15,0
Uppsala	73	6 989	40,6	1,7
Södermanlands	193	18 067	51,0	4,3
Östergötlands	228	30 379	59,9	7,2
Jönköpings	388	19 632	42,3	4,7
Kronobergs	146	9 262	41,9	2,2
Kalmar	132	14 381	43,9	3,4
Gotlands	10	1 324	41,8	0,3
Blekinge	63	14 264	63,8	3,4
Kristianstads	168	9 206	29,6	2,2
Malmöhus	360	29 614	38,3	7,0
Hallands	121	7 003	32,6	1,7
Göteborg och Bohus	355	52 711	68,2	12,5
Älvsborgs	207	24 277	40,7	5,8
Skaraborgs	181	15 351	45,0	3,7
Värmlands	146	12 861	36,0	3,1
Örebro	149	17 318	47,0	4,1
Västmanlands	152	27 229	64,3	6,5
Kopparbergs	156	10 277	28,5	2,4
Gävleborgs	140	11 291	29,2	2,7
Västernorrlands	131	10 631	39,8	2,5
Jämtlands	52	3 339	44,8	0,8
Västerbottens	112	8 017	36,8	1,9
Norrbottens	71	4 243	18,6	1,0
Hela landet	4 439	420 553	46,4	100,0

[a] Inkl malmgruvor samt andra gruvor och mineralbrott.
Källa: SCB.

Norr om Dalälven är det glest mellan verkstäderna. De fem norrlandslänen svarar tillsammans för endast 9 % av den totala verkstadsindustrin. Bland dessa återfinns merparten av verkstadssysselsättningen i de sydligare kustlänen, Gävleborgs och Västernorrlands län.

Andra regioner med verkstadsindustri i mycket blygsam omfattning är Uppsala, Hallands och Gotlands län.

Som ett försök till skattning av verkstadsindustrins betydelse för den regionala sysselsättningsbilden inom de olika länen, har branschens andel av respektive läns totala industrisysselsättning beräknats. Som framgår av tabell 2.24, tredje kolumnen, spelar verkstadsindustrin den ojämförligt största rollen inom Göteborgs- och Bohuslän med nära 70 % av industrisysselsättningen. Andelar på mer än 60 % uppvisar också Blekinge och Västmanlands län, medan industrisysselsättningen inom Stockholms och Östergötlands län till cirka 60 % är att hänföra till verkstadsindustrin.

Tabell 2.25 Verkstadsindustrins sysselsättningsfördelning över landsdelar 1969–1977. Procent

Landsdel[a]	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Östsverige	31	31	31	30	29	29	28	28	28
Sydöstsverige	14	14	14	13	14	14	14	14	14
Sydsverige	10	9	9	9	9	9	9	9	9
Västsverige	22	23	23	24	24	24	24	24	24
Mellansverige	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Norra Sverige	7	7	7	8	8	8	9	9	9
Hela landet	100	100	100	100	100	100	100	100	100

[a] Nyckel mellan landsdelar - län
Östsverige: A, B, C, D, E
Sydöstsverige: F, G, H, I, K
Sydsverige: L, M
Västsverige: N, O, P, R
Mellansverige: S, T, U, W, X
Norra Sverige: Y, Z, AC, BD.
Källa: SIND 1980:2.

Trots verkstadsindustrins jämförelsevis obetydliga omfattning i Jämtlands och Gotlands län, utgör den en betydelsefull faktor i den regionala sysselsättningsbilden, med 40-50 % av industrisysselsättningen.

Minst betydelse har branschen i Norrbottens län med strax under 20 % av industrisysselsättningen, inklusive gruvindustrin (om sysselsättningen inom gruvindustrin frånräknas ökar verkstadsindustrins andel av industrisysselsättningen till 26 %). Andra län med jämförelsevis låg verkstadsandel är Kristianstads, Kopparbergs och Gävleborgs län.

I tabellen 2.25 framgår verkstadsindustrins regionala utvecklingsmönster under perioden 1969 - 1977.

Ur den regionala utvecklingen fr o m slutet av 1960-talet kan två huvudtendenser utläsas. Dels har östra Sverige som är den största "verkstadslandsdelen" fått vidkännas en relativ till bakagång, dels har sysselsättningsandelen i norra Sverige ökat.

För perioden kan man således tala om en tendens till regional utjämning av sysselsättningen inom verkstadsindustrin. I absoluta tal har detta inneburit att verkstadsindustrins sysselsättning i norra Sverige ökat från 16 000 sysselsatta år 1969 till 26 000 år 1977.

2.5 Arbetskraften

2.5.1 *Arbetskraftsstrukturen*

I jämförelse med övriga industrier är verkstadsindustrin tjänstemannaintensiv. Av totala sysselsättningen inom hela industrin utgör tjänstemannaandelen 25 %, medan motsvarande andel för verkstadsindustrin är 30 %. Bland delbranscherna märks främst elektro- och instrumentindustrierna med hela 36 % tjänstemän. Mest arbetarintensiv är metallvaruindustrin (77 %) och varvsindustrin (75 %).

Tabell 2.26 Verkstadsindustrins sysselsättning 1975 med fördelning på arbetare och tjänstemän

Delbransch	Arbetare		Tjänstemän		Totalt	
	Antal	Andel i %	Antal	Andel i %	Antal	Andel i %
Metallvaruindustri	67 424	77,4	19 751	22,6	87 175	100,0
Maskinindustri	90 209	67,7	42 955	32,3	133 164	100,0
Elektroindustri	51 931	64,0	29 203	36,0	81 134	100,0
Transportmedelsindustri exkl varv	59 779	69,3	26 485	30,7	86 264	100,0
Varvsindustri	28 780	74,4	9 919	25,6	38 699	100,0
Instrumentindustri	6 447	63,5	3 704	36,5	10 151	100,0
Verkstadsindustrin totalt	304 570	69,8	132 017	30,2	436 587	100,0
Övrig industri	364 599	74,6	124 113	25,4	488 712	100,0
Tillverkningsindustrin totalt	669 169	72,3	256 130	27,7	925 299	100,0

Källa: SCB.

En närmare analys visar att det i första hand är teknikertätheten som förklarar spridningen.

Verkstadsindustrin i dess helhet är mycket teknikerintensiv. Av totala sysselsättningen inom branschen svarar den tekniska personalen för 12 % jämfört med genomsnittssiffran 5 % för övriga industrin. Bland delbranscherna uppvisar också elektro- och instrumentindustrierna den högsta frekvensen teknisk personal, 17 respektive 15 %, medan metallvaruindustrins teknikerandel stannar vid 5 %.

Andelen försäljningspersonal är högst inom instrument-, metallvaru- och maskinindustrierna men låg inom transportmedels- och elektroindustrierna. I jämförelse med övrig industri framstår försäljningspersonalens andel av verkstadsindustrin sysselsättning som mycket låg.

Fördelningen mellan män och kvinnor uppvisar också stora branschvisa variationer. Bland arbetarna är verkstadsindustrins kvinnoandel (17 %) avsevärt lägre än inom övriga industrin (27 %). Bland varvsarbetarna var år

Tabell 2.27 Några tjänstemannagruppers andel av sysselsättningen inom verkstadsindustrins delbranscher år 1975

Delbransch	Teknisk personal		Försäljningspersonal		Anställda totalt	
	Antal	Andel i %	Antal	Andel i %	Antal	Andel i %
Metallvaruindustri	4 725	5,4	1 064	1,22	87 175	100,0
Maskinindustri	15 856	11,9	1 529	1,15	133 164	100,0
Elektroindustri	13 739	16,9	664	0,81	81 134	100,0
Transportmedelsindustri exkl varv	11 661	13,6	216	0,25	86 264	100,0
Varvsindustri	4 169	10,8	154	0,40	38 699	100,0
Instrumentindustri	1 518	15,0	169	1,66	10 151	100,0
Verkstadsindustrin totalt	51 668	11,8	3 796	0,87	436 587	100,0
Övrig industri	25 448	5,2	9 572	1,96	488 712	100,0
Tillverkningsindustrin totalt	77 116	8,3	13 368	1,44	925 299	100,0

Källa: SCB.

Tabell 2.28 Fördelningen av arbetare och tjänstemän inom verkstadsindustrin på män och kvinnor år 1975

Delbransch	Arbetare			Tjänstemän		
	Antal	Andel i %		Antal	Andel i %	
		Män	Kvinnor		Män	Kvinnor
Metallvaruindustri	67 424	84	16	19 751	75	25
Maskinindustri	90 209	88	12	42 955	76	24
Elektroindustri	51 931	64	36	29 203	76	24
Transportmedelsindustri exkl varv	59 779	85	15	26 485	80	20
Varvsindustri	28 780	96	4	9 919	84	16
Instrumentindustri	6 447	69	31	3 704	74	26
Verkstadsindustrin totalt	304 570	83	17	132 017	77	23
Övrig industri	364 599	73	27	124 113	70	30
Tillverkningsindustrin totalt	669 169	78	22	256 130	74	26

Källa: SCB.

1975 endast 4 % kvinnor, under det att motsvarande andelar inom elektro- och instrumentindustrierna uppgick till 36 respektive 31 %.

Bland tjänstemännen är fördelningen något jämnare. Även här är emellertid mansdominansen större än inom den övriga industrin, 77 % män inom verkstadsindustrin jämfört med 70 % inom den övriga industrin. Också på tjänstemannasidan intar varvsindustrin en ledande ställning i fråga om manlig dominans.

Tabell 2.29 Fördelningen av vissa tjänstemannakategorier inom verkstadsindustrin på män och kvinnor år 1975

Delbransch	Kontorspersonal			Övriga tjänstemän[a]		
	Antal	Andel i %		Antal	Andel i %	
		Män	Kvinnor		Män	Kvinnor
Metallvaruindustri	8 177	44	56	11 574	97	3
Maskinindustri	19 160	50	50	23 795	97	3
Elektroindustri	11 705	50	50	17 498	93	7
Transportmedelsindustri exkl varv	10 761	55	45	15 724	98	2
Varvsindustri	3 614	59	41	6 305	98	2
Instrumentindustri	1 456	42	58	2 248	95	5
Verkstadsindustrin totalt	54 873	50	50	77 144	96	4
Övrig industri	59 222	46	54	64 891	92	8
Tillverkningsindustrin totalt	114 095	48	52	142 035	94	6

[a] Företagsledare, teknisk personal, arbetsledare och försäljningspersonal.
Källa: SCB.

Inom tjänstemannagruppen svarar kontorspersonalen för en betydande andel, cirka 45 %. Här är fördelningen mellan män och kvinnor synnerligen jämn, med undantag för varvsindustrin. Detta är däremot inte fallet för övriga tjänstemannagrupper – företagsledare, teknisk personal, arbetsledare och försäljningspersonal. Inom verkstadsindustrin innehas dessa befattningar endast till 4 % av kvinnor, vilket åter är lägre än övriga industrin där motsvarande andel är 8 %.

2.5.2 *Arbetsproduktivitet och löner*

Produktionsvolymen per arbetad timme har under sjuttiotalet utvecklats i grovt räknat samma takt inom verkstadsindustrin (i dess helhet) som inom övriga industrin. Ur tabell 2.30 går det i varje fall inte att urskilja några påtagliga skillnader.

Betydligt större olikheter i utvecklingstakt och -mönster uppvisar verkstadsindustrins olika delbranscher. Betecknande är också konjunkturförloppets avgörande betydelse för arbetsproduktiviteten. Under recessioner noteras oförändrad produktionsvolym per timme, eller i vissa fall en nedgång, medan betydande stegringar noteras under de goda konjunkturerna. Intressant är vidare att notera fasförskjutningen i de olika delbranschernas utvecklingsmönster.

Starkaste produktivitetsutvecklingen har elektroindustrin som under den föregående femårsperioden uppvisat betydligt lägre produktivitetsökning än branschen i stort.

Transportmedelsindustrin uppvisar rakt motsatt tendens. Från att snabbt ha ökat arbetsproduktiviteten mellan 1968-1972, präglas utvecklingen därefter av stagnation. Till viss del påverkas delbranschernas utveckling av att den konjunkturmässigt extrema varvsindustrin finns medräknad i siffrorna.

Svagast utveckling kännetecknar instrumentindustrin, vars arbetsproduktivtet mellan 1968-1972 uppvisade lägsta ökningstakten av verkstadsindustrins delbranscher, för att därefter ligga på oförändrad nivå.

Till skillnad från tabell 2.30 som anger utvecklingen av arbetsproduktiveteten per arbetad timme, visar tabell 2.31 den genomsnittliga arbetsproduktiviteten per anställd under år 1977 för olika delbranscher.

Tabell 2.30 Produktionsvolym per timme åren 1972–1977 (index 1968 = 100)

Delbransch	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Metallvaruindustri	126	133	133	141	145	146
Maskindustrin	122	133	147	145	146	146
Elektroindustri	118	125	140	156	152	159
Transportmedelsindustri inkl varv	127	131	128	134	137	134
Varvsindustri	141	147	146	162	163	146
Intrumentindustri	117	121	109	118	119	120
Verkstadsindustrin totalt	124	131	137	144	145	145
Hela tillverkningsindustrin	128	136	141	141	145	145

Källa: SCB.

Tabell 2.31 Förädlingsvärde per anställda inom verkstadsindustrins delbranscher 1977

Delbransch	Förädlingsvärde per anställd 1977
Metallvaruindustri	102 300
Maskinindustri	103 400
Elektroindustri	104 600
Transportmedelsindustri exkl varv	120 000
Varvsindustri	117 500
Instrumentindustri	97 700
Verkstadsindustrin totalt	107 800
Hela tillverkningsindustrin	110 400

Källa: SCB.

I tabell 2.31 kan noteras att verkstadsindustrin till sin helhet uppvisar en lägre arbetsproduktivitet än industrin i övrigt, men att variationen mellan delbranscherna är avsevärd. Sålunda uppvisar transportmedels- och varvsindustrierna en mycket hög produktivitet, även jämfört med industrigenomsnittet, medan övriga delbranscher ligger på en avsevärt lägre nivå.

Intressant är vidare att jämföra arbetsproduktiviteten, uttryckt som förädlingsvärde per anställd, med genomsnittliga lönekostnaden per anställd och delbransch.

Därvid kan konstateras att delbranschernas inbördes rangordning med avseende på arbetsproduktivitet avspeglar sig väl i delbranschernas arbetarlöner. I fråga om de genomsnittliga tjänstemannalönerna är det däremot svårt att finna något samband med produktiviteten. Höglönebranschen framför alla andra – åtminstone år 1977 – är varvsindustrin såväl beträffande arbetare som tjänstemän.

Ett intressant undantag från överensstämmelsen mellan arbetsproduktivitet och arbetarlön återfinns inom elektroindustrin, där lönenivån ligger väsentligt lägre relativt produktivitetsnivån. Därvid kan hållas i minnet att elektroindustrin uppvisar den ojämnförligt största andelen kvinnliga arbetare. Elektroindustrins tjänstemän framstår däremot som förhållandevis välavlönade.

Tabell 2.32 Genomsnittlig lönekostnad (exkl sociala avgifter) per anställd inom verkstadsindustrin 1977

Delbransch	Tjänstemän	Arbetare	Summa
Metallvaruindustri	68 200	44 700	50 200
Maskinindustri	71 400	44 900	53 900
Elektroindustri	73 300	42 500	54 000
Transportmedelsindustri exkl varv	70 300	46 600	54 100
Varvsindustri	76 400	50 500	56 900
Instrumentindustri	70 400	42 000	53 700
Verkstadsindustrin totalt	71 400	45 200	53 500
Hela tillverkningsindustrin	70 800	45 700	52 900

Källa: SCB.

2.6 Kapitalet

2.6.1 *Byggnader och maskiner*

Enligt SCB's beräkningar uppgick det sammanlagda värdet av verkstadsindustrins fasta tillgångar i maj 1978 till cirka 80 miljarder kronor. Av dessa svarade byggnader och anläggningar för 33 och maskiner och inventarier för 47 miljarder kronor.

Verkstadsindustrin kräver jämförelsevis lite anläggningskapital. Dess andel av tillverkningsindustrins kapitalstock uppgick år 1978 till cirka 30 %. Uppdelat på byggnads- och maskinkapital var verkstadsindustrins andelar 38 respektive 28 %.

I tabell 2.34 framgår kapitalstockens fördelning på verkstadsindustrins delbranscher.

Största andelen av branschens i maskiner och byggnader bundna kapital återfinns inom maskinindustrin, därefter följd av transportmedelsindustrin. Anmärkningsvärt är de låga andelarna för elektro- och instrumentindustrier-

Tabell 2.33 Värdet[a] i milj kr av industrins anläggningar i maj 1978

Kapitaltyp / Bransch	Byggnader och anläggningar		Maskiner och inventarier		Summa	
	Milj kr	Andel i %	Milj kr	Andel i %	Milj kr	Andel i %
Verkstadsindustrin	32 696	37,8	47 281	28,3	79 977	31,5
Hela tillverkningsindustrin	86 550	100,0	167 086	100,0	253 636	100,0

[a] Till skillnad från anläggningarnas *bokförda* värde som också kommer att användas längre fram i texten, är detta uppskattningar av det "verkliga" värdet. (Med en från företagsekonomin lånad term skulle man kunna säga anläggningarnas kalkylmässiga värde.) Den praktiska skillnaden mellan de två värderingsmetoderna, är att bokfört värde till följd av skattelagstiftningens avskrivningsregler, vanligen ligger långt under det "verkliga" (kalkylmässiga) värdet.
Källa: SCB.

Tabell 2.34 Verkstadsindustrins kapitalstock per den 1.1.1977. 1975 års priser

Kapitaltyp / Delbransch	Byggnader och anläggningar		Maskiner och inventarier		Summa	
	Milj kr	Andel i %	Milj kr	Andel i %	Milj kr	Andel i %
Metallvaruindustri	4 824	15,6	7 895	21,5	12 719	18,8
Maskinindustri	10 411	33,7	11 467	31,2	21 878	32,3
Elektroindustri	3 520	11,4	6 523	17,7	10 043	14,9
Transportmedelsindustri exkl varv	7 109	23,0	8 374	22,8	15 483	22,9
Varvsindustri	4 887	15,8	2 102	5,7	6 989	10,3
Instrumentindustri	133	0,5	398	1,1	531	0,8
Verkstadsindustrin totalt	30 884	100,0	36 759	100,0	67 643	100,0

Källa: SCB.

Tabell 2.35 Indexserie över verkstadsindustrins investeringar åren 1969–1978. 1975 års priser (1968=100)

Kapitaltyp	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
Maskiner och inventarier	124	135	161	144	174	198	209	201	150	132
Byggnader och anläggningar	114	133	152	144	143	194	212	180	146	91
Summa	120	134	158	144	163	196	210	193	149	117

Källa: SCB.

Tabell 2.36 Delbranschernas andelar av verkstadsindustrins investeringar åren 1976–78. 1975 års priser

Delbransch	Andel i procent		
	Byggnader och anläggningar	Maskiner och inventarier	Summa investeringar
Metallvaruindustri	19,6	23,9	22,4
Maskinindustri	30,3	29,1	29,5
Elektroindustri	18,9	20,3	19,9
Transportmedelsindustri exkl varv	17,7	19,8	19,1
Varvsindustri	12,4	4,9	7,4
Instrumentindustri	1,1	2,0	1,7
Verkstadsindustrin totalt	100,0	100,0	100,0

Källa: SCB.

na vilket i första hand kan tillskrivas låga byggnads- och anläggningskostnader.

Investeringsutvecklingen inom verkstadsindustrin har som framgår av tabell 2.35 under senare delen av sjuttiotalet präglats av kraftiga pendlingar.

Anmärkningsvärd är den nedåtgående tendensen under tre år i följd 1976-78, där investeringsvolymen år 1978 är nere vid 1969 års nivå. Under recessionen 1972-73 blev tillbakagången jämförelsevis obetydlig.

I tabell 2.36 redovisas investeringarna under perioden 1976–78 med fördelning på de olika delbranscherna. Vid jämförelse med respektive andelar av branschens kapitalstock i tabell 2.34, framgår att några delbranscher – metallvaru-, elektro- och instrumentindustrierna – uppvisar större andel av verkstadsindustrins investeringar.

2.6.2 *Lager*

Som nämndes i inledningskapitlet ligger en betydande del av verkstadsföretagens kapitalanvändning bundet i rå- och färdigvarulager samt i produkter i arbete. Lagrens omfattning framgår av tabell 2.37.

Tabell 2.37 Några relationstal[a] som belyser varulagrens omfattning inom verkstadsindustrin år 1978

Delbransch	(1)	(2)
	Varulager/ Balans-omslutning	Varulager/ Byggnader + Maskiner
Metallvaruindustri	38	1,85
Maskinindustri	34	2,42
Elektroindustri	27	1,83
Transportmedelsindustri exkl varv	33	2,50
Varvsindustri	17	1,34
Instrumentindustri	39	3,60
Verkstadsindustrin totalt	30	2,04

[a] Relationstalen har beräknats på de *bokförda* värdena av såväl varulager som byggnader och maskiner.
Källa: SCB.

För metallvaru-, maskin- och instrumentindustrierna utgör varulagret närmare 40 % av företagens balansomslutning, medan nivåerna för övriga delbranscher ligger kring 30 %. Uppgifterna för varvsindustrin bör tolkas försiktigt.

Vid jämförelse av varulagrets storlek i förhållande till det kapital som finns bundet i byggnader och maskiner, framgår av tabell 2.37, andra kolumnen, att varulagret i verkstadsindustrin binder dubbelt så mycket kapital som byggnader och maskiner tillsammans. Även här förekommer betydande delbranschvisa olikheter. Sålunda uppvisar instrumentindustrin den högsta kvoten, men därvid bör hållas i minnet att delbranschen har en förhållandevis liten kapitalstock. Intressantare är då maskinindustrin, vars varulager är 2 1/2 gånger så stor som byggnads- och maskinkapitalet. Maskinindustrin är mer kapitalintensiv[1] än verkstadsindustrin i genomsnitt, varför den ekonomiska betydelsen av delbranschens relativt stora varulager är avsevärd. År 1977 uppgick varulagret för hela verkstadsindustrin[2] till 31,5 miljarder kronor.

2.7 Teknikfaktorn

Om man mäter produktionsvolymen samt insatserna av arbetskraft och kapital över tiden, finner man oftast att de för ändrade insatserna av arbetskraft och kapital endast förklarar en del av variationerna i produktionsvolymen. Den statistiska restpost som uppkommer, och som avser den del av en produktionsvolymökning som inte förklaras av ökade insatser av arbete och kapital, har något oegentligt kommit att kallas teknikfaktorn. Den är liktydig med totalproduktivitetens förändring över tiden.

I teknikfaktorn ingår bl a nya och förbättrade produkter, rationaliseringar i existerande produktionsanläggningar (innefattande även organisatoriska förändringar i produktionen, materialhanteringen m m), nedläggning av gamla anläggningar eller utrustningar vilkas produktivitet är lägre än genomsnittet och tillförandet av nya med högre produktivitet än genomsnit-

[1] Maskinindustrins andel av verkstadsindustrins förädlingsvärde, sysselsättning och kapitalstock är 29,2 %, 30,4 % respektive 32,3 %.

[2] Statistiken omfattar endast företag med minst 50 anställda.

tet. Förändringar i produktion, förbättrad marknadsföring och liknande utgör också viktiga komponenter.

Enligt IUI[1] uppvisar verkstadsindustrin under perioden 1950-1976 den största teknikfaktorn bland industribranscherna och även ett av de högsta tilläxttalen för produktionsvolymen. Under perioden noterades för övrigt en ökning i sysselsättning mätt i antalet arbetstimmar, en utveckling som verkstadsindustrin tillsammans med den kemiska industrin är ensam om.

Ett annat sätt att försöka uppskatta teknikfaktorns omfattning är att studera branschens investeringar i forskning och utveckling (FoU). År 1977 uppgick industrins FoU-investeringar till 4 125 miljoner kronor, varav verkstadsindustrins andel utgjorde 70,7 %. Bland delbranscherna svarade elektro- och transportmedelsindustrierna för var sin tredjedel, medan maskinindustrins andel uppgick till 25 %. Övriga delbranschers FoU-investeringar är i jämförelse obetydliga.

Det är intressant att som i tabell 2.38, kolumn 3, jämföra industrins investeringar i FoU med dem i traditionellt produktionskapital (byggnader och anläggningar, maskiner och inventarier).[2]

Till skillnad från traditionellt produktionskapital utgörs investeringar i FoU till övervägande del av rena driftskostnader, framför allt löner till kvalificerad personal. Resultatet stannar i företaget i form av nytt kunnande som till en början är knutet till en begränsad grupp personer. Sådan kunskap kan ofta lätt förmedlas till andra företag inom och utom landet och tillämpas oberoende av nationsgränser. Risktagandet är stort om verksamheten inte bedrivs i omfattande och mycket diversifierad skala, d v s inom stora företag. Skattemässigt belastar FoU-investeringar också praktiskt taget helt företagens löpande kostnader. De avskrivs omedelbart.

Tabell 2.38 Verkstadsindustrins investeringar i forskning och utveckling år 1977. Löpande priser

Delbransch	Investeringar			
	(1) FoU		(2) Byggn och maskiner	(3) (1)/(2)
	Milj kr	Andel i %	Milj kr	
Metallvaruindustri	152	5,2	960	16
Maskinindustri	742	25,4	1 413	53
Elektroindustri	964	33,1	926	104
Transportmedelsindustri exkl varv	953	32,7	771	124
Varvsindustri	50	1,7	248	20
Instrumentindustri	55	1,9	84	65
Verkstadsindustrin totalt	2 916	100,0	4 402	66
Tillverkningsindustrin exkl verkstadsindustri	1 209	–	9 265	13
Hela tillverkningsindustrin	4 125	–	13 667	30

Källa: SCB.

[1] Carlsson, B m fl, Teknik och industristruktur - 70 talets ekonomiska kris i historisk belysning. IUI, IVA. Stockholm 1979.

[2] Relationstalen bör tolkas med försiktighet eftersom lågkonjunkturåret 1977 utmärktes av mycket låga investeringar i byggnader och maskiner. FoU-investeringarna verkar dock inte ha påverkats i samma utsträckning, utan låg 1977 33 % över nivån högkonjunkturåret 1975, mätt i löpande priser.

Jämförelsen med investeringar i produktionskapital ger en klarare bild av den relativa fördelningen av investeringsresurserna, än om FoU-investeringarna på traditionellt sätt relateras till omsättningens eller förädlingsvärdets storlek[1].

Ur jämförelsen i tabell 2.38 kan utläsas en av de avgörande olikheterna mellan verkstadsindustri och övrig tillverkningsindustri. Medan övrig tillverkningsindustris investeringar i forskning och utveckling endast motsvarar 13 % av investeringarna i produktionskapital, uppgår motsvarande siffra för verkstadsindustrin till hela 66 %. För elektro- och transportmedelsindustrierna svarar FoU-investeringarna för ett högre belopp än investeringarna i byggnader och maskiner. Jämförelsevis låga andelar uppvisas av metallvaru- och varvsindustrierna.

2.8 Lönsamhet

I en rapport från statens industriverk[2] försöker man belysa strukturomvandlingsprocessen inom industrin genom att studera lönsamhetsutveckling och investeringskrav. Industrins tillväxt och förändring förutsätter investeringar, och resurserna för dessa investeringar hämtas främst från det överskott som återstår efter det att alla produktionskostnader dragits från produktionsresultatet (= bruttovinsten).

Denna bruttovinst måste täcka olika slag av fasta kostnader. Dessa omfattar kostnader för investerat kapital i form av avskrivningar, fasta administrationskostnader (s k overheadkostnader), reparationskostnader och vissa bikostnader. Det som därefter återstår är nettovinst.

I rapporten studeras bruttovinstandelens[3] utveckling under perioden 1969–1977, med uppdelning på såväl branscher som regioner. Genom att gruppera företag i olika vinstkategorier kan man utläsa den andel av företagen och sysselsättningen i en viss bransch eller region, vars långsiktiga överlevnad är hotad.

Tabellen 2.39 Översikt av utvecklingen åren 1969–77 av olika vinstbegrepp för verkstadsindustrin (exkl varv). Andelar i procent av verkstads industrin förädlingsvärde

	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Bruttovinstandel	36	32	35	36	37	41	38	35	33
– Overheadandel	11	11	11	11	11	11	11	11	11
– Reparationsandel	2	2	2	2	2	2	2	2	2
– Andel div bikostn	2	2	3	3	4	4	4	2	5[a]
Bruttoförräntningsandel	21	17	19	21	20	24	21	20	14
– Avskrivningsandel	7	7	7	8	8	7	8	8	9
Nettovinstandel	14	10	12	13	12	17	13	12	5

[a] I diverse bikostnader har under perioden 1969-1977 ingått subsidier och medelstillskott på mindre än 1/2 procent av förädlingsvärdet i genomsnitt. Från 1977 ökar dessa bidrag, bl a inom energiområdet. Utan dessa bidrag blir bikostnadsandelen ytterligare någon procent högre 1977.
Källa: SIND 1980:2.

[1] Se vidare Eliasson, G, Forskning, investeringar och ut veckling. Särtryck ur Affärsvärlden/Finanstidningen nr 47 1971.

[2] SIND 1980:2. Vinster och sysselsättning i svensk industri. En strukturanalys av Sveriges industri 1969-77. Stockholm 1980.

[3] Bruttovinstandel = bruttovinst ÷ förädlingsvärde

I tabellen 2.39 anges sambanden mellan olika vinstbegrepp i industristatistiken samt utvecklingen under perioden 1969-1977.

Sifferserierna över vinst- och kostnadsandelar uppvisar en relativt liten variation. Bruttovinstandelen inom verkstadsindustrin har under den aktuella perioden en variationsvidd på 8 procentenheter. Motsvarande variationsvidd för trävaruindustrin är 21 procentenheter, för massa- och pappersindustrin 32 och för järn- och stålindustrin 47 procentenheter. Bruttovinstandelens relativa stabilitet inom verkstadsindustrin sammanhänger bl a med att kapacitetsvariationerna här varit lägre än i flertalet andra branscher. Skillnaden mellan genomsnittlig bruttovinstandel för verkstadsindustrins delbranscher är också liten; med ett genomsnitt för perioden 1969-1977 erhålls följande värden:

Delbransch	Genomsnittlig bruttovinstandel, %
Metallvaruindustri	36
Maskinindustri	33
Elektroindustri	36
Transportmedelsindustri (exkl varv)	38

Källa: SIND 1980:2

Anmärkningsvärd är maskinindustrin som med sin relativt dåliga lönsamhet avviker från övriga delbranscher.

I nedanstående figur anges bruttovinstandelens lägsta värde för att kunna täcka olika kostnadsposter.

Från analysschemat i tabell 2.40 kan följande slutsatser dras:

- Inom verkstadsindustrin är nettovinsterna negativa upp till i genomsnitt en bruttovinstandelsgräns på 24 procent (samma gäller för övrigt hela tillverkningsindustrin). Bruttovinstandelar lägre än 20 procent innebär därför klart negativa nettovinster (som högst kan då bara hälften av avskrivningarna täckas). Bruttovinstandelar lägre än 20 procent benämns därför *låg lönsamhet.*
- Överstiger å andra sidan bruttovinstandelen inom verkstadsindustrin 50 procent är i medeltal nettovinstandelen större än 25 procent. Nettorän-

Tabell 2.40 Analysschema för bruttovinstandelar inom verkstadsindustrin (exklusive varv). Markering av fasta kostnadsposter som täcks av varje angiven bruttovinstandel

Brutto-vinst-andel, %	Over-head-kostn	Bikost-nader	Repara-tions-kostn	Avskrivn av fast real-kapital	5 % i netto-vinst-andel
29	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
24	XXX	XXX	XXX	XXX	
16	XXX	XXX	XXX		
14	XXX	XXX			
11	XXX				

Källa: SIND 1980:2

tabiliteten är då i medeltal över 14 à 15 procent. Arbetsställen inom verkstadsindustrin med bruttovinstandelar över 50 procent kan därför sägas ha *hög lönsamhet.*

- Det finns också anledning att tala om arbetsställen inom verkstadsindustrin med låga nettovinster. Detta motsvarar arbetsställen där nettovinstandelen är mindre än 5 procent och följaktligen bruttovinstandelen mindre än 30 procent. I dessa arbetsställen är nettoräntabiliteten lägre än 2 à 3 procent och som regel negativ.

Under perioden 1969–1977 har verkstadsindustrins (exklusive varv) nettovinstandel uppgått till i medeltal 12 procent. I nedanstående tabell belyses nettovinstkvotens utveckling i verkstadsindustrins delbranscher.

I genomsnitt har, som tidigare sagts, transportmedelsindustrin (exklusive varv) haft den högsta nettovinstandelen på 14 procent, därefter följer elektroindustrin med 12 procent, metallvaruindustrin med 11 procent, maskinindustrin med 9 procent och slutligen varvsindustrin med -4 procent.

Konjunkturnedgången efter 1974 har haft klart störst konsekvenser för maskinindustrin. "Bakom" ovanstående nettovinstandelar som är medelvärden innefattas arbetsställen med nettovinstandelar från 70 procent till arbetsställen med bruttoförluster som är större än 50 procent av förädlingsvärdet. Med det schema som införts för analys av verkstadsindustrins lönsamhet kan vi sammanfatta sysselsättningen i olika delbranscher och lönsamhetsklasser enligt tabell 2.42

Elektroindustrin har haft den största sysselsättningskoncentrationen till såväl enheter med hög lönsamhet som enheter med minimal lönsamhet och negativa bruttovinster. Därför kan man påstå att elektroindustrin haft det mest splittrade lönsamhetsmönstret. Maskinindustrin har framför allt en mycket låg sysselsättning och produktionskapacitet i enheter med höga vinstandelar.

Inom verkstadsindustrin är minimal lönsamhet med bruttovinstandelar lägre än 10 procent en klar indikation på att stora förändringar i verksamheten är nödvändiga om denna skall kunna drivas vidare. Förändringarna kan t ex avse modernisering av produktionskapitalet, förbättrad marknadsanpassning av produktprogrammet, förbättrad marknadsorganisation samt intern organisation. Att det ofta kan röra sig om betydande förändringar illustreras bl a av att arbetsställen som fallit till lönsamhetsgränsen för avveckling generellt sett visar en mycket låg sannolikhet att

Tabell 2.41 Nettovinstandelens utveckling i verkstadsindustrins delbranscher. Andelar i procent av förädlingsvärdet enligt industristatistiken

Delbransch	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Metallvaruindustri	11	12	13	12	13	15	14	10	8
Maskinindustri	15	9	9	11	9	13	7	6	0
Elektroindustri	8	4	9	12	12	18	19	14	11
Transportmedelsindustri	14	7	11	15	17	20	13	15	13
Varv	–14	–19	–17	–10	6	3	4	8	5

Källa: SIND 1980:2.

Tabell 2.42 Andel sysselsatta i verkstadsindustri i olika lönsamhetsklasser av varje delbranschs totala sysselsättning. Genomsnitt 1969–1977, %

Sysselsatta i arbetsställen med	Transport-medelsind	Elektro-industri	Metall-varuind	Maskin-industri
Låga nettovinster	45	52	51	53
Låg lönsamhet	27	44	31	33
Minimal lönsamhet	14	29	17	19
Negativa bruttovinster	10	15	11	11
Hög lönsamhet	22	25	15	11

Förklaring:
Minimal lönsamhet = bruttovinstandel mindre än 10 %.
Låg lönsamhet = bruttovinstandel mindre än 20 %.
Låg nettovinst = bruttovinstandel mindre än 30 %.
Källa: SIND 1980:2.

senare nå hög lönsamhet med en bruttovinstandel större än 50 procent. I nedanstående tabell redovisas övergångsandelar från minimal till hög lönsamhet i olika delar av verkstadsindustrin under 1970 talet. Frekvenserna är uttryckta som övergångssannolikheter för arbetsställen och sysselsättning.

Förenklat kan man tolka dessa siffror så att arbetsställen som hamnat i minimal lönsamhet under ett år bara har 3 procents sannolikhet att nå hög lönsamhet året därpå.

Huvuddelen av den verkstadsproduktion som uppvisar dålig lönsamhet förblir olönsamma eller avvecklas. Detta kan bl a illustreras av att frekvensen av arbetsställen som blir kvar i minimal lönsamhet från ett år till året därpå är större än 50 procent.

Mellan 50 och 65 procent av de arbetsställen inom samtliga verkstadsbranscher som hamnat i ett uppenbart avvecklingsläge lyckas således inte ta sig ur denna risksituation under påföljande år.

Stabiliteten i vinstsituationen för olika verkstadsbranscher kan också analyseras på ett mer ingående sätt. Från en sådan analys kan följande slutsatser dras:

Tabell 2.43 Övergångsfrekvenser från minimal till hög lönsamhet inom verkstadsindustrin. Genomsnitt för perioden 1970–1977, %

Delbransch	Övergångsfrekvens för	
	Arbetsställen	Sysselsättning
Metallvaruindustri	3	5
Maskinindustri	3	3
Elektroindustri	3	4
Transportmedelsindustri	3	3
Varv och båtbyggerier	8	5

Källa: SIND 1980:2.

Tabell 2.44 Frekvens av "kvarstannande" i minimal lönsamhet från ett år till året därpå i olika delar av verkstadsindustrin. Genomsnitt för perioden 1970–1977, %

Delbransch	"Kvarstannandefrekvens"	
	Arbetsställen	Sysselsättning
Transportmedelsindustri	64	57
Elektroindustri	63	59
Maskinindustri	56	56
Varv och båtbyggerier	54	67
Metallvaruindustri	52	49

Källa: SIND 1980:2.

- Under 1970-talet har transportmedelsindustrin haft den största stabiliteten, d v s den lägsta frekvensen av vinstförändringar. Inom transportmedelsindustrin har således förnyelseinvesteringar och åldrandeprocesser balanserat varandra så att arbetsställen blivit kvar i samma vinstposition år från år.
- Maskinindustrin har uppvisat den största frekvensen av lönsamhetsförändringar bland den grupp av arbetsställen som haft en nettovinstandel större än 5 procent. För dessa arbetsställen har instabiliteten varit sammankopplad med en gradvis förskjutning nedåt på vinstskalan.
- Elektroindustrin har under samma period haft den största instabiliteten bland enheter där nettovinstandelen understigit 5 procent. Det betyder att vinstförändringarna varit stora bland enheter med lönsamhetsproblem, och dessa förändringar innefattar också vinstförbättringar. Det skall jämföras med maskinindustrin som haft instabilitet i enheter med jämförelsevis stora vinster och en liten förändringsbenägenhet bland enheter med lönsamhetsproblem.

I tabellen 2.45 redovisas fördelning av antalet sysselsatta i arbetsställen med *minimal lönsamhet* i en korsklassificering över landsdelar och branscher. Den regionala indelningen framgår av figur 2.1. Bortser man från varvsin-

Tabell 2.45 Procentuell fördelning över landsdelar och delbranscher av antalet sysselsatta i arbetsställen med minimal (bruttovinstandel < 10 %) lönsamhet. Genomsnitt för perioden 1969–1977

Landsdel	Metall-varuind	Maskin-industri	Elektro-industri	Transport-medelsind (exkl varv)	Summa lands-del
Östsverige	6	10	13	3	32
Sydöstsverige	3	3	1	1	8
Sydsverige	2	6	0	1	9
Västsverige	4	7	1	7	19
Mellansverige	4	8	12	2	26
Norra Sverige	1	3	1	1	6
Summa delbransch	20	37	28	15	100

Källa: SIND 1980:2.

dustrin har verkstadsindustrin i genomsnitt haft 75 000 sysselsatta i denna kategori under 1970-talet.

Därvid framgår att nära en tredjedel av verkstadsindustrins arbetsställen med minimal lönsamhet under perioden återfinns i Östsverige och en fjärdedel i Mellansverige. Maskinindustrin svarar för den största delen, följd av elektroindustrin.

Figur 2.1 Den procentuella fördelningen av verkstadsindustrins sysselsättning på landsdelar år 1977.

Källa: SIND 1980:2.

II Definitioner

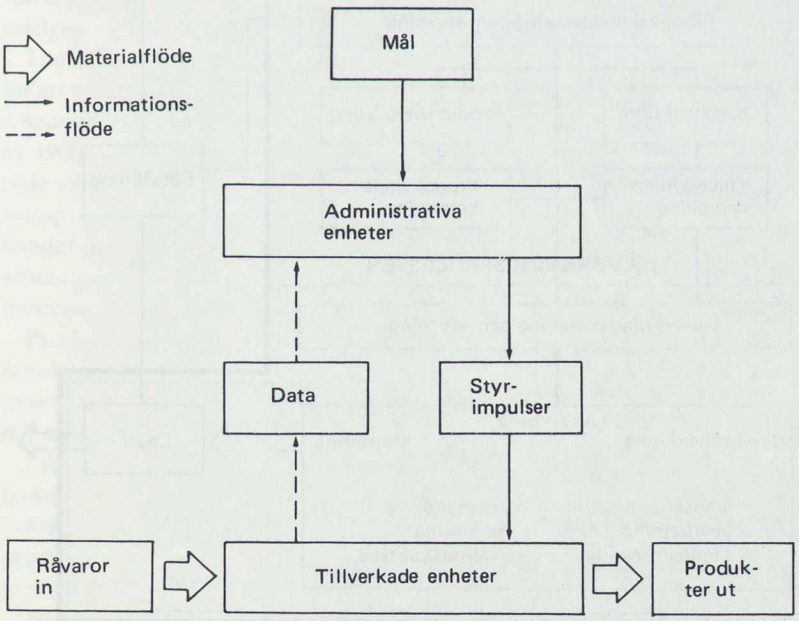
3 Produktionsprocessen inom verkstadsindustrin – översiktlig genomgång och definitioner

3.1 Verkstadsföretaget som produktionssystem

3.1.1 *En företagsmodell*

Mycket förenklat kan man tänka sig att företaget som produktionssystem består av två delsystem; ett materialförädlingssystem och ett informationssystem. I *materialförädlingssystemet* omvandlas en råvara till en färdig produkt. Detta sker genom en serie fysiska operationer, exempelvis bearbetning och montering. Vill man uttrycka detta i modelltermer kan man säga att materialförädlingssystem består av tillverkande enheter som står i samband med varandra genom *materialflödet.*

Informationssystemet, som kan liknas vid produktionsprocessens nervsystem, delger beslutsunderlag till de personer som på olika nivåer i företaget styr och övervakar materialförädlingsprocessen. I motsatt riktning förmedlar



Figur 3.1 Enkel modell över ett tillverkande företag.

Källa: Lumsden, K R, "Teknologisk produktionsstyrning", Lund 1975.

informationssystemet order till de tillverkande enheterna. Med modellterminologi talar man här om administrativa enheter och *informationsflöde*.

Betecknande för en tillverkande enhet är att den mottager material och information (styrimpulser) och avger material och information (data). En administrativ enhet sysslar däremot enbart med informationsflöde.

Vidare krävs att *företagets mål* skall ha klargjorts. För att medge en effektiv styrning erfordras att målet (eller målen) definierats så att graden av måluppfyllelse kan mätas.

3.1.2 *En modell över produktionsprocessen*

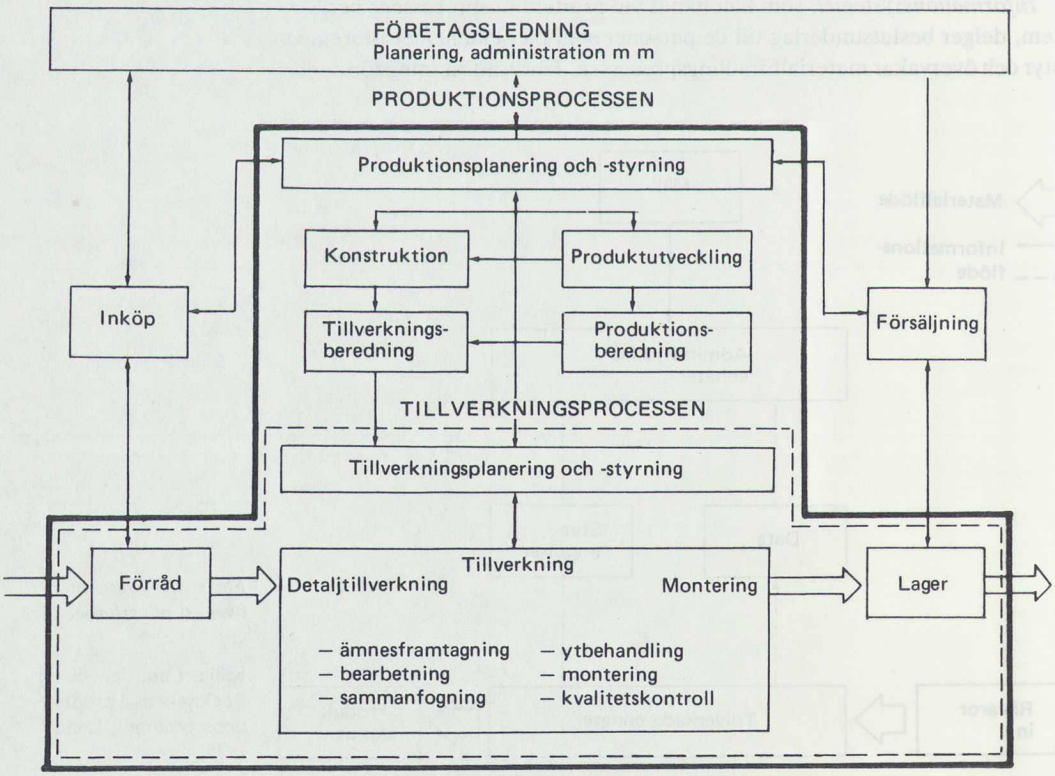
I figuren 3.2 visas schematiskt de olika funktioner som brukar innefattas i produktionsprocessen.

Sammanfattningsvis kan man säga att produktionsprocessen består av följande *operativa* delprocesser:

- konstruktion
- tillverkningsberedning
- förråd
- tillverkning
- lager.

Figur 3.2 Produktionsprocessen i ett verkstadsföretag.

Källa: DEK.



Vidare finns följande *innovativa* delprocesser:

- produktutveckling
- produktionsberedning.

Slutligen finns delprocesser för *styrning och planering:*

- produktionsplanering och -styrning
- tillverkningsplanering och -styrning.

Produktionsstyrningen håller samman hela produktionsprocessen genom att styra informationsflödet och koordinera produktionen med företagets övriga verksamheter. *Tillverkningsstyrningen* håller ihop tillverkningsprocessen genom att styra materialflödet mellan förråd, tillverkande enheter och lager, och koordinerar tillverkningen med produktionsprocessen i övrigt. (Denna funktion motsvarar det som allmänt har beteckningen material- och produktionsstyrning, MPS).

3.2 Organisationsprinciper

3.2.1 *Produktionsvolymens betydelse*

Produktionsvolymens storlek, mätt som antalet tillverkade enheter är traditionellt en viktig faktor vid valet av tillverkningsorganisation. I den följande diskussionen skall uppdelning göras mellan liten respektive stor produktionsvolym. Exempel på små produktionsvolymer återfinns inom *hantverket,* den ursprungliga tillverkningsformen. I dess generaliserade form utförs de olika arbetsmomenten i tillverkningsprocessen i en följd och av en och samma person. Vidare kännetecknas hantverket av i huvudsak manuella tillverkningsmetoder. Anledning härtill är att produktionsvolymen inte medger tillräcklig beläggning för ett lönsamt maskinutnyttjande.

I och med att antalet tillverkade enheter ökar, förändras förutsättningarna för att tillämpa maskinella tillverkningsmetoder istället för manuella sådana. *Löpande bandet* är ett exempel på detta. Löpande bandet åstadkom i början av 1900- talet en enorm produktivitetsökning. Tillverkning av standardiserade varor i långa serier möjliggör investeringar i dyra specialmaskiner och transportanordningar. Till skillnad från hantverket kombineras löpande bandet med en långtgående uppdelning av tillverkningsprocessen i enskilda arbetsoperationer där varje arbetare specialiseras på att utföra några få arbetsmoment.

Produktionsstyrsystemet utformas i samband med projekteringen av fabriken. Stora krav ställs på den tidsmässiga planeringen av de olika arbetsoperationerna. Det löpande planeringsarbetet är dock förenklat och har karaktär av rutinarbete.

Löpande bandet kännetecknas av låg flexibilitet. Bandet flyttar arbetstyckena runt i samma takt och det finns små möjligheter att utnyttja eventuell överkapacitet vid några stationer. Vidare är det mycket känsligt för produktionsstörningar varför man väl kan tillämpa ordspråket att kedjan inte är starkare än dess svagaste länk.

När de olika arbetsmomenten i en tillverkningsprocess utförs i en följd,

brukar man tala om "flödesinriktad tillverkningsorganisation". Såväl tillverkning i hantverksmässiga former som vid löpande band kan inräknas häri.

På grund av marknadsförhållanden saknas för många produkter ofta möjligheter att expandera tillverkningsvolymen i sådan utsträckning att löpandebandtillverkning är möjlig. Marknadsstorleken är inte tillräcklig, d v s antalet efterfrågande enheter är för litet. Härav skulle följa att maskinella tillverkningsmetoder inte var möjliga på grund av bristande lönsamhet. Genom att sammanföra tillverkning av flera lågvolymprodukter har dock förutsättningar för att ersätta manuella metoder med maskinella sådana skapats. Man brukar härvid tala om företag med *blandad tillverkning*.

Organisationen av produktionen i företag med blandad tillverkning skiljer sig kraftigt från löpandebandtillverkningen. Vid blandad tillverkning är produktionen mer eller mindre diversifierad med varierande serielängder ner till enstyckstillverkning. Den s k *funktionella organisationen* har vid blandad tillverkning betraktats som en minst lika självklar lösning som någonsin det löpande bandet för storserieproduktion.

En funktionell organisation kännetecknas av att alla maskiner med viss funktion är samlade i maskingrupper eller avdelningar, svarvar för sig, fräsar för sig etc. Tillverkningsorderna går sedan kors och tvärs mellan dessa. Motivet är även här att genom specialisering göra rationaliseringsvinster. De anställda kan utbildas för vissa operationer. Vidare är det viktigt att man genom den funktionella maskinuppställningen kan hålla en hög beläggning av varje maskin.

Planeringsarbetet vid blandad tillverkning blir vanligen komplicerat med trånga sektioner, köproblem och prioriteringsavgöranden. En funktionell verkstad kräver därför stor planeringskapacitet och tillverkningen - framför allt i större verkstäder - blir mycket svåröverblickbar. P g a materialförseningar, maskinhaverier, frånvaro m m blir tidsplanerna oftast snabbt inaktuella. Resultatet blir bl a långa genomloppstider.

3.2.2 *Förändrad organisation vid blandad tillverkning*

I den blandade tillverkningen medför det komplicerade planeringsarbetet långa genomloppstider och därmed också långa leveranstider. Detta leder i sin tur till att en betydande del av det i företagen arbetande kapitalet binds upp i varulager och produkter i arbete (se avsnitt 2.6.2). Härigenom har incitament skapats till att utveckla nya organisationsformer. Gemensamt för dessa är att de försöker tillämpa principerna för flödesinriktad tillverkning även vid blandad tillverkning.

Man skiljer mellan tre former av flödesinriktning vid blandad tillverkning: Satsning på grupparbete i s k *flödesgrupper,* uppspaltning i *produktverkstäder* och *divisionalisering*. Den grundläggande skillanden jämfört med traditionella metoder är att de nya tillverkningsprinciperna inte längre bygger på en långt driven specialisering. I stället försöker man bättre hålla samman materialflödet genom att bygga upp produktionsgrupper med utrustning för att göra färdigt ett halvfabrikat, en produkt eller en monteringsfärdig detalj.

I en *flödesgrupp* ställs nödvändig utrustning samman för att färdigställa likartade detaljer och ett arbetslag betjänar maskinerna. Antalet personer i arbetslaget är oftast mindre än antalet arbetsplatser. Gruppmedlemmarna flyttar mellan arbetsplatserna så att ingen ansamling av gods sker någonstans utan att detta snabbt kan passera gruppen. Genomströmningshastigheten bestäms och begränsas av den dyraste maskinen som i stort sett kräver ständig passning. Övriga maskiner står däremot tidvis outnyttjade. I stället för att som tidigare låta produkter i arbete vänta framför maskinerna, låter man de billigare maskinerna vänta på produkter i arbete.

En av de främsta fördelarna med flödesgrupper är att produkternas genomloppstid drastiskt kan minskas och att kapital därmed frigörs. De potentiella vinsterna ökar desto högre detaljernas volymvärde är och i desto flera varianter de förekommer.

En *produktverkstad* är en förhållandevis liten enhet inom ett företag med kompletta resurser för att tillverka en viss produkttyp med varianter eller ett visst storleksintervall av en produkt[1]. Produktverkstaden förses med en egen adminstration såsom planerare, produktionstekniker samt ibland även med konstruktörer och försäljare. Flertalet personer inom varje kunskapsområde blir härigenom litet, men de får vid behov stöd från respektive central avdelning. De centrala avdelningarna avlastas därmed löpande uppgifter och kan i större utsträckning ägna sig åt utvecklingsprojekt.

Fördelarna består i likhet med flödesgrupperna av ett snabbare materialflöde och därmed lägre kapitalbinding i produkter i arbete. Samordningen förbättras genom ökad överblickbarhet och lägre administrativ tröghet.

Av äldre märke är *divisionaliseringen*. Orsakerna till uppdelning i produktdivisioner har oftast varit en önskan att få enklare organisation och en bättre ekonomisk kontroll. Funktioner som försäljning, utveckling, konstruktion, planering m fl har delats upp på olika produkter eller produktgrupper, men man har ofta gjort halt vid produktionen.

3.2.3 *Gruppteknologi*

I industrier med blandad tillverkning är som nämnts konstruktionsarbetet, produktionsberedningen och produktionsplaneringen vanligen mycket resurskrävande, tidsödande och svåröverblickbar. Genomförandet av flödesinriktad tillverkningsorganisation har därför krävt nya lösningar på dessa områden.

Gruppteknologin är en metod för systematisk gruppering av företagets detaljflora, som syftar till att minska problemen i ovanstående avseende. Detaljerna kodas redan vid konstruktionsstadiet, d v s klassificeras med hjälp av en sifferkod, som ger upplysning om t ex detaljens funktion, form, material, bearbetningsgång och toleranser.

Med gruppteknologi kan i *konstruktions- och beredningsarbetet* onödigt dubbelarbete undanröjas genom att konstruktören snabbt kan tillgodogöra sig information om tidigare konstruerade detaljer. Indirekt medför detta en reduktion av detaljsortimentet, vilket ofta är ett av huvudsyftena. *Tillverkningsekonomin* kan förbättras genom kortare ställ- och bearbetningstider, om flera detaljer i en processfamilj tillverkas i serie.

Gruppteknologins användningsområde begränsas dock till att detaljer kan

[1] Den bilagda fallstudien från ASEA ger exempel på produktverkstad.

systematiseras i processfamiljer. Flertalet av dessa har ofta lågt förädlingsvärde och är enkla att tillverka. För komplexa och kvalitetsmässigt krävande detaljer med högt förädlingsvärde är gruppteknologin mindre lyckad. Den påverkbara delen utgör därvidlag en relativt liten del av de totala tillverkningskostnaderna.

3.3 Några definitioner

De datatekniska tillämpningarna har givit upphov till ett flertal nya typer av maskiner och system och därmed också en hel rad nya begrepp. Någon enhetlig och allmänt accepterad terminologi existerar dock inte. I litteraturen är det inte ovanligt att två olika benämningar ibland kan betyda samma sak medan de i andra sammanhang kan avse delvis olika saker.

Av denna anledning kommer vi i det följande att redovisa en förteckning över olika typer av datorbaserade system och metoder samt ange vilken betydelse vi lägger i begreppen. I anslutning till systemdefinitionerna anges vilka olika typer av datorstödd (-styrd) utrustning som innefattas i systemen. En mer ingående beskrivning av de i systemen ingående utrustningarna görs dock först i kapitlen 4-9.

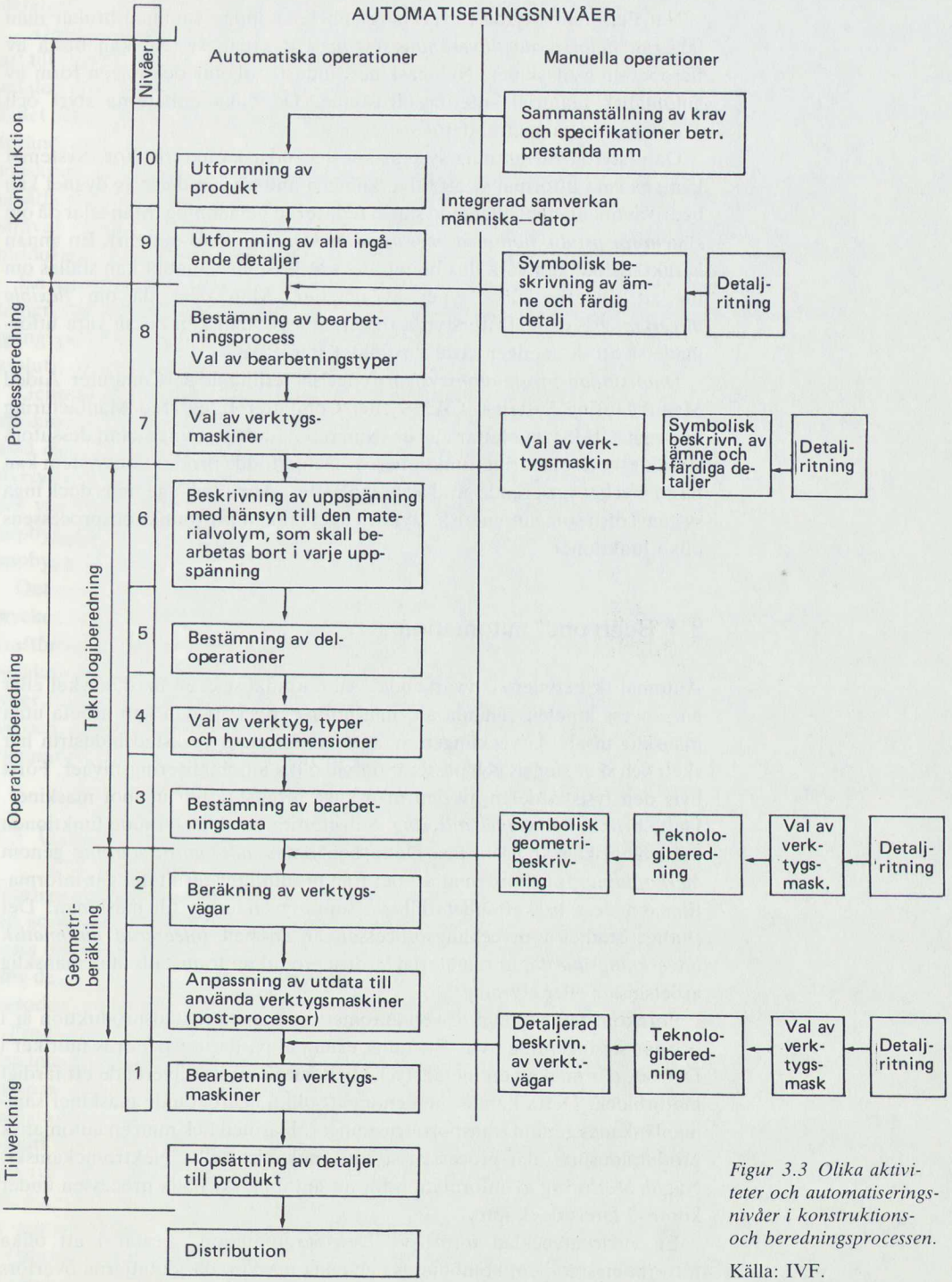
Datorstödd konstruktion (engelsk terminologi: Computer Aided Design, CAD) innebär att konstruktions-, formgivnings- och ritningsarbetet sker med hjälp av datasystem. Även simuleringar och hållfasthetsberäkningar är rutiner som kan utföras av CAD-system. I kapitel 5 redovisas olika typer av CAD-system, deras ingående enheter samt de tillämpningar systemen kan användas för.

Datorstödd tillverkningsberedning (engelsk terminologi: Computer Aided Manufacturing, CAM) är ett begrepp som stort sett innefattar alla de arbetsmoment som ligger mellan konstruktionsarbete å ena sida och bearbetningen i verktygsmaskiner (d v s tillverkningen) å andra sidan. Exempel på sådana arbetsmoment är: Val av bearbetningsprocess, verktygsmaskiner och verktyg; beräkning av verktygsvägar, programmering av verktygsmaskiner m m. Av figur 3.3 framgår de funktioner som innefattas i konstruktions- och beredningsprocesserna.

Den utrustning som ingår i CAM-system kan ha mycket varierande sammansättning och komplexitet; från enkla bordsdatorer för t ex generering av verktygsvägar till mycket komplicerade system som automatiserar nästa hela beredningsprocessen.

Datorstödd konstruktion och beredning, CAD/CAM. Med CAD/CAM menas datorbaserade system där konstruktion och tillverkningsberedningen har integrerats.

Datorstyrd tillverkning. Härmed avses att själva tillverkningsprocessen; maskinbearbetningen, monteringen m m styrs av ett datasystem. Det förekommer att begreppet datorstyrd tillverkning används synonymt med CAM. I Sverige har man dock gjort en klar distinktion mellan dess begrepp. Den utrustning som innefattas i begreppet datorstyrd tillverkningsutrustning är främst numeriskt styrda verktygsmaskiner (NC-maskiner), industrirobotar, datorstyrda monteringsautomater, mätmaskiner, transportutrustning m m. Dessa slag av utrustning redovisas i kapitel 6-9.



Figur 3.3 Olika aktiviteter och automatiseringsnivåer i konstruktions- och beredningsprocessen.

Källa: IVF.

När flera datorstyrda tillverkningsenheter kopplas samman brukar man tala om *datorstyrda tillverkningssystem.* Ett sådan system kan bestå av fleroperationsmaskiner, NC-maskiner, industrirobotar och någon form av automatisk materialhanteringsutrustning. De olika enheterna styrs och övervakas av en central dator.

Datorstyrda tillverkningssystem kan ha olika karaktäristikor. Systemet kan t ex vara utformat så att tillverkningen under vissa delar av dygnet kan bedrivas obemannat eller med starkt reducerad bemanning. Man talar då om *system för produktion med begränsad bemanning* (PBB-system). En annan karaktäristika kan vara flexibilitet, d v s att systemet snabbt kan ställas om för att tillverka olika typer av detaljer. Man talar då om *flexibla tillverkningssystem.* Datorstyrda tillverkningssystem kan också vara utformade så att de medger såväl flexibilitet som PBB.

Datorstödda produktionssystem (engelsk terminologi: Computer Aided Manufacturing Systems, CAMS eller Computer Integrated Manfacturing Systems, CIMS) innefattar alla de ovan redovisade systemen samt dessutom styrnings- och planeringsfunktionerna. Datorstödda produktionssystem kan ha en mycket varierande grad av komplexitet. Ännu så länge finns dock inga system i drift som automatiskt styr och övervakar alla produktionsprocessens olika funktioner.

3.4 Begreppet automation

Automatisk betyder självverkande. Att automatisera en maskincykel eller en process innebär sålunda att man utför den så att den kan arbeta utan mänsklig insats. Utvecklingen av automation inom verkstadsindustrin har skett och sker stegvis och passerar därvid olika automatiseringsnivåer. Först byts den fysiska delen av den mänskliga arbetskraften ut mot maskiner. Detta brukar kallas *mekanisering.* Substitution av den styrande funktionen hos människan är nästa fas. Detta benämnes *automatisk styrning* genom *återkoppling.* Innebörden är att det från produktionsresultatet går information om dess beskaffenhet tillbaka som styrunderlag till maskinen. Det slutliga stadiet i utvecklingsprocessen är en helt *integrerad automatisk tillverkningsline* där ur råmaterial färdiga produkter framställs utan mänsklig arbetsinsats eller styrning.

Förekomsten av långt driven automation inom verkstadsproduktion är i och för sig ingenting nytt. Ett tidigt exempel på detta var Fords fabriker i Detroit, där man av ett metallstycke helt automatiskt tillverkade ett färdigt motorblock. Detta kunde ske genom att olika bearbetande maskiner sammanlänkades genom transportutrustningar. Härmed fick man en automatisk produktionsline, där processen styrdes mekaniskt eller elektromekaniskt. Någon återföring av information för att automatiskt hålla processen under kontroll fanns dock inte.

En vidareutvecklad form av "Detroitautomation" består i att olika tillverkningsmoment kombineras i en enda maskin, där detaljerna överförs från station till station inom maskinen. Denna enmaskintyp kallas *transfermaskin* och kan både vara relativt enkel och mycket komplicerad. Den kan vidare konstrueras för att hantera såväl mycket stora som mycket små

detaljer i varierande slag av bearbetning.

"Detroitautomationen" representerar s k *fast automatik* med vilket menas att tillverkningsutrustningen utformas för en speciell produkt eller detalj och att den inte omedelbart kan användas för någonting annat. Detta är särskilt fallet för transfermaskinen som är att betrakta som en specialmaskin. Vid förändrad tillverkning krävs ofta ett betydande omställningsarbete. För vissa maskiner kan detta ställa sig så pass kostsamt att de istället utrangeras och ersätts med nykonstruerade. För att underlätta omställningsarbetet har man strävat efter att bygga transfermaskiner av standardiserade element (= moduler).

En viktig roll i utvecklingen av automatiserade processer svarar styrsystemen för. Ett styrsystem skall kunna styra arbetet i en maskin, d v s sätta igång processen, övervaka och ändra maskinlägen under arbetets gång, avsluta arbetet, synkronisera arbetet med andra processer, etc.

Genom att ändra i styrsystemets program – omprogrammering – kan maskinen ges en alternativ arbetscykel. Styrsystemen har utvecklats i takt med den övriga tekniska utvecklingen. Det har länge funnits mekaniska styrsystem, liksom pneumatiska, hydrauliska och elektromekaniska, men det var först kring 1973/74 som styrsystemen blev datorbaserade, d v s uppbyggda av mikro- eller minidatorer. Under 1960-talet var styrsystemen uppbyggda av transistorer och reläer.

Det nya med datorbaserade styrsystem är att styrfunktionen för maskinen mycket lätt kan omprogrammeras. Datorn möjliggör användandet av mera kraftfulla och komplicerade styrfunktioner. Styrsystemet har nu fått beräkningskapacitet, samtidigt som prisnivån har sjunkit jämfört med äldre typer. Själva omställningsarbetet har kunnat reduceras till ett minimum av tid och arbete, varför denna typ av automation brukar kallas för *flexibel automatik*.

3.5 Utredningens avgränsningar

Föreliggande delutredning behandlar endast de delar av produktionsprocessen som avser konstruktion, tillverkningsberedning och tillverkning. För dessa delprocesser kommer redovisningen främst att avse i vilken utsträckning delprocesserna har eller kommer att automatiseras med datorbaserade metoder.

Produktionsprocessen kan emellertid effektiviseras även med metoder som inte nödvändigtvis behöver vara datorbaserade. Som exempel härpå kan nämnas de nya metoder för att organisera tillverkningen som svensk verkstadsindustri utvecklat under det senaste decenniet, för vilka redogjorts i avsnitt 3.2.

Användningen av datatekniska hjälpmedel för att automatisera styrning och planering behandlas översiktligt i kapitel 4. Någon mer ingående analys av och prognos över sådana system görs dock inte i denna delutredning.

Områden som inte alls behandlas i den här utredningen är datateknikens användning för administrativa funktioner samt ekonomi- och finansfunktioner, d v s områden som brukar benämnas ADB och kontorsautomation. Att dessa tillämpningar ej behandlats här, trots att de värdemässigt utgör den

största delen av de totala datainvesteringarna, förklaras av att tillämpningarna är relativt generella. ADB-rutiner inom verkstadsindustrin avviker inte markant från motsvarande rutiner inom övrig tillverkningsindustri, varuhandel, samfärdsel m m. Kommittén har därför valt att senare studera ADB-användningen i en särskild utredning.

4 Datorbaserade system för planering och styrning av produktionen

4.1 Inledning

I kapitel 3, figur 3.2, visades en skiss över produktionsprocessen i ett verkstadsföretag. För att hålla samman och koordinera de olika funktionerna som ingår i produktionsprocessen finns det alltid något mer eller mindre formaliserat produktionsplaneringssystem. Detta behöver nödvändigtvis inte vara datorbaserat men numera torde alla stora verkstadsföretag och i ökad utsträckning även mindre och medelstora företag tillämpa produktionsplaneringssystem där några eller flera av rutinerna är datoriserade.

Datorbaserade produktionsplaneringssystem, eller *system för material- och produktionsstyrning*, MPS, som de vanligtvis kallas, har med hänsyn till maskin- och programvaruppsättning mer karaktären av traditionella ADB-system än datorstyrda tillverkningssystem. MPS-systemen är vanligtvis uppbyggda kring samma maskinvaruuppsättning som de adminstrativt inriktade systemen. Även programvarumässigt föreligger stora likheter mellan ADB- och MPS-system. Båda systemen hanterar, bearbetar och sammanställer stora informationsmängder. De informationsbehandlande organen i ett tillverkningssystem har däremot som främsta uppgift att styra och reglera mekaniska förlopp.

I föreliggande delutredning redovisas endast verkstadsindustrins användning av utrustning för datorstödd konstruktion och tillverkning. Användningen av MPS-system kommer att behandlas mer ingående i samband med delutredningar avseende datorbaserade administrativa tillämpningar. För att ändock ge en grov bild av sambandet mellan datorstyrda tillverkningssystem och MPS-system å ena sidan samt mellan dessa och den totala datoranvändningen å andra sidan redovisas i avsnitt 4.2 en översikt av verkstadsindustrins totala ADB-användning samt i 4.3 en beskrivning av funktionerna i MPS-system.

4.2 Verkstadsindustrins ADB-användning

I verkstadsindustrin liksom inom övriga delar av tillverkningsindustrin används datorer för följande sju huvudområden.

1. Strategisk planering
   Omvärldsanalyser, resultatuppföljning samt prognos- och planeringsmodeller för företaget eller hela koncernen.

2. Marknadsföring och distribution
   Fakturering, statistik, lagerbokföring, lagerstyrning, orderbehandling.
3. Ekonomi och finans
   Reskontra, bokföring, kostnadsuppföljning, budgetuppföljning, investeringskalkylering, finansiell planering.
4. Administration
   Personaladministration, avlöningar, texthantering.
5. Utveckling och konstruktion
   Tekniska beräkningar, datorstödd konstruktion, nätplanering.
6. Produktionsplanering
   Förrådsbokföring, "bill of material", behovsberäkning, operationsregister, verkstadsplanering, lagerstyrning.
7. Tillverkning
   Numerisk styrning, rapportering av tillverkningsdata.

Det skall framhållas att de sju huvudområdena inte motsvaras av sju olika datasystem. Ett ADB-system kan, beroende av omfattning och inriktning, innefatta rutiner från flera huvudområden.

De totala ADB-kostnaderna i Sverige kan för 1979 uppskattas till storleksordningen 15 miljarder kronor[1], varav verkstadsindustrin svarar för ca 13 % eller 2 miljarder kronor. Det totala installationsvärdet av datamaskinvaror (exkl datorstyrd tillverkningsutrustning) uppgår till ca 10 miljarder kronor, varav 1,3 miljarder i verkstadsindustrin. Under 1979 torde verkstadsindustrins investeringar i datamaskinvaror ha uppgått till storleksordningen 350 miljoner kronor.

4.3 Material- och produktionsplaneringssystem (MPS)

Merparten av verkstadsindustrins investeringar i ADB-system avser huvudområdena marknadsföring och distribution, ekonomi och finans samt administration. Dessa områden började datoriseras redan under 1960-talet. Även om vissa rutiner inom huvudområdet produktionsplanering sedan länge varit datoriserade, är det först under de senaste åren som mer övergripande system introducerats i industrin. Stora företag som Volvo, Sandvik m fl har dock använt sådana produktionsplaneringssystem under ett flertal år.

Ett system för planering och styrning av produktionsprocessen måste hantera information från praktiskt taget alla delar av företaget; inköps- och försäljningsavdelningarna, förråd, lager, verkstaden m fl. Datorbaserade produktionsplaneringssystem är därför uppbyggda kring stora databaser vars information snabbt skall kunna uppdateras och vara tillgänglig för många personer inom ett företag. Systemet bör därför arbeta i realtid och vara terminalbaserat, speciellt om företagets arbetsställen är geografiskt utspridda.

Det är först under de senaste åren som datakommunikationstekniken, databastekniken och system som kunnat beskriva olika delar av produktionsprocessen har kunnat knytas samman till mer eller mindre färdiga produktionsplaneringssystem. Detta har fått till följd att MPS-system nu har

[1] Uppskattningarna bygger på framskrivningar av de data som redovisades i SIND 1978:1, Datamarknaden inför 1980-talet.

börjat spridas också till mindre och medelstora företag. Tidigare har MPS-systemen huvudsakligen använts endast av företag som haft resurser att själva utveckla systemen.

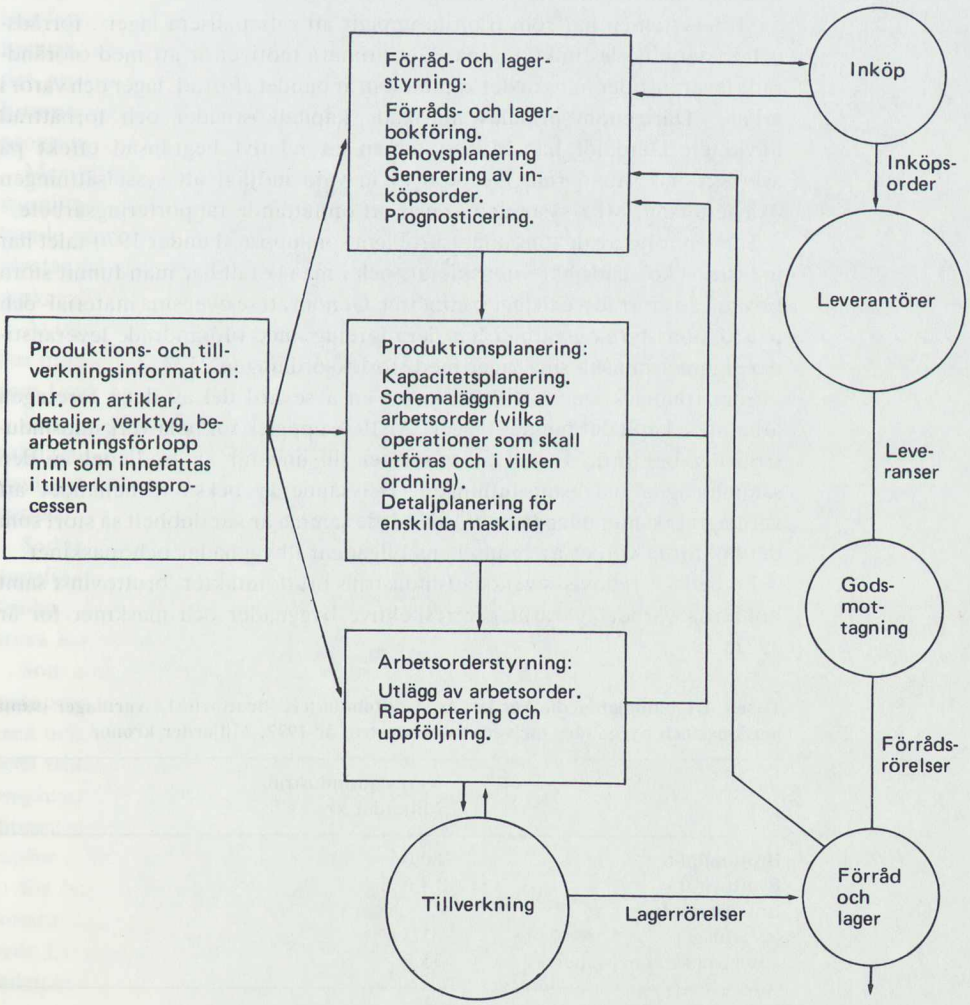
4.4 Funktioner i ett MPS-system

I figur 4.1 redovisas ett exempel på hur ett MPS-system kan vara uppbyggt.

I en särskild modul, *modulen för produktions- och tillverkningsinformation,* lagras information om alla de funktioner som ingår i tillverkningsprocessen: vilka artiklar och detaljer som ingår i en produkt, vilka detaljer som skall bearbetas; hur länge, i vilken ordning och av vilka maskiner, vilka verktyg som behövs etc.

Figur 4.1 Exempel på MPS-system.

Källa: Saab-Univac.



Förråds- och lagerstyrningsmodulen anger status i förråd och lager, genererar inköpsorder, beräknar materialbehov o s v.

I *tillverkningsplaneringsmodulen* bestäms vilka tillverkningsresurser som krävs för en viss order, vilka tillverkningsoperationer som skall utföras, i vilken ordning operationerna skall göras, hur lång tid de tar etc. Även kapacitetsberäkningar på kort och långt sikt kan göras.

Efter tillverkningsplaneringen genereras arbetsorder i *modulen för arbetsorderstyrning,* som anger vilka arbetsmoment som skall utföras, när de skall utföras, av vilka maskiner etc.

4.5 Effekter av MPS-system

MPS-system kan, som framgått ovan, innefatta ett flertal olika funktioner. Hur många av funktionerna som verkligen datoriseras beror bl a på faktorer som företagets storlek, produktionens komplexitet, seriestorlekar samt om företaget har blandad tillverkning.

MPS-systemen har som främsta uppgift att rationalisera lager-, förråds- och materialflödesfunktionerna. Det primära motivet är att med oförändrade leveranstider minska det kapital som är bundet i förråd, lager och varor i arbete. Därigenom erhålles minskade kapitalkostnader och förbättrad likviditet. Däremot har MPS-systemen en relativt begränsad effekt på arbetskraftskostnaderna. Det kan t o m vara möjligt att sysselsättningen ökar eftersom MPS-systemen kräver ett omfattande rapporteringsarbete.

Som en följd av de lönsamhetsproblem som uppstod under 1970-talet har industrins kostnadsjakt intensifierats och i många fall har man funnit stora brister i t ex förråds- och lagerrutinerna. Genom att se över sina material- och produktionsstyrningsrutiner har flera företag, med oförändrade leveranstider, kunnat minska sina lager med storleksordningen 25 %.

Som framgick i avsnitt 2.6.2 ligger en avsevärd del av det i företagen arbetande kapitalet bundet i lager. År 1978 uppgick för hela verkstadsindustrin det bokförda värdet av varulager till ungefär en tredjedel av den sammanlagda balansomslutningen. Belysande är också förhållandet att varulagrets sammanlagda bokförda värde samma år var dubbelt så stort som det bokförda värdet av branschens tillgångar i byggnader och maskiner.

I tabell 4.1 redovisas verkstadsindustrins bruttointäkter, bruttovinst samt bokförda värdet av varulager respektive byggnader och maskiner för år 1977.

Tabell 4.1 Sammanlagda värdet av bruttointäkter, bruttovinst, varulager samt maskiner och byggnader för verkstadsindustrin år 1977. Miljarder kronor

	Verkstadsindustrin Miljarder kr
Bruttointäkter	80,0
Bruttovinst	4,6
Bokfört värde av	
– Varulager	31,5
– Byggnader o maskiner	15,5

Källa: SCB.

Följande räkneexempel kan ge en uppfattning om vilka lönsamhetseffekter ett snabbare materialflöde kan ha. Antag att branschen kan placera sitt kapitel mot 15 procents avkastning. Årliga kostnaden för ett varulager av 1977 års omfattning blir därför (0,15 x 31,5 mrd kr =) 4,7 miljarder kronor, d v s ungefär lika med branschens totala bruttovinst. En minskning av varulagret med 10 procent skulle därmed ge drygt 10 procents förbättrad bruttovinst.

Nu måste det tillfogas att 1977 kännetecknades av osedvanligt låga bruttovinster och samtidigt stora lager. Även med denna reservation framgår dock med all tydlighet den rationaliseringspotential som ligger i förbättrade material- och produktionsstyrningsrutiner.

4.6 Utvecklingstendenser

Innan ett datorbaserat MPS-system installeras måste en systematisk beskrivning göras av alla de 100-tals eller 1 000-tals funktioner och samband som innefattas i produktionsprocessen. Sådana beskrivningar kan bli mycket komplicerade och ställer stora krav på produktionstekniskt kunnande hos det användande företaget. Först när produktionsprocessen har kunnat formulerats i en sådan beskrivning kan investeringar i maskin- och programvaror göras.

Mer övergripande MPS-system, som innefattar såväl förråds- och lagerstyrning som produktionsplanering och arbetsorderstyrning är i dag installerade endast hos ett fåtal stora företag, t ex Volvo, Sandvik och SKF. Dessa företag har, bortsett från maskinvaran och vissa systemprogramvaror, själva ansvarat för systemutvecklingsarbetet.

Även om mer omfattande MPS-system i dag har en relativt liten spridning har många små och medelstora företag börjat datorisera vissa MPS-rutiner som t ex lager- och förrådsredovisning.

Den relativt begränsade användningen av MPS-system förklaras huvudsakligen av frånvaron av standardsystem. Små och medelstora företag har vanligtvis haft varken kunskap eller finansiella resurser att utveckla egna system.

Sedan något år tillbaka har emellertid en rad datamaskin- och programvaruföretag börjat marknadsföra modulärt uppbyggda standardsystem (olika rutiner kan successivt integreras i systemen). Därigenom reduceras de stora kostnaderna för programvaruutveckling.

Som en följd av sjunkande (åtminstone realt sett) maskin- och programvarupriser har efterfrågan på MPS-system börjat öka kraftigt, även bland små och medelstora företag. Samtidigt har myndigheter och organisationer som statens industriverk och Mekanförbundet initierat utbildningsprogram angående användningen av MPS-system. Sannolikt är material- och produktionsstyrning den del av ADB-användningen som kommer att växa snabbast under 1980-talet.

Ett led i utvecklingsarbetet är att successivt integrera MPS-system med konstruktions- och tillverkningssystem till s k datorstödda produktionssystem. Denna hopkoppling av olika typer av delsystem är emellertid en mycket komplicerad process, bl a som en följd av att graden av direkt datorstyrning

varierar i de olika delsystemen.

I datorstyrda tillverkningssystem kan styrningen av tillverkningsprocessen ske utan en människas ingrepp. Slutprodukten av databearbetningen är en signal som t ex startar en maskin, flytter ett arbetsstycke m m.

I MPS-system är slutprodukten av databearbetningen ett beslutsunderlag eller beslutsförslag. Det är människan som ansvarar för besluten eller styrningen även om hon blir allt mer beroende av datorn. Det är endast i undantagsfall som man låter datorn generera t ex inköps- eller arbetsorder utan att en människa först har godkänt dem. Det är därför något missvisande att tala om system för material- och produktionsstyrning, även om människan och processen indirekt blir styrda. Det hade varit mer konkret att ersätta ordet "styrning" med "-stödd".

Datorns växande betydelse i produktionsprocessen kommer dock att ställa större krav på människan samtidigt som hon blir allt mer beroende av datorn för att fatta beslut.

5 Datorstödd konstruktion och tillverkningsberedning

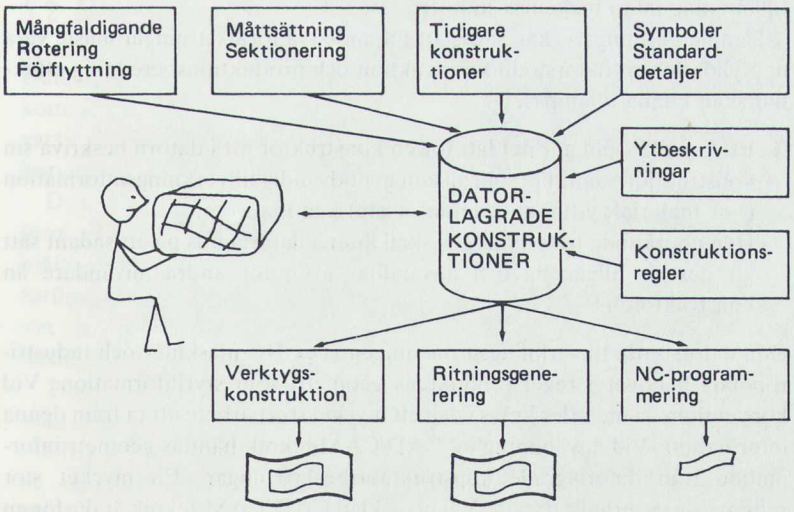
5.1 Definitioner och metoder

Med datorstödd konstruktion (CAD) och datorstödd tillverkningsberedning (CAM) avses en teknik med vilken datorer tas till hjälp för att rationalisera olika faser av konstruktions- och tillverkningsberedningsarbetet.

I de mest avancerade tillämpningarna av datorstödd konstruktion arbetar konstruktören vid en bildskärm i direkt dialog med en dator för att beskriva sin konstruktion, vilket illustreras av figur 5.1, som visar en tillämpning inom mekanisk konstruktion.

Redan under konstruktionsarbetet erhålls rationaliseringsvinster genom att konstruktören stöds av ett antal funktioner i datorn. Inom mekanisk konstruktion kan det t ex gälla följande funktioner:

- En på bildskärmen befintlig detalj kan mycket lätt mångfaldigas, roteras eller förflyttas.
- Datorn beräknar alla önskade mått och ritar ut dem på bildskärmen tillsammans med erforderliga linjer.
- Datorn ritar snabbt ut sektioner av en konstruktion.



Figur 5.1 Konstruktionsarbete vid en grafisk terminal.

Källa: Saab-Scania.

- Tidigare konstruktioner finns lagrade och kan mycket lätt hämtas fram och modifieras.
- Symboler och standarddetaljer finns lagrade och kan lätt hämtas fram och placeras på bildskärmen.
- Konstruktionsregler kan finnas lagrade och datorn kan automatiskt ta hänsyn till dem.

All den information som skapas under arbetet vid bildskärmen lagras i datorn. När konstruktionen är färdig finns det en komplett beskrivning av produktens geometri lagrad i datorn. Lagringen har skett på ett sådant sätt att efterföljande verksamheter kan använda den skapade informationen, t ex för NC-programmering och utskrift av ritning. Även i detta skede erhålls således rationaliseringsvinster. Dessa vinster är ofta betydligt större än de som görs i själva konstruktionsskedet.

Information om produktens geometri skapas således på ett enda ställe, i konstruktionskontoret, där den lagras i en central databas. Vid manuell hantering lagras geometriinformationen på en ritning. Under tillverkningsprocessen kopieras sedan denna geometri manuellt ett antal gånger till verktygsritningar, verktyg och NC-program etc. Vid CAD/CAM-processen sker ingen sådan manuell kopiering utan informationen hämtas av alla verksamheter direkt från den datalagrade geometribeskrivningen.

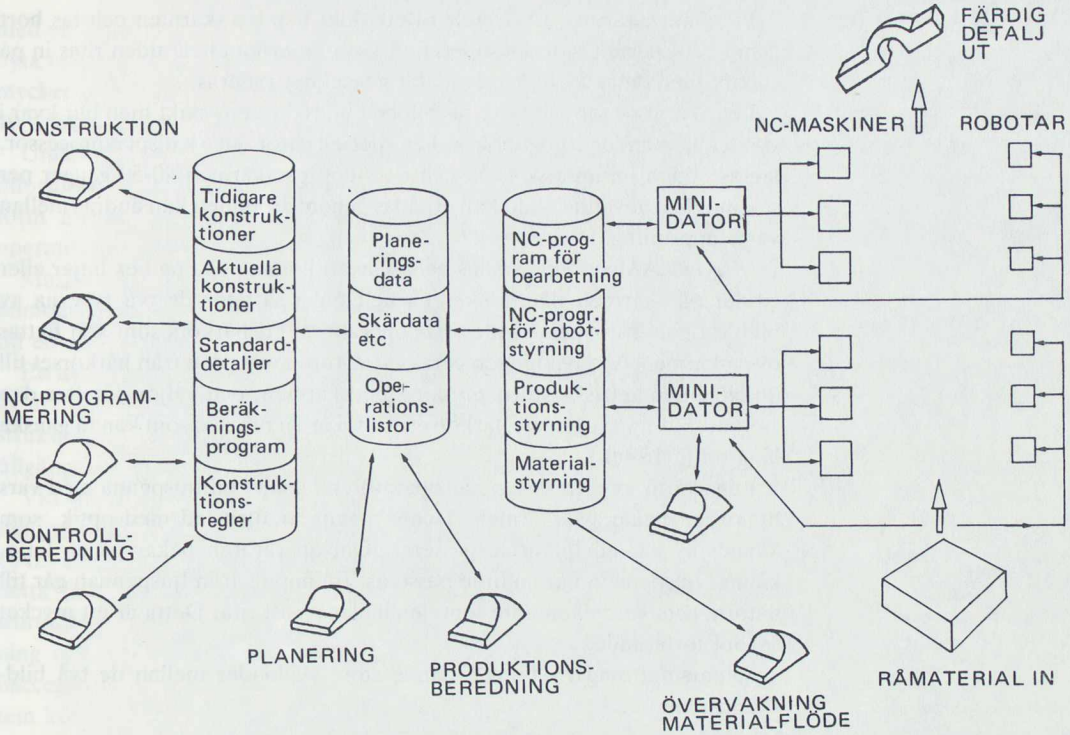
Det skall dock framhållas att i dagens CAD/CAM-system har man ännu inte infört alla av ovan nämnda funktioner. Ett omfattande utvecklingsarbete pågår dock och det dröjer sannolikt inte så länge innan systemen har nämnda karaktäristika.

I framtidens CAD/CAM-system kommer under konstruktionsprocessen också till datorn att matas in all annan för tillverkningen erforderlig information om t ex material, ytfinhet, toleranser etc. Därmed har det också skapats förutsättningar för en tidigare icke möjlig rationalisering av hela konstruktions, beredning- och tillverkningsprocessen. All datorstyrd tillverkningsutrustning kan nämligen hämta nödvändig information från den datorlagrade produktbeskrivningen vilket framgår av figur 5.2, hämtad från tillämpning inom mekanisk industri.

Sammanfattningsvis kan sägas att följande två förutsättningar måste vara uppfyllda för att datorstödd konstruktion och produktionsberedning effektivt skall kunna tillämpas:

- Ett "språk" som gör det lätt för en konstruktör att i datorn beskriva sin konstruktion samtidigt som all annan nödvändig tillverkningsinformation (t ex material, ytfinhet, toleranser etc) kan matas in.
- Den upprättade beskrivningen skall kunna datorlagras på ett sådant sätt att den är tillgänglig och användbar även för andra användare än konstruktören.

Den datorstyrda tillverkningsutrustningen (t ex NC-maskiner och industrirobotar) behöver i regel produktens geometri som styrinformation. Vid konventionella metoder krävs i dag ett mycket stort arbete att ta fram denna information. Vid användning av CAD/CAM-teknik hämtas geometriinformation från datorlagrade konstruktionsbeskrivningar. En mycket stor rationalisering erhålls därvid. Väl utvecklad CAD/CAM-teknik är därför en



Figur 5.2 Framtidens CAD/CAM-system.

Källa: Saab-Scania.

av grundförutsättningarna för ett rationellt utnyttjande av datorstyrd tillverkningsutrustning.

När det gäller programvara finns det anledning att skilja på CAD/CAM-system för elektronikindustri, mekanisk industri, byggnadsindustri samt för stadsplanering.

5.2 Maskinvara

Den del av CAD/CAM-systemens maskinvara som användaren alltid kommer i kontakt med utgörs av grafisk bildskärm, kopieringsenhet med vars hjälp man omedelbart kan få en papperskopia av bilden på bildskärmen, kurvskrivare eller ritmaskin samt utskriftsanordning av någon typ.

Den *grafiska bildskärmen* används för interaktiv[1] inmatning av indata i form av punkter, linjer och kurvor. Bildskärmen är ett mycket användbart hjälpmedel och bilden kan t ex mycket snabbt förstoras, förminskas eller förflyttas på skärmen. Vid CAD/CAM-system för mekanisk verkstadsindustri är produkten lagrad på ett sätt som tillåter att den kan visas tredimensionellt på bildskärmen och därvid godtyckligt vridas i rymden.

Två huvudtyper av bildskärmar existerar i dag, minnesskärmar respektive skärmar av s k refresh-typ.

CAD-systemets prestanda och egenskaper bestäms i hög grad av vilken typ av bildskärm som används. Nedan förklaras därför den principiella skillnaden mellan en bildskärm av refresh-typ respektive minnestyp.

[1] Interaktivt arbetssätt = arbetssätt i databehandlingssystem vid vilket en följd av frågor och svar mellan användare och system förekommer växelvis på sätt som liknar en dialog (Dataordboken, SIS Handbok 142).

På minnesskärmen ritas bilden i ett skikt i själva skärmen och tas bort genom en speciell raderingsoperation. Nya linjer kan hela tiden ritas in på skiktet men delar av bilden kan aldrig selektivt raderas.

I en skärm av refresh-typ ritas bilden i bildskärmens skikt men blir kvar i skiktet bara under ett ögonblick. I en speciell dator, en s k displayprocessor, lagras bilden i numerisk form och ritas upp på skärmen 40-50 gånger per sekund. En "levande" bild kan erhållas genom att bilden kan ändras mellan varje uppritning.

I CAD/CAM-systemen finns behov av att kunna peka på t ex linjer eller cirklar på skärmen. Detta sker på helt olika sätt för de två typerna av bildskärmar. I minnesskärmen har operatören ett hårkors som kan flyttas över skärmen. Vid pekningen beräknar datorn avstånden från hårkorset till de olika geometriska storheterna på bildskärmen, och väljer därefter den storhet som finns närmast hårkorset. Detta är en process som kan ta ganska lång tid (1-15 sek).

I en skärm av refresh-typ har operatören i stället en ljuspenna med vars hjälp han pekar på skärmen. Denna penna är utrustad med optik, som känner av när en ljusstråle passerar. Om operatören pekar på en linje, känner ljuspennan när en linje passeras. En impuls från ljuspennan går till datorn, som vet vilken linje som den håller på att rita. Detta är ett mycket snabbt förfarande.

Sammanfattningsvis finns följande stora skillnader mellan de två bildskärmstyperna:

- I en bildskärm av refresh-typ ser operatören omedelbart effekten av sin ändring. Om han vill ha en linje streckad, blir den streckad nästan omedelbart. I en minnesskärm syns inte ändringen förrän operatören begär nyritning av bilden. Detta betyder också att man på en bildskärm av refresh-typ kontinuerligt kan få produkten att vrida sig, medan man på en minnesskärm bara kan vrida den stegvis.
- Om man pekar på en bildskärm av refresh-typ får man ett nästan omedelbart svar medan det kan ta några sekunder om en minnesskärm används.

Minnesskärmen har emellertid vissa andra fördelar, den är billig, den har en lugn och stabil bild i förhållande till en refresh-skärm, man kan rita hur mycket som helst på en minnesskärm utan att den börjar flimra, vilket inte kan ske på en skärm av refresh-typ.

Kurvskrivare (en mer alldaglig benämning är "plottrar") finns av olika typer, varav här endast skall beröras några av dem.

Ofta finns det behov av en skissplotter som är direktkopplad till CAD/CAM-systemet. I regel kan man begära att få den bild som finns på bildskärmen uppritad, men man kan också lägga upp färdiga ritningar på plottern. Det är också möjligt att läsa in koordinatvärden från plottern. Plottern kan i regel också användas på precis samma sätt som bildskärmen. Man kan således peka på två punkter med hjälp av ett hårkors och be att få en linje genererad mellan punkterna.

Speciellt i bil- och flygindustrin finns det behov av mycket stora plottrar eller ritmaskiner med vars hjälp man kan göra fullskaleritningar. Dessa plottrar är i regel inte direktkopplade till datorn.

I elektronikindustrin används s k fotoplottrar. I dessa är pennorna ersatta

med en ljusstråle och man ritar i mörker på en ljuskänslig film. Genom att byta bländare erhålls olika tjocklek på linjerna. Dessa plottrar arbetar med mycket god noggrannhet men har i regel en begränsad rityta. De används för att framställa tillverkningsunderlag för tryckta kretskort.

Under arbetet vid en terminal behöver operatören ofta skriva ut numerisk information såsom koordinatvärden, derivator etc. Därför erfordras någon form av skrivutrustning kopplad till CAD-systemet på sådant sätt att operatören omedelbart erhåller de utskrifter han har begärt.

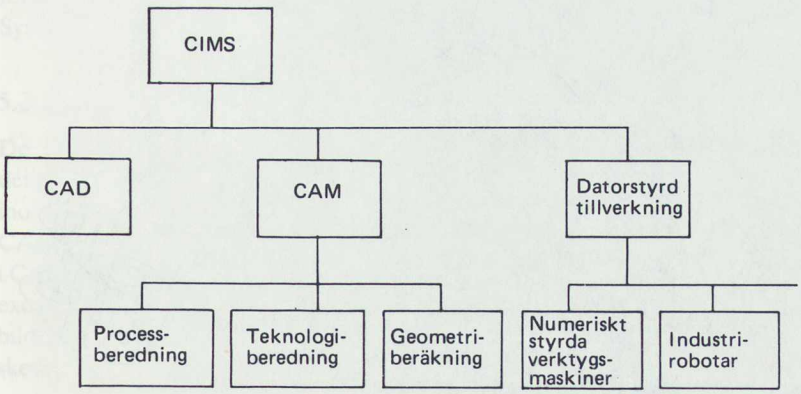
Maskinvaran i CAD-systemen kan antingen vara stora generella datorer, minidatorer eller också blandade system med minidatorer direkt kopplade till en stordator.

En av de viktigaste skillnaderna mellan mini- och stordatorsystem utgörs av att minidatorsystemen i regel är direkt underställda användaren (konstruktions-, produktionskontor etc). Användaren kan därför själv reglera tillgängliga resurser så att tillräckligt korta svarstider erhålls.

Vid ett stordatorsystem körs detta i allmänhet i företagets datacentral i samma datorer som administrativa och andra tekniska system. För att inte CAD-systemets funktion skall äventyras genom för långa svarstider krävs i detta fall garantier för att tillräckliga resurser ställs till förfogande hos stordatorn i form av t ex lämpligt operativsystem, resurser för databearbetning och minnen. Det bör inte förekomma att svarstiderna plötsligt blir oacceptabelt långa därför att t ex ett löneberäknings- eller ett planeringssystem körs parallellt.

5.3 CAD/CAM-system inom den mekaniska verkstadsindustrin

Att utveckla system som samordnat genomför de olika operationerna i konstruktions- och beredningsprocesserna är en mycket komplex uppgift, varför man i dag inriktar sig på att utveckla delsystem som kan tillämpas på olika moment. Denna uppdelning i delsystem, som senare skall kunna kopplas ihop, är en förutsättning för att utvecklingen skall kunna gå mot det integrerade systemet som illustrerades i kapitel 3, figur 3.2. Uppdelningen i olika delsystem framgår av figur 5.3.



Figur 5.3 Totalintegrerat produktionssystem uppdelat på delsystem[1].

Källa: Saab-Scania.

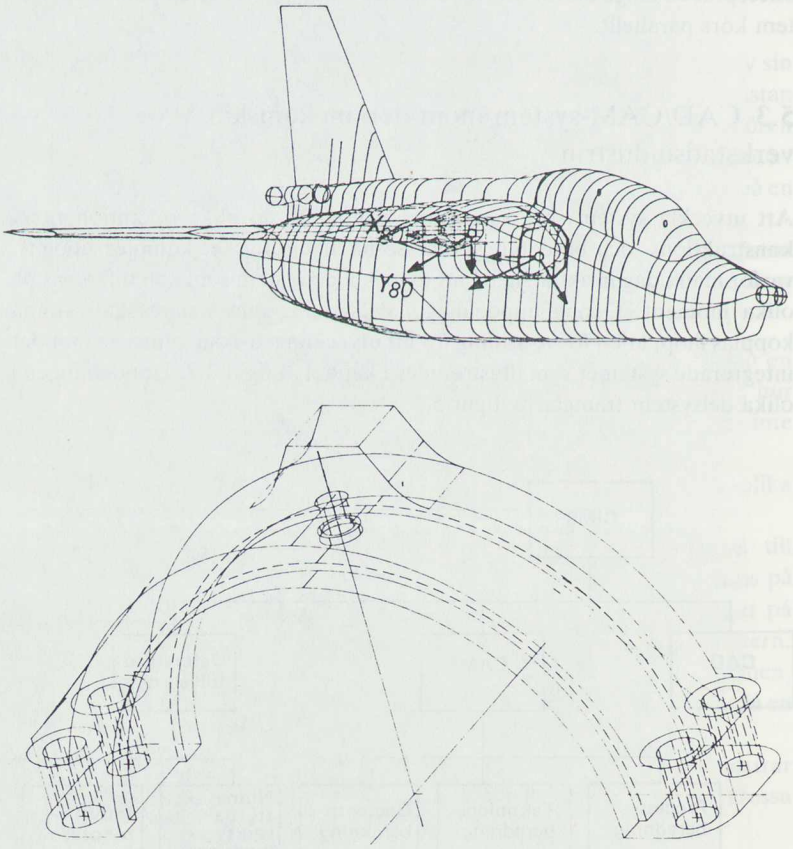
[1] Definition och förklaring av olika begrepp och förkortningar återfinns i kapitel 3.

5.3.1 *CAD*

Till skillnad från vad som gäller för elektronikindustrin kan mycket sällan standardiseringen inom den mekaniska verkstadsindustrin drivas så långt att konstruktionen kan byggas upp av standardkomponenter. Geometrin för verkstadsprodukterna är tredimensionell och ofta komplex (se figur 5.4). Vidare behöver ofta vikt, volym och masströghetsmoment hos konstruktionen kunna beräknas.

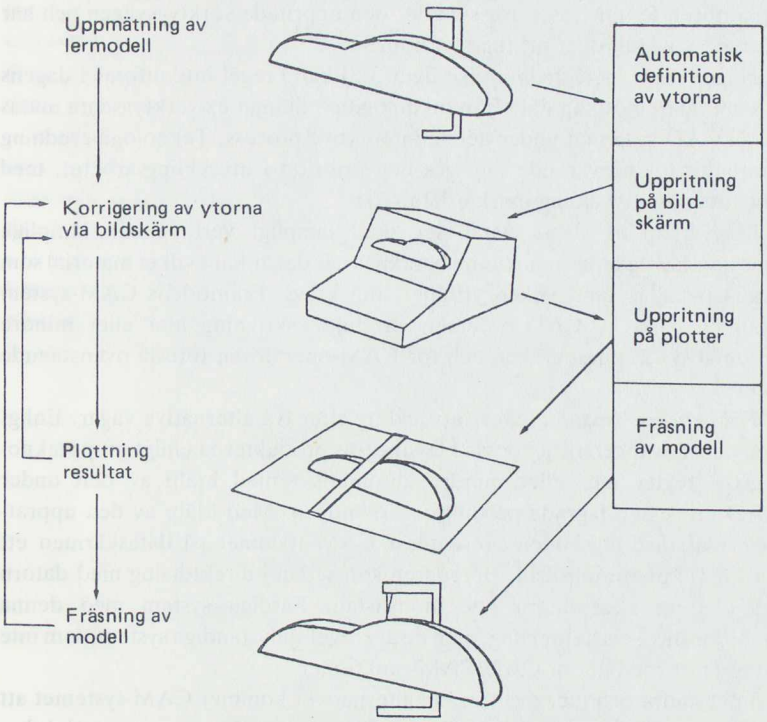
Huvudproblemet för CAD-system inom den mekaniska verkstadsindustrin är därför att kunna behandla komplex geometri. I dag finns ett antal nyckelfärdiga system som saluförs på öppna marknaden. Många av dem är ganska avancerade men inte någon av dem har tillfredsställande löst problemet att med hjälp av en smidig operatörskommunikation kunna skapa och lagra en komplex geometrisk beskrivning av en produkt, så att beskrivningen sedan kan användas som ingångsdata för diverse beräkningsprogram eller tillverkningsprocesser.

I figur 5.4 visas några exempel på konstruktioner som utförts i Saab-Scanias CAD-system.



Figur 5.4 Exempel på konstruktioner som utförts i Saab-Scanias CAD-system.

Källa: Saab-Scania.



Figur 5.5 Exempel på rationell framtagning av produkter innehållande krökta ytor.

Källa: Saab-Scania.

I de system som används i dag beskrivs produktens geometri med hjälp av kantlinjer eller trådnät som ligger i produktens ytor, samt i vissa fall av matematiska beskrivningar av ingående dubbelkrökta ytor. Däremot kan systemen ännu inte hantera tillverkningsinformation som t ex materialtyp, ytfinhet och toleranser. Likaså föreligger stora svårigheter att beräkna vikt och volym[1].

En funktion som i regel är mycket otillfredsställande löst i dagens CAD/CAM-system är beskrivning av dubbelkrökta ytor. Detta är ett problem som har mycket stor betydelse för framför allt bil-, flyg- och varvsindustrin, men också för gjuterier, plastindustrier och smidesformstillverkare. För de senare är ett av huvudkraven att modellernas geometriska form snabbt skall kunna bestämmas för att påskynda modelltillverkningen. System som medger det i figur 5.5 redovisade arbetssättet eftersträvas.

5.3.2 *CAM*

De funktioner som innefattas i CAM framgick av figur 5.3 samt mer detaljerat i figur 3.3. Av dessa funktioner har i regel *geometriberäkningen* inom produktionsberedningen mer eller mindre fullständigt införts i de CAD/CAM-system som saluförs i dag. Sedan en detaljs geometri definierats i CAD-systemet kan detaljen tas fram på bildskärmen. Verktygsbanorna för exempelvis en fräs beordras genom att startpunkten för fräsen indikeras på bildskärmen, varefter den kontur som fräsen skall följa avbildas. När detta skett beräknar systemet automatiskt verktygsvägen. På bildskärmen kan

[1] En gemensam internationell utveckling bedrivs inom organisationen CAM-I, "the Geometric Modelling Project". I Sverige utförs liknande arbete med stöd från STU, baserat på ett system från CAD-centre i Cambridge, England. Arbetet genomförs av CAD-gruppen vid IVF-KTH-LiTH, som är medlemmar i CAM-I projektet. Ovan nämnda institutioner deltar också i ett nordiskt samarbetsprojekt, geometriska produktmodeller (GPM-projektet). I detta projekt deltar också Saab-Scania och Bofors.

operatören se hur fräsen rör sig efter den uppritade verktygsvägen och har därmed kontroll över att inga fel uppstår.

Någon *teknologiberedning* (se figur 3.3) kan i regel inte utföras i dagens system. Däremot kan data från teknologiberedning t ex verktygsdata matas in till CAD-systemet under denna interaktiva process. Teknologiberedning förefaller för närvarande inte ges hög prioritet i utvecklingsarbetet, med undantag av utveckling av skärdatabaser.

Med hjälp av dessa databaser skall lämpligt verktyg och lämpliga matningshastigheter m m kunna beräknas när det är känt vilket material som skall användas samt vilken ytfinhet som krävs. Framtidens CAM-system skall på basis av CAD-systemets produktbeskrivning mer eller mindre automatiskt kunna beräkna och för CAM-operatören föreslå ovanstående data.

För *processberedning* pågår utveckling efter två alternativa vägar. Enligt den minst avancerade av dessa klassificeras produkterna enligt gruppteknologiska regler mer eller mindre automatiskt med hjälp av den under CAD-processen lagrade produktbeskrivningen. Med hjälp av den upprättade klassificeringskoden presenterar CAM-systemet på dataskärmen ett förslag till operationslista. Beredaren kan sedan i direktdialog med datorn komplettera eller ändra operationslistan. Färdiga system med denna ambitionsnivå existerar i dag, men de är i regel självständiga system, som inte integrerats med andra CAD/CAM-funktioner.

I det andra och mer avancerade alternativet kommer CAM-systemet att generera en helt ny operationslista på basis av CAD-systemets produktbeskrivning. Det torde dock ta mycket lång tid innan system av denna typ finns färdigutvecklade.

5.4 CAD/CAM-system inom elektronikindustrin

Elektronikindustrin är den bransch som kommit längst vad gäller användningen av CAD-system. Orsakerna härtill är flera:

- de konstruktioner elektronikindustrin arbetar med är tvådimensionella,
- konstruktionerna är repetitiva och innehåller många standardkomponenter och -lösningar,
- elektronikkomponenterna och kretskorten blir alltmer komplexa varför maskinella metoder ofta blir nödvändiga för att noggrannheten skall kunna upprätthållas,
- konstruktionsprocessen har kunnat kopplas till tillverkningsprocessen (CAD-systemen har automatiskt genererat program till NC-maskiner),
- elektronikindustrins produkter har kort livslängd varför snabba konstruktionsändringar blir nödvändiga.

Elektronikindustrin har sedan länge varit en stor datoranvändare. Detta har medfört att det varit relativt ringa motstånd (av ekonomiska, kunskapsmässiga eller psykologiska skäl) vid införandet av CAD-system.

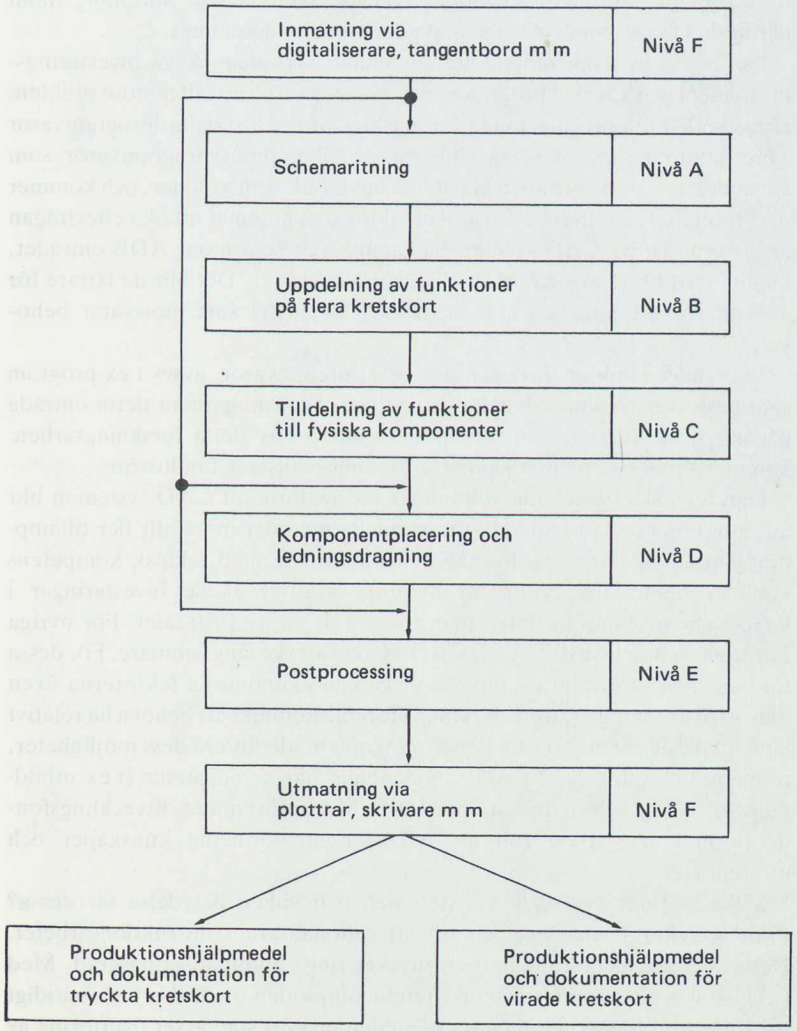
Inom elektronikindustrin används CAD-systemen för konstruktion av integrerade kretsar samt för att producera underlag för kretskort (såväl

tryckta kretskort som virade). CAD-systemen används för att avgöra var olika komponenter skall placeras på kretskorten, hur och var ledningar skall dras mellan komponenterna samt hur olika kretskort skall sammanbindas.

Institutet för verkstadsteknisk forskning (IVF) har utfört olika studier av elektronikindustrins användning av CAD/CAM-system[1]. För närmare beskrivning av hur CAD-systemen används i elektronikindustrin hänvisas till dessa rapporter.

I figur 5.6 visas vilka funktioner som kan ingå i ett CAD-system för kretskortskonstruktion. Enklare CAD-system innefattar vanligtvis endast nivåerna E och F medan mer avancerade system även innehåller nivåerna A-D.

[1] Inventering av CAD/CAM-system för elektrisk förbindningsteknik. IVF-resultat 78602
Användarerfarenheter av CAD/CAM-system för elektrisk förbindningsteknik. IVF-resultat 78635
Företagsekonomiska aspekter på CAD/CAM-system för elektrisk förbindningsteknik. IVF-resultat 78645



Figur 5.6 Funktioner i ett CAD-system för kretskortskonstruktion.

Källa: IVF.

5.5 Utvecklingstendenser

Användningen av CAD-system är f n av ringa omfattning. Endast ett 60-tal system torde i dag vara installerade i Sverige. Användningen är dessutom huvudsakligen begränsad till ett fåtal stora företag samt till elektronikindustrin.

Orsakerna till CAD-systemens relativt begränsade spridning är framför allt

1. höga investeringskostnader i maskin- och programvaror,
2. begränsningar i programvaran,
3. bristande kunskaper hos potentiella användare, såväl vad gäller rent tekniska frågor som frågor rörande kalkylering, lönsamhet m m.

Många av de problem som fram till i dag bromsat användningen av CAD-system håller dock på att lösas. På den sikt DEK har att ta ställning, d v s upp till femton år, väntas CAD-systemen få stor spridning inom näringslivet. Frågan är när användningen börjar accelerera.

Det första av ovan redovisade användningsproblem, höga investeringskostnader i maskin- och programvaror, blir successivt ett allt mindre problem eftersom kvoten pris/prestanda för maskinvaror och standardprogramvaror avtar kontinuerligt. Kostnaderna för de tillämpningsprogramvaror som användaren själv måste utveckla utgörs huvudsakligen av löner, och kommer därför relativt sett att öka. En annan faktor som kommer att öka efterfrågan är att utbudet av CAD-system, på samma sätt som inom ADB-området, kommer att bestå av system av olika storleksklasser. Det blir då lättare för användarna att finna ett system med en kapacitet som motsvarar behovet.

Vad gäller punkten 2, begänsningar i programvaror, avses t ex program som beskriver tredimensionella geometrier. Forskning inom detta område pågår i såväl Sverige som utlandet. Resultatet av detta forskningsarbete kommer sannolikt relativt snabbt att kunna realiseras i industrin.

Den tekniska utvecklingen kommer att medföra att CAD-systemen blir allt lönsammare i förhållande till manuella metoder inom allt fler tillämpningsområden. För stora företag och för företag med teknisk kompetens kommer denna utveckling att medföra kraftigt ökade investeringar i CAD-system sannolikt redan under första delen av 1980-talet. För övriga företag kommer investeringen i CAD-system att ske långsammare. För dessa företag spelar förutom de rent tekniska och ekonomiska faktorerna även kunskapsspridningen stor roll. Många företag kommer att behöva ha relativt lång tid på sig för att lära sig den nya tekniken, identifiera dess möjligheter, problem och effekter. I detta sammanhang har myndigheter (t ex utbildningsväsendet) och organisationer (IVF, Mekanförbundet, utvecklingsfonderna m fl) en viktig roll att fylla för att förmedla kunskaper och erfarenheter.

Vilka effekter ger då CAD-systemen och vilken betydelse får dessa? Primärt syftar CAD-systemen till att rationalisera konstruktionsarbetet. Detta område har hittills haft en mycket ringa automatiseringsgrad. Med CAD-systemen kommer produktframtagningstiden att förkortas samtidigt som arbetsproduktiviteten ökar. Även den process som avser överföring av

konstruktionsinformation till tillverkningsprocessen kommer att påverkas av CAD-systemen. Val av verktyg och program till NC-maskiner kommer i allt större utsträckning att genereras direkt från CAD-systemen.

Dessa effekter kan realiseras redan i dagens CAD-system. På sikt kommer emellertid CAD-systemen även att få stor betydelse för arbetet att utforma nya konstruktioner som är bättre avpassade för automatiserad tillverkningsutrustning. Sannolikt är det först då tillverknings- och konstruktionsprocessen i större utsträckning integrerats, som de stora rationaliseringsvinsterna kan göras.

Denna integrering begränsas i dag främst av att det tar tid att förändra existerande produkter (t ex en bilmodell) och tillverkningsutrustning (existerande utrustning har relativt lång ekonomisk livslängd). Sannolikt är det först under senare delen av 1980-talet som integrerade CAD/CAM-system kommer i drift.

Sammanfattningsvis kan följande utvecklingstendenser väntas:

- Under första delen av 1980-talet kommer stora företag och teknikinriktade företag att göra stora investeringar i CAD-system. För övriga företag sker genombrottet först under andra hälften av 1980-talet eller senare.
- De stora vinsterna av CAD-systemen kan realiseras först då konstruktions-, beredning- och tillverkningsprocesserna integrerats. Sådana system väntas komma i drift under senare delen av 1980-talet.

6 Numeriskt styrda verktygsmaskiner (NC-maskiner)

6.1 Definitioner och metoder

Numerisk styrning brukar beteckna en metod för att automatiskt styra verktygsmaskiner, men kan även omfatta styrning av andra maskiner.

En verktygsmaskin sägs vara numeriskt styrd om den kan utföra bearbetningsprogram automatiskt och bearbetningsprogrammet gives verktygsmaskinen i numerisk form via t ex hålremsa. Numerisk styrning av verktygsmaskiner betecknas i svensk litteratur NS eller vanligare NC (Numerical Control).

Genom att NC-maskinerna får sina bearbetningsprogram i numerisk form, kännetecknas de bland automatmaskinerna av hög flexibilitet.

En numeriskt styrd verktygsmaskin kan ses som sammansatt av *ett styrande system* och *ett verkställande system*. Det verkställande systemet består av maskinstativ, slider, drivmotorer, verktygshållare m fl komponenter, medan det styrande systemet består av informationsläsande och informationsbehandlande organ, servon för drivmotorer samt mätorgan för maskinsliderna. Ett exempel på NC-maskin visas i figur 6.1.

Arbetet med att framställa bearbetningsprogram för NC-verktygsmaskiner benämns oftast *NC-programmering* eller – då man speciellt vill klargöra att arbetet även omfattar val av t ex verktyg- och bearbetningsdata – *NC-operationsberedning*.

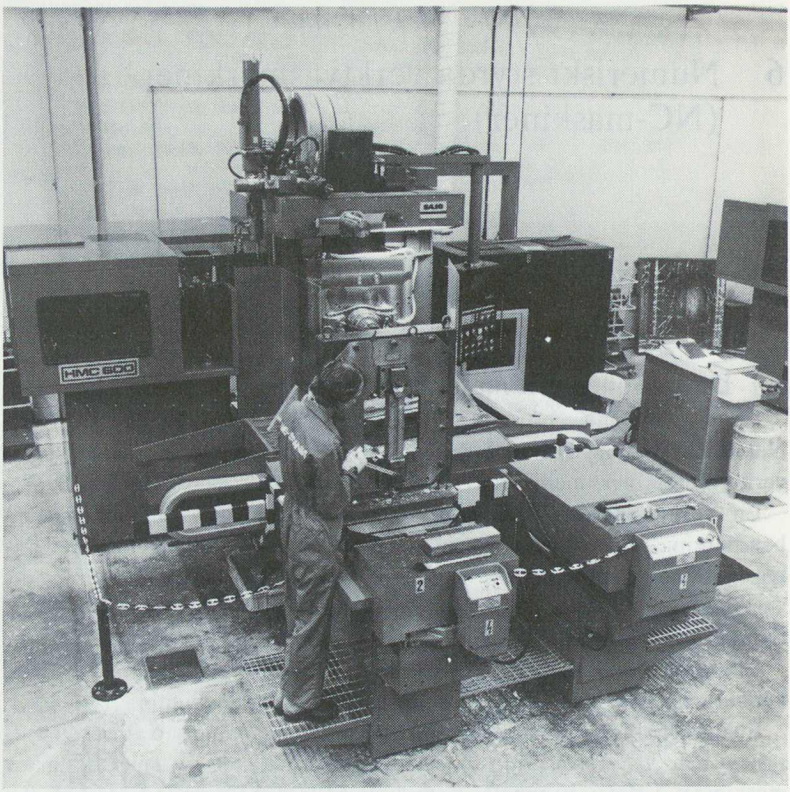
6.2 Olika typer av NC-maskiner

NC-tekniken har hittills främst kommit till användning för styrning av *metallskärande verktygsmaskiner:* svarvar, fräsar, borrmaskiner m fl. I USA uppgick 1978 antalet installerade NC-maskiner till ca 54 000 enheter, varav ca 50 000 var av metallskärande typ.

Bland de metallskärande NC-maskinerna dominerar svarvarna. Av de svarvar som under 1978 levererades till den svenska marknaden svarade NC-svarvarna för inemot 3/4 av det totala leveransvärdet. Ser man till den installerade maskinparken torde NC-svarvarna svara för mellan 50 och 60 % av alla installerade NC-maskiner.

Andra metallskärande verktygsmaskiner som i ökad utsträckning utrustas med NC är fräsar, borrmaskiner samt arborrverk.

NC-utrustning kan också anslutas till *metallformande verktygsmaskiner:*



Figur 6.1 SAJO's fräsmaskin med ett styrsystem från Saab-Scania.

pressar, bockningsmaskiner m fl, *sammanfogningsmaskiner,* t ex svetsutrustning, och en heterogen grupp av maskiner som kan rubriceras *andra maskiner:* plastsprutor, virningsmaskiner, gjutmaskiner, mätmaskiner m fl.

Inom gruppen metallskärande maskiner är NC-tekniken en väl etablerad teknik. NC-tekniken blir emellertid allt vanligare även bland de icke metallskärande maskinerna och det är bland dessa maskintyper som NC-tekniken nu har sin största tillväxtpotential.

6.3 Konventionell styrning och datorbaserad styrning

De informationsbehandlande organen till en NC-maskin kan vara av två typer, datorbaserade eller icke datorbaserade. De icke datorbaserade organen är de tidigast utvecklade och styrsystem med denna typ av informationsbehandling betecknas *konventionella NC-styrsystem.* I dessa styrsystem är informationsbehandlingslogiken fast uppkopplad i elektriska kretskort. Ändringar i styrsystemets logik kräver således skiften av kretskort samt eventuell ny ledningsdragning.

Styrsystem med datoriserade informationsbehandlande organ betecknas *CNC-styrsystem* (Computerized Numerical Control). Logiken i dessa styrsystem ligger huvudsakligen i dataprogram, vilka tolkar inlästa bearbet-

ningsprogram samt beordrar och övervakar de verkställande systemen. Logikändringar i denna typ av styrsystem kan således ske genom inlagring av modifierade dataprogram. Flexibiliteten hos denna typ av styrsystem är således väsentligt större än hos konventionella styrsystem.

Styrsystemen är uppbyggda kring mikro- eller minidatorer med ordlängder på vanligtvis 8, 12 eller 16 bitar och minneskapaciteter på 8-64 K ord. De styrsystem som har datorer med högre minneskapaciteter kan vanligtvis lagra hela bearbetningsprogram internt och behöver således ej avläsa informationsbärarna vid varje bearbetningscykel. Det förekommer även att man kan lagra flera separata bearbetningsprogram samtidigt i styrutrustningarna. Härvid används särskilda minnesenheter, t ex disketter för programlagring.

Övergången från konventionella styrsystem till CNC-styrsystem skall ej ses såsom en ändring i systemfilosofi utan snarare såsom en ny lösning på ett äldre tekniskt problem i analogi med övergången från rörförstärkare till transistorer.

Samtidigt som de flesta bearbetningsprogram överföres till de numeriska styrsystemen via t ex hålremsa, kassetter eller disketter existerar även möjligheten att använda *manuell datainmatning*, MDI (Manual Data Input). Denna metod för datainmatning möjliggör programmering av enkla bearbetningscykler vid verktygsmaskinen och ger maskinoperatören möjligheter att influera bearbetningsförloppet eller helt styra det. CNC-system har alltid möjlighet till MDI medan det är mindre vanligt hos konventionella styrsystem. MDI medger även korrigeringar (redigeringar) av bearbetningsprogram vid verktygsmaskinen.

I den fortsatta framställningen kommer, om inte annat anges, begreppet NC-maskin att användas som ett sammanfattande begrepp för alla olika typer av numeriskt styrda verktygsmaskiner, d v s med såväl konventionell som datorbaserad styrning.

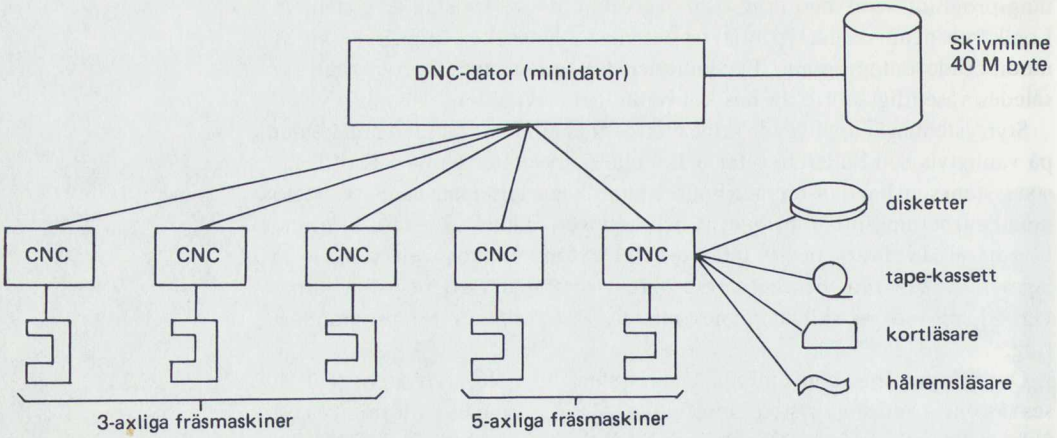
6.4 Direkt numerisk styrning (DNC)

Enskilda numeriskt styrda verktygsmaskiner kan logiskt sammankopplas med varandra och med annan automatiserad verkstadsutrustning, såsom robotar och transportörer, via en central dator.

Datorn har vanligtvis skivminne som yttre minne för lagring av bearbetningsprogram. Denna typ av system benämns *DNC-system* (Direct Numerical Control). Motiveringen bakom dylika system ligger i att man önskar underlätta distributionen av bearbetningsprogram till verktygsmaskinerna, samordna materialtillförseln till verktygsmaskinerna för att få större automatiska enheter samt underlätta övervakning och styrning av tillverkningen. I vissa fall är centraldatorn utrustad med beredningsprogram, varigenom programredigeringar för verktygsmaskiner kan göras i högnivåspråk[1] eller också kan DNC-systemets centrala dator vara ansluten hierarikiskt till en större dator, innehållande beredningsprogram. Uppbyggnaden av ett DNC-sysystem visas i figur 6.2.

Två skilda typer av DNC-system existerar och det som skiljer dem åt är uppbyggnaden av styrenheterna vid de enskilda verktygsmaskinerna. Den

[1] Tillämpningsorienterade programspråk som APT, FORTRAN, COBOL m fl.



Figur 6.2 Ett DNC-system som är installerat vid det amerikanska företaget Lockheed.

Källa: DEK.

hittills vanligaste typen är *DNC-BTR-system* (Behind the Tape Reader), där styrenheten vid varje verktygsmaskin är ett ordinärt CNC- eller konventionellt NC- styrsystem i vilket informationsläsarna ersatts med kopplingar till DNC-datorn.

Den andra typen kallas *DNC-MTC-system* (Machine Tool Controller), i vilka styrenheterna vid verktygsmaskinerna förenklats och vissa funktioner är flyttade från styrenheterna till DNC-datorerna. DNC-BTR-lösningen är den mera flexibla lösningen av de två genom att styrenheterna är kompletta, kräver mycket små anpassningar för att ingå i DNC-system och kan operera oberoende av DNC-datorn. I DNC-MTC-system kan styrenheterna vara speciallösningar till centraldatorn och vara beroende av denna. I ett nyinvesteringsalternativ är dock DNC- MTC-lösningen troligen den billigaste av de två.

6.5 NC-operationsberedning

Den nuvarande situationen vad beträffar *NC-operationsberedning*, d v s den process där styrinformationen till NC-verktygsmaskiner skapas, domineras av manuella metoder. Uppskattningsvis kan andelen manuellt beredda NC-program vara i storleksordningen 80 % av samtliga NC-program.

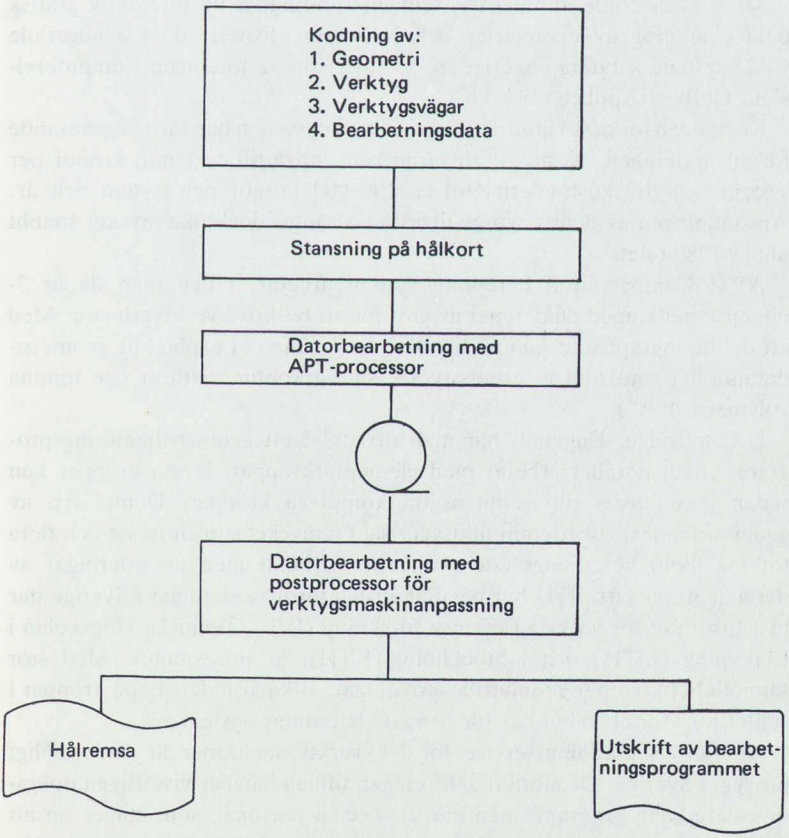
Vid manuell NC-operationsberedning kodas såväl geometrin för verktygsbanan som den teknologiska informationen för hand och skrivs ut på hålremsa med speciella stansmaskiner. Kodningsarbetet skötes endast i undantagsfall av andra anställda än ingenjörer i tjänstemannaställning, medan utskriften sköts av annan kontorspersonal. Endast i undantagsfall och då särskilt för NC-verktygsmaskiner med enkla styrutrustningar utförs NC-programmering av maskinoperatörer.

Det första steget mot underlättandet av NC-programmeringen kan ligga i utrustningar där NC-program kan lagras på t ex magnetband och kopieras från en fil till en annan samt där rörelsesatser automatiskt kan sökas och redigeras. Dylika utrustningar byggs ofta upp kring generella bordsdatorer. Endast ett fåtal verkstadsföretag har hittills investerat i denna typ av

utrustningar för NC-tillämpningar.

Generering av verktygsvägar och teknologisk information med stöd av datorer brukar sammanfattningsvis benämnas *datorstödd NC-operationsberedning*. Det helt dominerande programhjälpmedlet för datorstödd operationsberedning är APT (Automatically Programmed Tool). APT har utvecklats med stöd av federala medel vid MIT (Massachusetts Institute of Technology). Delmängder av APT har sedan vidareutvecklats av olika användare till specialprogram, t ex EXAPT, ADAPT. SAAB har sin egen version SAAB-ADAPT. Programuppbyggnaden i APT är orienterad för körning på stordatorer. Med hjälp av APT kan verktygsbanor för 5-axlig verktygsstyrning genereras. Däremot innehåller inte APT rutiner för den teknologiska operationsberedningen. Arbetsgången i APT-beredning visas i figur 6.3.

APT används i samtliga västinfluerade industriländer och då i huvudsak hos storföretag. Genom sin stora genomslagskraft har APT blivit normbildande för NC-programmeringssystem och det är troligt att APT kommer att så förbli under den närmaste 5-årsperioden. I Sverige används APT huvudsakligen av storföretag såsom ASEA, Bofors, SKF, Saab m fl. Hos dessa sker praktiskt taget all NC-operationsberedning med hjälp av APT.



Figur 6.3 Arbetsgången vid APT-programmering.
Källa: IVF.

Användningen av APT är huvudsakligen begränsad till stora företag vilket är en följd av att APT f n förutsätter tillgång till stora datorer. Med utökad användning av distribuerad datakraft och terminaler kan användningen av APT även spridas till mindre företag.

Utvidgningar av standard APT görs för att även den teknologiska operationsberedningen skall täckas in. Dessa utvidgningar innebär att APT, från att ha varit ett generellt paket för generering av verktygsbanor, ombildas till specialpaket för olika bearbetningstyper. I Sverige har detta skett bl a genom det s k PRAUTO-projektet som bedrivs av fem storföretag tillsammans med Institutet för verkstadsteknisk forskning (IVF).

Några storföretag med stort datakunnande har skapat egna dataprogram för NC-operationsberedning, t ex Kockums med Styrbjörnssystemet.

I Sverige har vissa dataföretag gjort försök med marknadsföring av terminalorienterade system på stordatorer, där programvaran är jämförbar med APT. Det svenska företaget Datema lanserade under våren 1977 ett eget terminalorienterat system för NC-operationsberedning (Dans).

Minidatorsystem med plottningsutrustningar och med programvaror, som kan ses som delmängder av APT, har saluförts under några år i Sverige. Dessa har inte rönt några större framgångar med undantag för den s k ENCEPE-utrustningen, vilken utvecklats av ingenjörsfirman Svensson & Hjelm.

Mera avancerade minidatorsystem med möjlighet till interaktiv grafisk databehandling av geometrier och NC-verktygsbanor, d v s avancerade CAD-system, saluförs i Sverige av de amerikanska företagen Computervision, Gerber, Applicon och UCC.

Kostnaden för dessa interaktiva grafiska datasystem har varit begränsande för användningen, då investeringarna kan uppgå till ca 1 milj kronor per system och driftkostnaderna till ca 100 000 kronor per system och år. Användningen av denna typ av utrustning väntas dock öka mycket snabbt under 1980-talet.

APT, Compact m fl beredningssystem arbetar, i den mån de är 3-dimensionella, med olika typer av ytor för att beskriva verktygsbanor. Med ett dylikt angreppssätt känner beredningssystemen ej explicit ur geometridefinitionen vad som är arbetsstycke, slutlig kontur, fixturer och tomma volymer ("luft").

I Cambridge, England, har man utvecklat ett geometrihanteringsprogram, vilket i stället arbetar med elementarkroppar. Dessa kroppar kan sedan kombineras till sammansatta komplexa kroppar. Denna typ av geometrihanteringsprogram tilldrager sig f n mycket stort intresse och flera företag inom beredningssystembranschen arbetar med utvärderingar av detta angreppssätt. STU har beviljat anslag för utvärderingar i Sverige där bl a Institutet för verkstadsteknisk forskning (IVF), Tekniska Högskolan i Linköping (LiTH) och i Stockholm (KTH), är intressenter. Med stor sannolikhet kommer geometribeskrivningar, vilka grundar sig på kroppar i stället för ytor att bilda bas för nya NC-beredningssystem.

Operationsberedningsservice för NC-verktygsmaskiner är undermåligt utbyggt i Sverige. De stora dataföretagen tillhandahåller visserligen operationsberedningsprogram, men har ej speciell personal, som åtager sig att regelbundet utföra operationsberedning för kunder. Ej heller styrsystemför-

säljarna tillhandahåller denna typ av service i någon större utsträckning.

Stora användare av automatisk NC-operationsberedning såsom ASEA, Volvo, Kockums m fl åtager sig visserligen externa beredningsuppgifter, men då efter principen att externa kunder betjänas i mån av tid och i prioritet efter den egna produktionen. De företag av betydelse, som lever på sådana beredningstjänster är ingenjörsfirman Svensson & Hjelm, Datema samt Saab Scania inom elektroniktillverkningen.

6.6 Utvecklingstendenser

De NC-maskiner som marknadsförs i dag är nästan uteslutande av CNC-typ, d v s styrsystemen är datorbaserade. Som en följd av att olika integrerade kretsar och halvledarkomponenter blir allt kraftfullare och billigare, kan NC-maskinernas datorkapacitet väntas öka väsentligt under 1980-talet till i stort sett oförändrade priser. Detta behandlas mer ingående i kapitel 9.

Det är emellertid inte bara styrsystemen som kommer att utvecklas. Även andra kringutrustningar till NC-maskiner kommer att förändras liksom även dess funktioner.

De NC-maskiner som kommer att levereras under den kommande 10-årsperioden kommer sannolikt att ha följande karaktäristika:

- Andelen maskiner som är utrustade med automatiska verktygsväxlare kommer att öka. Sådana maskiner har redan i dag den största tillväxttakten. Med automatiska verktygsväxlare kan maskinernas stillestånds tider reduceras.
- NC-maskinerna kommer i allt större utsträckning att betjänas av hanteringsutrustning för automatisk in- och utmatning av detaljer. Hanteringsutrustningen kan antingen vara avpassad för en speciell maskin och monterad på densamma[1]), eller en fristående industrirobot. Den senare kommer framför allt att användas då stor flexibilitet krävs och då flera maskiner skall kunna betjänas.
- Elektronisk mätutrustning som automatiskt mäter dels förslitning av verktyg, dels kvaliteten (mått och ytkvalitet) på de detaljer som är under bearbetning (s k "in process inspection") kommer att bli en viktig teknologi under 1980-talet. Genom att integrera mät- och bearbetningsprocesserna erhålles:
  - Bättre kvalitet på detaljer som bearbetats.
  - Minskade tider för mätning och kontroll av detaljer och verktyg. Dessa uppgifter utförs idag huvudsakligen med manuella metoder. Detta får till följd att bearbetningsprocessen vid jämna mellanrum måste avbrytas för kontroller och mätningar. Med automatiska mätsystem kan produktiviteten, både i termer av bättre maskinutnyttjande och fler producerade enheter per timma eller arbetare, ökas avsevärt.
  - Mindre risk för verktygshaverier. När ett verktyg har förslitits till en viss gräns sjunker kvaliteten snabbt på de detaljer som bearbetas. Om ett verktyg havererar kan skador uppkomma på såväl maskinen som arbetsstycket. I automatiska tillverkningslinjer kan olika problem med verktygen svara för 40 % av den stilleståndstid som uppkommer p g a fel i utrustning.

[1] Exempel på NC-maskin med inbyggd automatisk hanteringsutrustning är en svarvenhet som SMT nyligen börjat marknadsföra.

Under de senaste åren har vissa verktygsmaskiner börjat utrustas med automatisk mätutrustning. Bl a har C E Johansson rönt stor framgång med sitt Cejmaticsystem. I detta överförs mätvärden trådlöst från en mätsond till en mätdator. Där bearbetas mätvärdena varefter korrektionsvärden överförs till NC-maskinens styrutrustning. Det skall dock framhållas att ännu har man inte, utom för vissa speciella tillämpningar, lyckats med automatisk mätning under själva bearbetningsprocessen. I de automatiska mätutrustningar som används i dag sker mätningen visserligen automatiskt men under uppehåll i bearbetningen.

Utvecklingen av tillförlitliga system som automatiskt mäter verktyg och detaljer samt anpassar bearbetningsprocessen därefter spelar en central roll i tillverkningssystem som skall kunna arbeta obemannat eller med begränsad bemanning. I dag är mätning, kvalitetskontroll och övervakning de viktigaste uppgifterna för maskinoperatörerna. Som en följd av att dessa uppgifter hittills ej har kunnat automatiseras med nödvändig tillförlitlighet har det i stort sett funnits en operatör per maskin.

Som en följd av mätstyrningens stora betydelse för utvecklingen av automatiska tillverkningssystem pågår ett omfattande forskningsarbete inom området. Man prövar olika ansatser, t ex akustisk mätning, optoelektriska metoder (laser) och radioaktiv mätning (huvudsakligen för förslitning av verktyg). Under 1980-talet väntas dessa ansatser ha resulterat i en teknik där mätningen görs direkt under bearbetningsprocessen och korrigerar densamma.

- NC-maskiner liksom även industrirobotar och annan datorstyrd tillverkningsutrustning kan komma att utrustas med röstsensorer. En operatör kan då påbörja eller avbryta en bearbetning genom röstkommando. Om en operatör ansvarar för flera maskiner behöver han således inte gå fram till var och en och trycka på start- eller stoppknappen. System som kan identifiera röster har även börjat komma till användning för att generera NC-program, s k Voice Numerical Control (VNC). Programmering med VNC anses gå snabbare samtidigt som programkvaliteten ökar.

NC-teknikens utveckling under 1980-talet kan sammanfattas enligt följande. Verktygsmaskinerna kommer att utrustas med allt kraftfullare datorsystem, olika typer av sensorer för adaptiv styrning, verktygsväxlare samt automatisk materialhanteringsutrustning. Detta kommer att innebära att bearbetningsprocessen i allt större utsträckning kommer att automatiseras liksom även materialhanteringen (in- och utmatning av detaljer till maskinen), verktygsbyte, tillståndskontroll m m. Vidare kommer NC-operationsberedningen i allt större utsträckning att utföras med hjälp av datorer.

Ett annat utmärkande drag under 1980-talet är att NC-maskinerna kommer att ingå i datorstyrda tillverkningssystem. Olika typer av tillverkningsutrustningar som NC-maskiner, industrirobotar, transportutrustning, mätenheter m m kommer att kopplas samman till datorstyrda tillverkningssystem (successiv koppling av subsystem) som i sin tur styrs av överordnade produktionsplaneringssystem.

Att utveckla och tillämpa automatiska tillverkningssystem kräver stora investeringar i maskinvaror, programvaror, systemutformning, anpassning, driftunderhåll m m. För att systemen skall bli lönsamma krävs ett högt

kapacitetsutnyttjande. Detta kommer bl a att uppnås genom att tillverkningen successivt utsträcks till att omfatta ett andra och eventuellt ett tredje skift under vilka tillverkningen sker med begränsad bemanning eller helt obemannat. Dagskiftet avslutas med att magasin fylls på så att tillverkning kan bedrivas obemannat under natten.

7 Industrirobotar

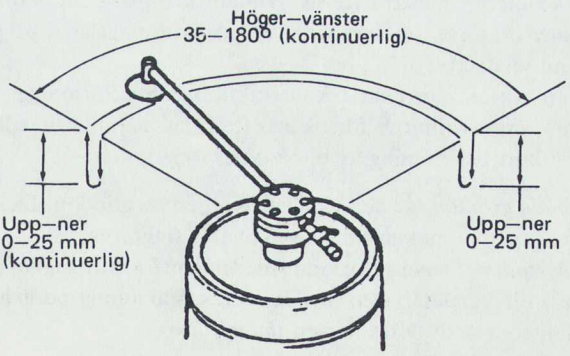
7.1 Definitioner och metoder

Någon entydig definition av begreppet industrirobot (förkortas vanligtvis med IRb), som avgränsar industrirobotar från annan hanteringsutrustning, föreligger inte. Bl a som en följd härav är inte heller benämningen industrirobot helt entydig. I många sammanhang används benämningarna automatiska hanteringsdon, manipulatorer m m som synonymer till industrirobot.

I denna rapport skall vi med begreppet *industrirobot* mena en självständig programmerbar maskin, som automatiskt kan förflytta gods eller verktyg till och från ett stort antal punkter. Punkterna skall vara enkelt omprogrammerbara och antalet förändringsbart. Maskinens arbetscykel skall utan manuella ingrepp kunna startas av och göras beroende av externa signaler.

Med dessa begränsningar undantas transportanordningar typ kedjetransportörer, s k plockrobotar[1], NC-verktygsmaskiner och specialkonstruerade monteringsautomater.

Den egenskap som karaktäriserar industrirobotar är flexibilitet dels till arbetscykeln i den meningen att den lätt går att programmera om till annan uppgift, dels till applikationen, d v s den kan installeras i skilda slag av processer.



[1] Plockrobotar eller plockenheter, se figur, är små enheter vilka är avsedda att med stor hastighet plocka små lätta detaljer i och ur maskiner. Plockroboten har ett begränsat arbetsområde och vanligtvis är robotarmens rörelse begränsat till fram och tillbaka samt upp-och-ner. Programmeringen görs ofta genom mekaniska förändringar.

En industrirobot består av styrutrustning, drivsystem och ett mekaniskt system. Det senare består av stativ, arm, handled och gripdon, se figur 7.1. Drivsystemet består av motor- och transmissionsenheter och servosystem. Styrutrustningen, som numera är uppbyggd kring halvledarteknologi[1], består av centralenhet, minnen samt in- och utgångar för styrningen av roboten. I vissa industrirobotar är styrenheten inbyggd i stativet medan den i andra utgör en fristående enhet. Styrutrustning till industrirobotar är i många avseenden snarlika de som används för NC-maskiner.

7.2 Olika typer av industrirobotar

Beroende på industrirobotarnas funktion i tillverkningsprocessen kan de indelas i hanterings-, process- och monteringsrobotar.

Hanterings-IRb. Roboten används för att hämta, transportera och lämna detaljer, t ex för betjäning av en verktygsmaskin. De robotar som används i dag förutsätter att var och en av de detaljer som roboten skall gripa och flytta har en känd lokalisering, i en maskin, på en pall eller i ett magasin. Detta är en stor begränsning i robotarnas användning eftersom detaljerna vanligtvis samlas upp i oordnande mängder, t ex i en låda som transporteras mellan olika arbetsplatser. Innan detaljerna kan hanteras av roboten måste de ordnas i ett magasin eller dylikt. Detta arbete är vanligtvis manuellt.

Process-IRb. Vid processtillämpning är roboten bärare av ett verktyg, t ex för svetsning, målning, slipning m m. Processrobotens uppgifter är vanligtvis mer kvalificerade än hanteringsrobotens varför större krav ställs på styrutrustningen.

Monterings-IRb. Dagens robotgeneration kan i mycket liten utsträckning utföra monteringsarbeten. Emellertid pågår en intensiv utveckling för att förse robotarna med "syn" (TV-kameror och bildbehandlingsutrustning) och "känsel". Denna typ av robotar börjar nu bli kommersiellt tillgängliga, men väntas komma mer allmänt till användning först i mitten av 1980- talet. Monterings-IRb är emellertid inte det enda alternativet för att automatisera monteringsprocessen. Datorstyrda specialbyggda monteringsautomater av den typ som t ex används inom elektronikindustrin kommer att få minst lika stor betydelse som de generella monterings-IRb.

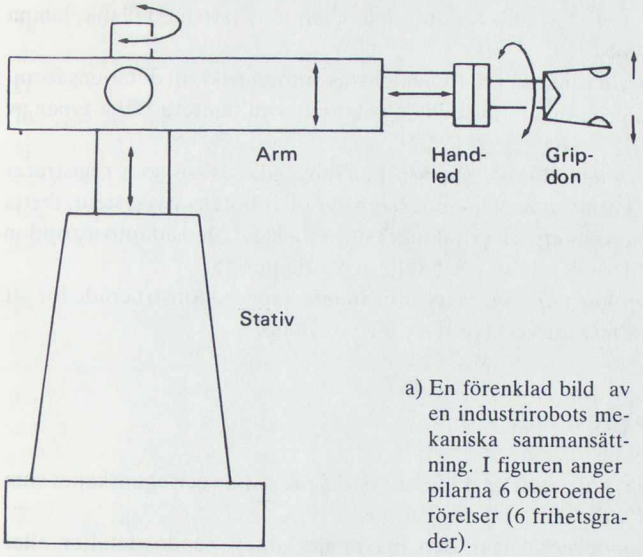
Gripdon. Av central betydelse för indudstrirobotarnas användning är tillgången till olika gripdon. Detta sitter ytterst på robotarmen och är utbytbart. Vanligtvis måste byte av gripdon ske manuellt. Försök pågår emellertid med att förse robotarna med ett gripdonsmagasin så att gripdonen kan bytas automatiskt.

Gripdonen varierar mycket i konstruktion och utformning. De flesta gripdon kan ses som primitiva försök att efterlikna människohanden. Nedan redovisas en kort beskrivning av olika typer av gripdon:

- *Klämmande gripdon,* är den vanligaste typen av gripdon. Det består av två fingrar och en mekanism som aktiverar fingrarna.
- *Vakuumgripdon.* Dessa är försedda med någon form av sugkoppar som är anpassade till den detalj som skall hanteras. Vakuumgripdon används då den detalj som skall lyftas har en jämn yta.

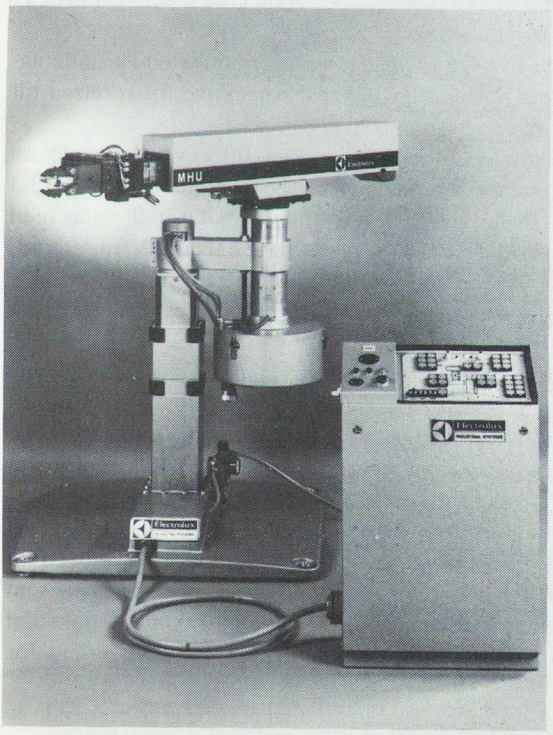
[1] Tidigare robottyper var ofta pneumatiskt styrda.

Figur 7.1 Exempel på industrirobotsystem.

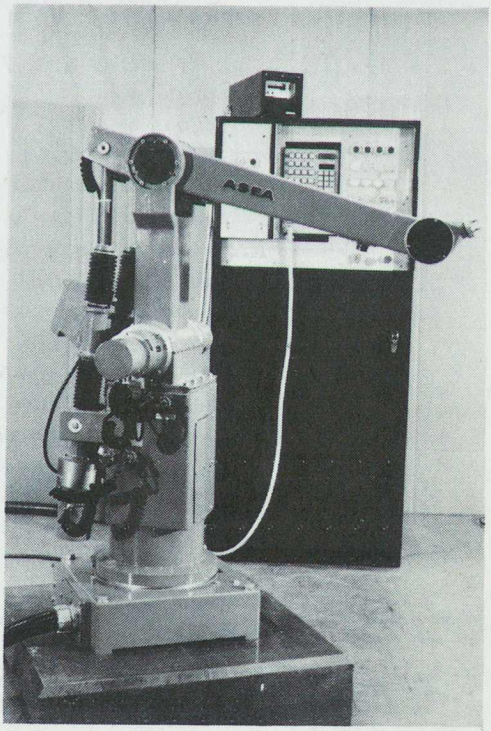


a) En förenklad bild av en industrirobots mekaniska sammansättning. I figuren anger pilarna 6 oberoende rörelser (6 frihetsgrader).

b) Electrolux MHU Senior.



c) ASEA IRb 6.



- *Magnetgripdon.* Används för att gripa detaljer av järn med plana, jämna och torra ytor.
- *Flexibla gripdon.* Dessa gripdon anpassas automatiskt till detaljens form. De flexibla gripdonen används då roboten skall hantera olika typer av detaljer.
- *Adaptiva gripdon.* Dessa gripdon har inbyggda givare som registrerar läge, tryck, värme m m och sänder signaler till robotens styrsystem. Detta styr sedan in roboten och gripdonet i sitt rätta läge. Med adaptiva gripdon ställs inte lika stora krav på detaljernas orientering.
- *Verktygsbärande gripdon.* Dessa är vanligtvis specialkonstruerade för att kunna hålla fast ett verktyg, t ex för svetsning.

7.3 Fysiska prestanda

Nedan redovisas kortfattat några olika fysiska prestanda och egenskaper som är av stor vikt vid valet av industrirobot.

Hanteringskapacitet. Anger den maximala vikten på de detaljer eller verktyg som roboten skall hantera. Kapaciteten varierar mellan olika typer av fabrikat, från något hg till över 1 000 kg. De flesta industrirobotar har en kapacitet på 10-50 kg.

Rörelsehastighet. Denna mäts dels i vinkelhastighet (roterande armrörelser) dels i meter/sekund (radiella armrörelser).

Räckvidden har betydelse om roboten skall kunna betjäna flera maskiner. Inom en given räckvidd är det också väsentligt att känna till arbetsvolymen samt robotens förmåga att kunna skjuta in och vrida armen och handleden i olika konstruktioner, t ex bilkarosser.

Positionerings- och repeternoggrannhet avser noggrannheten i inställningen vid stopp (där en detalj grips eller lämnas) respektive för rörelsen till stopp.

Frihetsgrader, d v s antalet rörelser som kan utföras oberoende av varandra. Huvuddelen av de robotar som är installerade i dag har 3-5 frihetsgrader. Det blir emellertid allt vanligare att robotarna utrustas med sex frihetsgrader. Vissa kan dessutom utrustas med en sjunde frihetsgrad, roboten kan förflytta sig i "rummet" (på golvet eller i taket).

Drivsystem. Man skiljer mellan pneumatiska, hydrauliska och elektriska drivsystem.

Antalet armar. Vanligtvis har roboten endast en arm men det finns robotar, huvudsakligen monteringsrobotar, som har upp till tre armar.

Personal- och driftsäkerhet. Hit hör frågor avseende såväl säkerhet för personalen som för maskinvaror och programvaror. Vad gäller den första frågan är det viktigt att veta hur snabbt man kan få stopp på en "skenande" robot och hur roboten beter sig vid nödstopp. När en robot installerats och anpassats till en tillverkningsprocess står den inte och arbetar oavbrutet utan tillsyn. Roboten kräver ett kontinuerligt underhåll av såväl maskin- som programvaror. Även om roboten används för en och samma applikation krävs en relativt regelbunden omprogrammering för att kompensera för slitage, rubbningar m m.

Styrutrustning. En industrirobots styregenskaper är i hög grad beroende av

vilken typ av styrsystem som används. Enklast kan styrsystemen uppdelas i datorbaserade (mikro- och minidatorer) och icke datorbaserade system (reläteknik, pneumatik och liknande). De robotar som produceras i dag har huvudsakligen datorbaserade styrsystem. Detta är en följd av dels snabbt sjunkande priser för datorer, dels att datorbaserade robotsystem har betydligt större flexibilitet och kan klara av mer komplicerade arbetsuppgifter. I det följande kommer därför huvudsakligen endast datorbaserade industrirobotsystem att behandlas.

De egenskaper hos styrutrustningen som är av särskilt intresse är: programmeringskapacitet och funktioner, redigeringsmöjligheter, periferienheter (bildskärmar, externa minnesenheter m m), antalet signalingångar och utgångar (anger antalet impulser från maskiner och utrustningar som kan kontrolleras och behandlas simultant), antalet robotar som kan styras från en och samma styrenhet, anslutning till överordnade datorsystem m m.

7.4 Programmering av industrirobotar

Dagens industrirobotar, som är utrustade med elektroniska styrsystem, programmeras vanligtvis enligt den s k *"inlärningsmetoden"*. Programmering enligt denna metod går till på så sätt att programmeraren flyttar robotarmen manuellt till önskade lägen. Dessa registreras med en knappsats och matas in i minnet tillsammans med uppgifter om de hastigheter och gripdonsrörelser man vill ha reproducerade.

Programmering med "inlärningsmetoden" kan ske på två sätt (vilket sätt som används är beroende av dels vilka uppgifter roboten skall utföra, dels vilken typ av styrutrustning som används): *Punkt till punkt styrning*. Endast ett begränsat antal punkter registreras. Däremot inte vägen mellan två punkter. *Kurvlinjestyrning*. Robotarmens hela rörelseväg registreras i minnet. Operatören flyttar robotarmen längs alla de rörelser han vill att den skall utföra. Denna programmeringsmetod används bl a vid sprutmålning.

En av nackdelarna med inlärningsmetoden är att roboten måste användas vid programmeringen d v s den måste tas ur operationell drift vid programmeringen.

Robotprogrammering enligt inlärningsmetoden brukar också kallas *explicit- eller geometrisk programmering*. Explicit programmering innebär att man uttrycker den önskade robotrörelsen i termer av explicita punkter i rummet och en serie logiska händelser.

Ett annat sätt att programmera robotar, som dock inte är så vanligt idag men där det pågår mycket utvecklingsarbete, är *implicit programmering*. Denna teknik kräver betydligt större datorkapacitet än den explicita programmeringen.

I den implicita programmeringen är robotens, verktygets och arbetsstyckets lokalisering i rummet definierade. Olika positioner i rummet och orienteringen mellan dessa kan beskrivas funktionellt. Programmering enligt denna metod kan göras i högnivåspråk och på en vanlig dator, d v s programmeringen kan göras med datorstöd. En annan fördel är att roboten inte behöver tas ur drift vid programmeringen.

7.5 Användningsområden

Industrirobotar räknas till klassen generell tillverkningsutrustning eftersom en och samma robot kan anpassas till olika typer av tillverkningsprocesser. Däremot är det ännu inte så vanligt att roboten när den väl installerats kontinuerligt ställs om för att utföra olika uppgifter. Som kommer att visas i kapitel 12 har industrirobotarna hittills huvudsakligen använts som fast automatiseringsutrustning vid relativt storskalig tillverkning. Flexibiliteten hos robotarna har främst bestått i att de är återanvändbara komponenter i nya fasta automatiseringssystem.

Den snabba utvecklingen inom dator- och sensortekniken kommer dock sannolikt att innebära att robotarna i allt större utsträckning kommer att omprogrammeras för att användas i olika tillverkningsprocesser.

Robotarnas generalitet vad gäller tillämpningen innebär att de kan tillverkas i långa serier och till lägre priser än om de vore specialbyggda. Detta medför å andra sidan begränsningar. En robot som skall kunna användas för svetsning, målning, maskinbetjäning m m kan inte vara optimal för varje enskild tillämpning. De krav på fysiska prestanda som redovisades i avsnitt 7.3 varierar mellan olika tilllämpningar. Det är därför inte ovanligt att en köpare av industrirobotar i dag erhåller egenskaper hos roboten som köparen inte har behov av samtidigt som vissa efterfrågade egenskaper saknas. Denna kompromiss mellan generalitet och specialitet hos dagens robotar torde på sikt lösas dels genom att utbudet av olika tillämpningsspecifika robotar ökar, dels genom modulärt uppbyggda robotar.

Hantering av arbetsstycken är den dominerande applikationen för industrirobotar. Det kan dels vara fråga om att roboten används för att förflytta detaljer till och från lager, transportband etc, dels för att betjäna en eller flera maskiner, se figur 7.3. Den senare applikationen kommer att redovisas närmare i avsnitt 7.6.

En annan tillämpning där robotar har haft stor framgång är *svetsning*. De flesta installationerna har gjorts för punktsvetsning i tunnplåt, t ex karosseriplåt. Detta är en följd av att svetsprocessen är enkel att automatisera samt att positioneringen mellan punktsvetsverktyget och svetsobjektet ofta inte behöver vara särskilt noggrann. Vanligt är dock att speciella svetsfixturer[1] används för att lokalisera svetsobjekten och förhindra att dess kompontenter förflyttar sig under svetsningens gång under inverkan av svets- och värmespänningar.

Bågsvetsande robotar används även, men här stiger kraven på svetsobjektens noggrannhet och lokalisering. Vid användning av endast lägesavkännande robotar krävs att svetsfogarna är rätt lokaliserade inom ca 0,5 mm avvikelse. För att detta skall vara möjligt krävs att svetsobjekten är relativt små eller att fixturerna är komplicerade. Försök med svetsskarvavkännande robotar har givit lovande resultat[2]. Avkänningen sker då t ex genom att svetselektroder pendlas tvärs svetsskarven, varvid svetsströmmen avkänns och tillåts styra matningen av svetselektroden.

Det finns en tilltro inom robotsvetsningsbranschen på att allt bättre fogsökningssystem kommer att utvecklas, varigenom kraven på svetsobjekten kommer att minska och därmed öppna en allt större marknad för denna typ av automatiserad svetsning.

[1] Speciella stativ i vilket svetsobjektet är fastspänt.

[2] Forskningsarbete med sikte på att utveckla fogföljande robotar pågår med stöd från Nordisk Industrifond.

En robot kan användas i svetsprocessen på två sätt. Antingen utför roboten själva svetsoperationen eller används roboten för att mata och positionera arbetsstycken till en svetsmaskin.

Sprutmålning är ett annat område där robotar med fördel kan användas, framför allt för målning av detaljer med komplicerade former. I många fall torde sprutmålningsrobotar installeras för att förbättra arbetsmiljön.

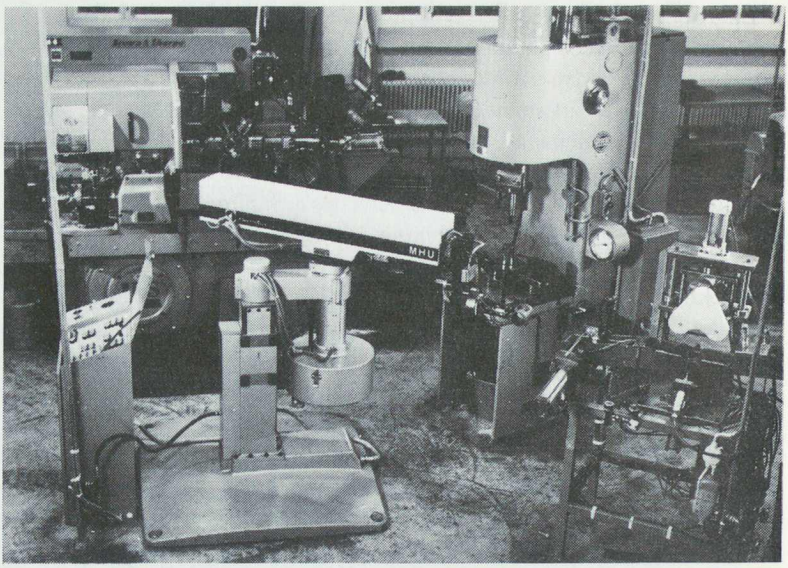
Andra områden där robotar redan används är *slipning, gradning, kapning* (se figur 7.3), *rensning, plastformning* och *pressgjutning.*

Som tidigare framhållits har industrirobotar hittills i mycket liten utsträckning kommit till användning i *monteringsarbeten.* Orsaken härtill har varit dels tekniska ofullständigheter hos industrirobotarna, dels bristande insikter i hur monteringsprocessen kan beskrivas geometriskt. Ett för människan så trivialt arbetsmoment som att föra in en skruv, bult eller sprint i ett hål utan att den "kärvar" har hittills varit en nästan omöjlig uppgift för industriroboten. När industrirobotarna blir utrustade med TV-kameror och mer avancerade känselsensorer kommer förutsättningarna för flexibel automatisk montering att öka väsentligt. För att industrirobotarna skall få en mer avgörande betydelse för monteringsarbeten räcker det emellertid inte att utrustningen blir tekniskt mer avancerad. Lika viktigt är det att modeller utvecklas som i detalj kan beskriva monteringsförloppet. Dessutom krävs ökade insatser för att utveckla programvaror till dessa modeller.

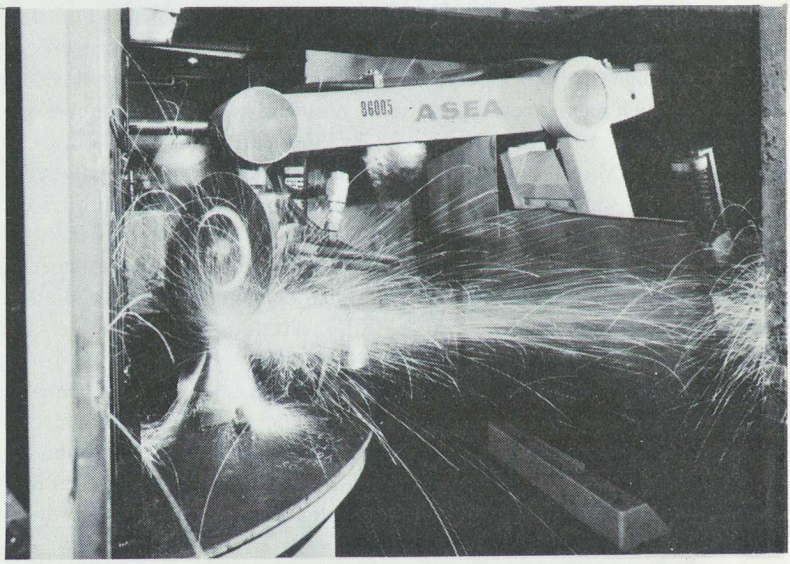
Automatisk kvalitetskontroll är ett annat område där industrirobotar kan komma att användas. Automatisk kvalitetskontroll innefattar kontroll och analys av färdiga varor, arbetsstycken som har eller skall vidareförädlas samt av maskiner och maskinverktyg i syfte att reducera maskin- och verktygshaverier. Förutom att garantera en viss kvalitet på produkterna skall den automatiska kvalitetskontrollen analysera orsakerna till bristande eller ojämn kvalitet samt ge signaler till förändringar i produktionsprocessen. Effekterna av automatisk kvalitetskontroll är högre kapacitetsutnyttjande av maskiner och verktyg, bättre möjligheter att förutse service och underhåll, mindre kassation vilket medför lägre material- och energikostnader. För att industrirobotar skall kunna användas för kvalitetskontroll måste de vara utrustade med sensorer, i första hand synsensorer.

Ser man till användningen av industrirobotar fördelad på branscher och företag finner man att bilindustrin är den dominerande användaren. Detta förhållande gäller såväl Sverige som utlandet. Inom bilindustrin har industrirobotarna framför allt kommit till användning i olika svetsoperationer. Även i andra tillämpningar; sprutmålning, maskinbetjäning, gradning m m använder bilindustrin industrirobotar.

Som en följd av att bilindustrin är den ledande robotanvändaren spelar bilföretagen också en betydande roll vad gäller robotutvecklingen. Många bilföretag, t ex Renault, Volkswagen, Fiat m fl , har därför startat en egen utveckling och produktion av industrirobotar. För att snabbare kunna anpassa robotarna till såväl existerande som planerad tillverkningsutrustning har vissa bilföretag dessutom etablerat utvecklingssamarbete med såväl robotföretag som forskningsinstitut. Världens ledande robottillverkare, Unimation, bedriver utvecklingsarbete tillsammans med General Motors och Ford, bl a inom monteringsområdet. Ett resultat av detta samarbete är Unimations nya robot, som går under beteckningen PUMA. Denna är speciellt utvecklad för att kunna tillämpas i olika monteringsprocesser.



Maskinbetjäning med Elextrolux' robot MHU Senior.



Kapning av stålgjutsgods med ASEA-robot vid Kohlsva Jernverk.

Figur 7.3 Användning av industrirobotar för maskinbetjäning och kapning.

7.6 Anslutning till övrig tillverkningsutrustning

Industrirobotar kan och kommer i allt större utsträckning att kopplas till annan datorstyrd tillverkningsutrustning. Framför allt väntas industrirobotarna få stor betydelse i såväl system för produktion med begränsad bemanning (PBB-system) som flexibla tillverkningssystem. I sådana system

kan ingå industrirobotar, NC-maskiner, utrustning för automatisk kvalitetskontroll, datorstyrda transportsystem m fl. De olika enheterna är vanligtvis anslutna till en överordnad dator.

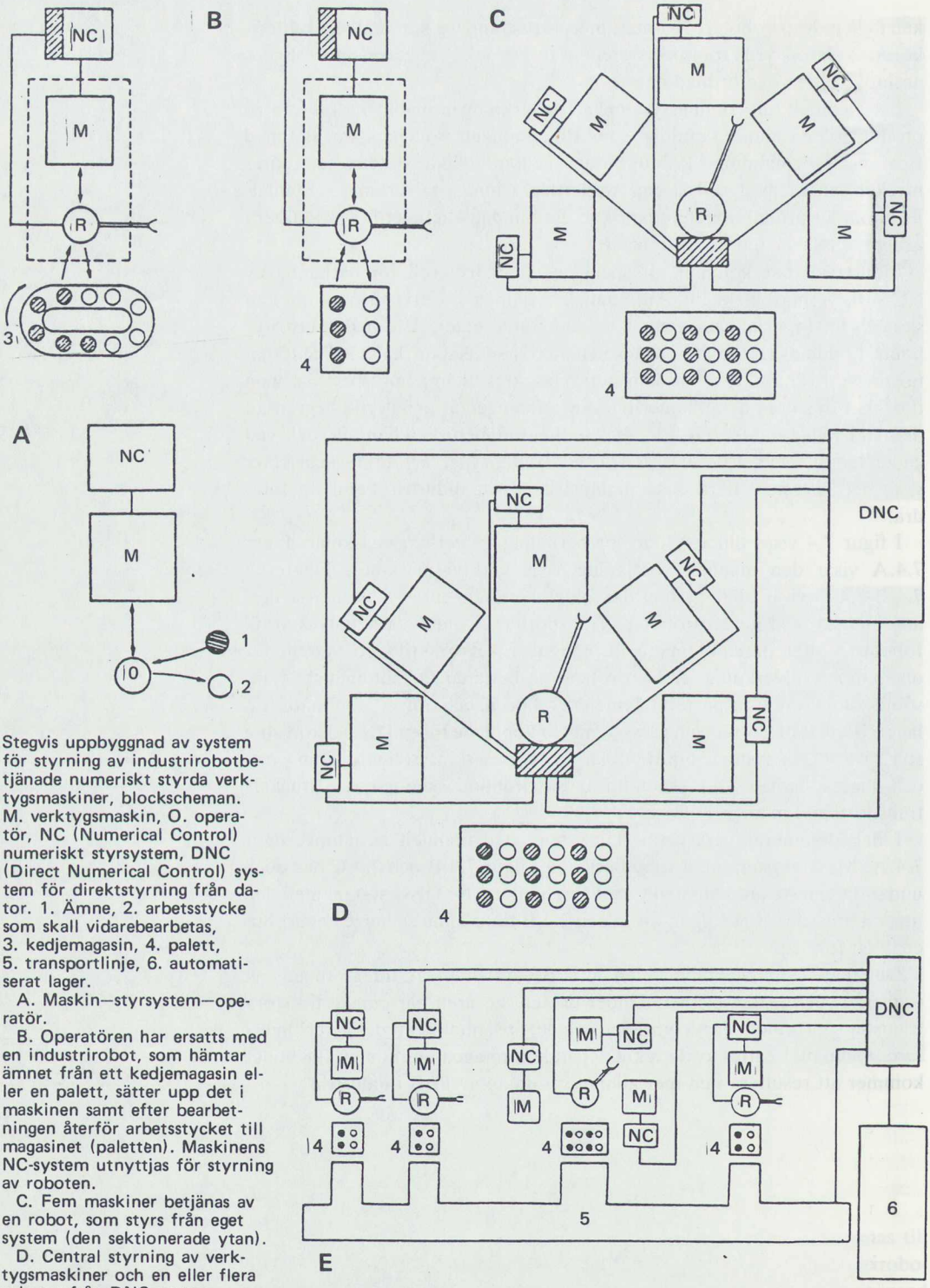
I ett flexibelt tillverkningssystem kan tillverkningen snabbt ändras från en produkt till en annan samtidigt som tillverkningen vanligtvis kan ske med Begränsad bemanning. Produktflödet genom dylika system kan göras mycket snabbt med endast små buffertlager inne i tillverkningssystemet. Förutom att produktiviteten ökar kan det bundna kapitalet för produkter i arbete och lager reduceras avsevärt.

Industrirobotar kommer att spela en allt större roll för betjäning av NC-verktygsmaskinsystem. Automatisk betjäning av verktygsmaskiner kan ske dels med specialmaskiner, s k laddningsautomater, dels med industrirobotar. Laddningsautomater, som kan karaktäriseras som "halvfast" automatiseringsutrustning, d v s de kan betraktas som tillämpningsspecifika men flexibla i fråga om detaljhantering. Användningen är emellertid begränsad dels vad gäller antalet olika detaljer som automaten skall hantera, dels vad gäller laddningens arbetscykel. Då flera olika typer av verktygsmaskiner skall betjänas med flera olika detaljvarianter är industrirobotar att föredra.

I figur 7.4 visas olika system för betjäning av verktygsmaskiner. Figur 7.4.A visar den manuella betjäningen av verktygsmaskiner. Figurerna 7.4.B-7.4.D visar olika system där själva betjäningen av maskinerna sker automatiskt med industrirobotar. Transporten av ämnen/arbetsstycken till robotarna sker däremot manuellt. I figur 7.4.E beskrivs ett system för obemannad tillverkning. Industrirobotarna betjänar ett automatiskt transportsystem som transporterar ämnen/detaljer till och från ett automatiserat lager. Både transport- och lagersystemet är kopplade till en DNC-dator, som styr såväl dessa system som de olika verktygsmaskinsystemen. Transport- och lagersystemen kan innefatta industrirobotar, datorstyrda truckar, transportband m m.

I dag dominerar verktygsmaskinsystem med manuell betjäning, figur 7.4.A. Maskinsystem med robotbetjäning, figur 7.4.B och 7.4.C har dock under de senaste åren blivit allt vanligare i industrin. DNC-system med den utformning som visas i figur 7.4.D och 7.4.E finns ännu så länge endast hos ett fåtal företag.

Den mest komplicerade delen av PBB-systemen är integreringen av transport- och lagersystemet. Under de senaste åren har emellertid stora framsteg gjorts inom dessa områden och det är sannolikt att det utvecklingsarbete som nu bedrivs av de teknikledande företagen i mitten av 1980-talet kommer att resultera i en mer allmän spridning av PBB i industrin.



Stegvis uppbyggnad av system för styrning av industrirobotbetjänade numeriskt styrda verktygsmaskiner, blockscheman. M. verktygsmaskin, O. operatör, NC (Numerical Control) numeriskt styrsystem, DNC (Direct Numerical Control) system för direktstyrning från dator. 1. Ämne, 2. arbetsstycke som skall vidarebearbetas, 3. kedjemagasin, 4. palett, 5. transportlinje, 6. automatiserat lager.

A. Maskin—styrsystem—operatör.

B. Operatören har ersatts med en industrirobot, som hämtar ämnet från ett kedjemagasin eller en palett, sätter upp det i maskinen samt efter bearbetningen återför arbetsstycket till magasinet (paletten). Maskinens NC-system utnyttjas för styrning av roboten.

C. Fem maskiner betjänas av en robot, som styrs från eget system (den sektionerade ytan).

D. Central styrning av verktygsmaskiner och en eller flera robotar från DNC-system.

E. System för obemannad produktion.

Figur 7.4 Olika typer av industrirobotbetjänade maskinsystem.

Källa: Verkstäderna och Fujitsu Fanuc.

7.7 Utvecklingstendenser

Styrutrustning till industrirobotar är i flera avseenden snarlika de som används för NC-maskiner. Den utveckling av datorutrustning för NC-maskiner, som beskrevs i avsnitt 6.6 gäller därför även industrirobotarna.

Den ökade datorkapaciteten hos industrirobotarna kommer att göra det möjligt att utrusta robotarna med olika sensorer som syn-, känsel- och sannolikt också röstsensorer. Detta kommer att innebära att robotarna kommer att kunna utföra mer komplexa arbetsuppgifter. Robotarnas användningsområde kommer då också i jämförelse med dagens teknologi att vidgas väsentligt.

Vid datorbaserad bildbehandling är det stora informationsmängder som skall bearbetas. Industrirobotar som utrustas med TV-kameror för att kunna identifiera olika detaljer, som kan vara i rörelse på t ex ett transportband, måste därför vara utrustade med snabba och kraftfulla datorer. Den tid det tar för datorn att identifiera och för roboten att gripa en detalj är avgörande för de seende robotarnas användning i tillverkningsprocessen. De robotar med synsystem som i dag är kommersiellt tillgängliga är vanligtvis för långsamma för praktiska industriella tillämpningar. Visserligen skulle robotarnas styrutrustning kunna byggas ut med större datorer men kostnaden skulle då bli så stor att investeringen inte skulle bli lönsam.

Den snabba utvecklingen inom elektronikområdet, som medför att priset på styrenheterna i stort sett är oförändrat samtidigt som kapaciteten ökar väsentligt, innebär att förutsättningarna för industrirobotar med synsystem blir allt gynnsammare. Under första delen av 1980-talet väntas sådana industrirobotar komma till användning hos ett mindre antal teknikledande företag. En mer allmän spridning av seende industrirobotar uppnås sannolikt inte förrän under senare delen av 1980-talet.

Med syn- och känselsensorer kommer industrirobotarna att få ökad användning inom såväl nuvarande tillämpningsområden (robotarna kommer t ex att kunna utföra mer komplicerade svetsoperationer) som helt nya tillämpningsområden. I det senare avseende är det framför allt inom områdena bågsvetsning, montering och kvalitetskontroll som den nya generationen industrirobotar kommer att få störst betydelse. Robotiserad montering väntas framför allt komma till användning för montering av små komponenter i produkter som tillverkas i medelstora och stora serier; bilar, motorer av olika slag, hushållsmaskiner, kontorsmaskiner, teleprodukter m fl.

Montering och kvalitetskontroll har hög arbetsintensitet, minst 1/4 av verkstadsindustrins arbetarpersonal torde vara sysselsatt med dessa uppgifter. Det föreligger således en stor teoretisk potential för monteringsrobotar. Utvecklingen av robotiserade monteringssystem är emellertid inte entydig. *För det första* finns det ett flertal produkter där det under överskådlig framtid inte är tekniskt/ekonomiskt möjligt att automatisera monteringsarbetet. I första hand gäller detta investeringsvaror, typ turbiner, som tillverkas i små serier.

För det andra finns det andra automatiseringsalternativ än industrirobotar. För montering av små standardiserade komponenter i t ex hushållsvaror som tillverkas i långa serier är vanligtvis specialbyggda datorstyrda monterings-

automater det mest lönsamma alternativet.

För det tredje kan monteringsarbetet rationaliseras genom att reducera antalet komponenter per produkt. Att reducera den mängd monteringsarbete som åtgår per producerad enhet kan uppnås på olika sätt: genom nya material, t ex kompositer, ersättning av mekaniska komponenter med elektroniska samt genom nya konstruktioner som medför att antalet detaljer som ingår i produkterna reduceras. Denna utveckling kan å ena sidan medföra att förutsättningarna ökar för att robotisera monteringsarbetet av de återstående komponenterna. Å andra sidan kan det återstående monteringsarbetet vara så marginellt eller komplext att det ej lönar sig att automatisera.

Trots dessa reservationer är det sannolikt att industrirobotarna kommer att bli ett viktigt hjälpmedel för att rationalisera monteringsarbetet. Detta kommer dock att ske först under senare delen av 1980-talet och avse endast vissa typer av monteringsuppgifter.

Som en följd av att robotarna får kraftfullare datorer ökar förutsättningarna för att i större utsträckning integrera dem i automatiska tillverkningssystem i vilka, förutom robotar, kan ingå NC-maskiner, datorstyrd transportutrustning m m.

Robotteknikens utveckling är emellertid inte bara beroende av kraftfullare styrenheter och olika typer av sensorer. Om industrirobotarna skall få en snabbt ökad användning inom industrin krävs väsentliga förbättringar av olika mekaniska komponenter. Av central betydelse är här utvecklingen av gripdon, såväl tillämpningsspecifika som generella gripdon. På samma sätt som många NC-maskiner är utrustade med verktygsväxlare kommer industrirobotarna att utrustas med gripdonsväxlare.

Andra utvecklingstendenser vad gäller de mekaniska funktionerna är robotar med två eller flera simultant arbetande armar samt modulärt uppbyggda robotar. Med de senare blir det i större utsträckning möjligt att specialkonstruera robotarna för varje tillämpning. Därvid undviks att man köper funktioner som ej är nödvändiga för tillämpningen, vilket kan vara fallet om endast generella robotar finns att tillgå.

8 Datorstyrda transportsystem

8.1 Inledning

I sin strävan att förbättra kapitalutnyttjandet, söker man inom industrin i dag att utforma materialflödet så att den totala genomloppstiden för en vara minimeras. Det är då väsentligt att se till hela flödet från råvarulager genom tillverkningen (bearbetning, montering m m) fram till slutlig lagring av den färdiga produkten. För att genomloppstiden skall bli så kort som möjligt, krävs en övergripande planering och samordning av de många olika typer av aktiviteter som är förenade med förädlingsprocessen. Beroende på faktorer såsom grad av komplexitet med avseende på detaljtillverkning och montering samt materialflödets utformning kan planeringsarbetet bli synnerligen svåröverskådligt. Rätt artikel skall vara på rätt plats vid rätt tidpunkt och i rätt antal. I detta sammanhang har datorn blivit ett allt viktigare hjälpmedel antingen som "fristående" styrorgan eller integrerat i ett övergripande produktionsadministrativt system.

I det följande ges en översikt av olika datorstyrda, interna (inom ett fabriksområde) transportsystem, samt vilka uppgifter de utför.

Med ett *transportsystem menas:* Ett eller flera materialflöden, personal och transportutrustning, samt en funktion som styr personal och utrustning.

Begreppet transport innefattar såväl *förflyttning* (en lägesförändring över en längre sträcka) som *hantering* (en mindre lägesförändring, t ex lyft, vändningar, lastning och lossning av gods).

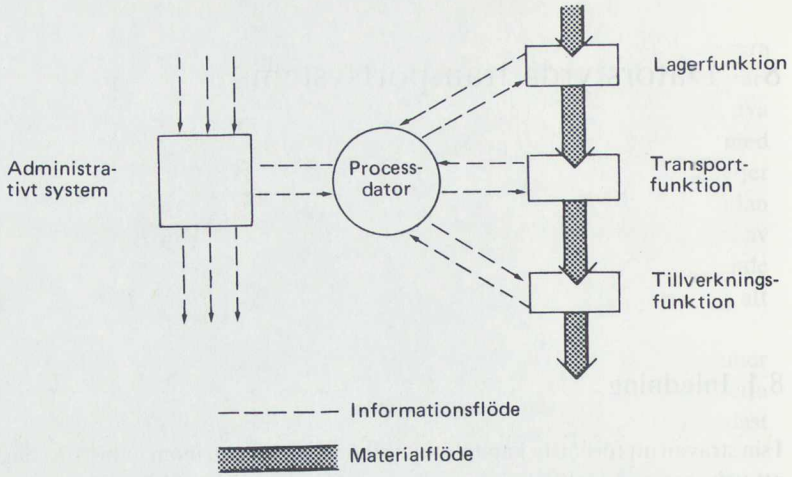
Industriroboten förflyttar inte utan hanterar endast varför den inte kan anses vara transportutrustning.

Med *datorstyrd transportutrustning* avses transportutrustning vars aktiviteter direkt styrs av en stor-, mini- eller mikrodator.

8.2 Datorstyrning av transporterna inom tillverkningen

De huvudsakliga motiven till att införa datorer vid styrning av intern transportutrustning kan sägas vara följande:

Genom datorns stora minneskapacitet kan avancerade detaljplaneringssystem läggas upp för transporterna inom tillverkningsledet. Speciellt vid stor variation av produktsortiment och blandad tillverkning kan datorn bättre än människan överblicka, koordinera och styra materialflödena. Produktionen kan effektiviseras och tillverkningstakten ökas med bättre



Figur 8.1 Datorns roll som koordinator i tillverkningsprocessen.

Källa: IVF.

kapitalutnyttjande som följd. Vidare kan ändringar i planeringen utföras genom omprogrammering och detta kan ske på förhållandevis kort tid. Med datorbaserade transportsystem har det således blivit möjligt att uppnå väsentligt ökad flexibilitet i materialflödet.

Genom att datorn kan köras dygnet runt har man möjlighet att låta tillverkningen fortlöpa kontinuerligt. Även detta bidrar till en minskad kapitalbindning.

8.3 Datorstyrd transportutrustning – funktionsbeskrivning

Utrustning för intern materialtransport brukar traditionellt delas upp enligt följande:

Obundna närtransportdon: Truckar, vagnar, luftkuddetransportdon, m m.

Platsbundna närtransportdon: Transporterna sker här över ett mycket begränsat område. Som exempel på sådan hanteringsutrustning kan nämnas pelarsvängkranar och telfrar av fast typ. (Telfern är ett lyftmaskineri som består av en lina eller kedja som upprullas på en lintrumma. Trumman är sammanbyggd med en drivväxel, motor och broms till ett gemensamt aggregat som monteras fast i taket).

Ytbundna närtransportdon: Transporten sker inom en begränsad yta. Till denna kategori räknas staplingskranar samt travers- och portalkranar. Traverskranen består av en traversbrygga uppbyggd av en eller flera balkar som är för sedd med ett längs balkarna rörligt lyftmaskineri. Traversbryggan är utrustad med ändvagnar som drivs av ett åkverk längs två löpbanor placerade i taket. Portalkranen kan sägas vara en traversbrygga som monterats på fyra stödben.

Linjebundna närtransportdon: Dessa kännetecknas av att de kan förflytta gods kontinuerligt eller intermittent längs en viss given bana. Till denna kategori räknas rullbanor, kedjetransportörer, hängtransportörer samt slingstyrda vagnar, truckar och lok.

De platsbundna närtransportdonen används vid små förflyttningar av gods som p g a sin vikt, mänskliga krafter inte förmår lyfta. Denna utrustningstyp utgör alltså ett *hjälpmedel* vid lyft och förflyttning av dessa detaljer inom små ytor. Manipulerandet av godset utföres manuellt och datorstyrning är här inte motiverat.

Det är främst de yt- och linjebundna transportdonen som styrs med datorns hjälp. Detta beror bl a på att deras rörelseschema är av sådan art att de enkelt kan programmeras in i datorn. Därför kommer endast dessa utrustningskategorier att behandlas i den fortsatta redovisningen.

8.3.1 *Ytbunden utrustning*

Ytbundna transportdon exemplifieras med staplingskranen då den ofta styrs med datorns hjälp.

För att få ner volymen i ett lager bör man bygga högt samt göra gångarna mellan pallställen så smala som möjligt. I höglager, d v s anläggningar med 10-35 m lagerhöjd, utgöres den hanterande och förflyttande utrustningen av höglyftande gaffeltruckar eller staplingskranar. Gaffeltruckens förmåga att göra höga lyft är begränsad till 12 m och därför ersätts den i dag alltmer av staplingskranen.

Staplingskranen används företrädesvis för hantering av hela lastenheter in och ut ur lager. En golvräls på vilken kranen löper tar upp de vertikala krafterna (golvuppburen staplingskran). Varianter med tak- och ställage-uppburna kranar förekommer också.

På kranstativet är anbringad höj- och sänkbara gafflar. Om stället inrymmer rullfack, ersättes gafflarna av en plattform med rullar och godset rullas då över från kranen till sin plats i facket.

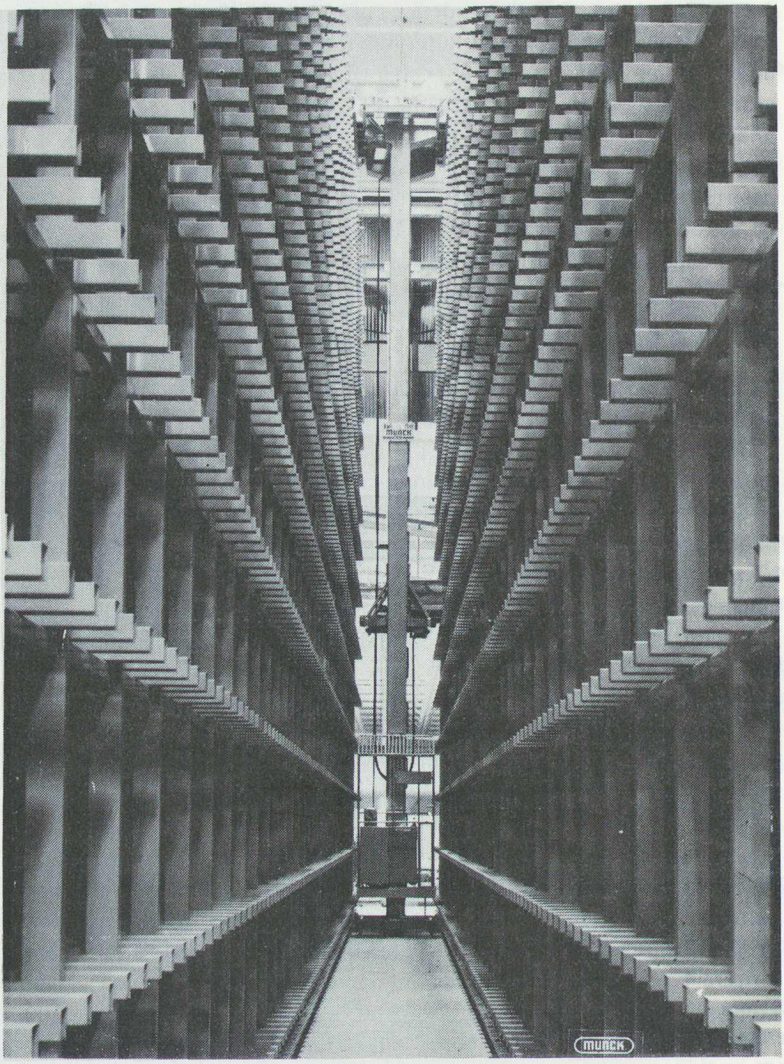
Förutom att kranen kan utföra höga lyft, ställs små krav på transportgångens bredd. Vidare lämpar sig krantypen synnerligen väl för automatisering då gafflarnas rörelse enkelt kan beskrivas med hjälp av rätvinkliga koordinater. Programmeringen blir härigenom enkel och datorn kan med stor precision dirigera kranen rätt. De s k automatlagren utformas i dag kring denna krantyp.

Ett automatlager är utrustat på så sätt att en enhet på en impuls (manuellt eller på annat sätt given) hämtas från, eller sätts in på en bestämd plats i lagret, utan mänsklig hjälp. Beroende på graden av automatisering talar man om:

Off-linestyrda automatlager. Principen för detta arrangemang är följande: En administrativ dator håller lagersituationen aktuell. En order initierar framtagning av hålkort eller hålremsor. Dessa matas sedan av en operatör in i en hålkorts (rems-) läsare som ger kranarna direktiv om vad som skall hämtas eller lämnas. I vissa fall ger operatören instruktioner till kranen med hjälp av en knappsats.

On-linestyrda automatlager. Här står kranarna i "direktkontakt" med den administrativa datorn, som automatiskt ger kranarna order om att hämta eller lämna gods.

Höglagrets ytsnåla utformning gör att det lämpar sig väl som buffertlager mellan t ex två tillverkningslinjer, med uppgift att absorbera variationer i materialflödet. Genom att låta kranarna dirigeras från någon överordnad



Figur 8.2 Ställageuppburen staplingskran.

Källa: IVF.

dator kan flödet genom buffertlagret anpassas till övriga aktiviteter i förädlingskedjan.

Framtagning av enstaka ämnen, komponenter, verktyg eller färdiga produkter från lager och förråd görs vanligtvis manuellt. De artiklar som erfordras för en viss order hämtas från lådor och fack ute i lagret av en gående eller fordonsburen plockare. Genom att i stället hämta lådorna från sina platser i lagret till en stationär plockare kan denna hantering göras effektivare. Därför blir det allt vanligare med mer eller mindre datorstyrda staplingskranar som beordras att hämta fram önskad låda. Själva plockningen sker emellertid fortfarande manuellt (mindre lyckosamma försök har gjorts med industrirobotar).

8.3.2 *Linjebunden utrustning*

Linjebunden närtransportutrustning används framför allt vid flödesorienterad tillverkning (definition av detta begrepp gavs i kapitel 3).

Exempel på linjebunden utrustning som i dag styrs med datorns hjälp är slingstyrda lok, truckar och vagnar samt rullbanor, bandtransportörer, hängtransportörer m m. Kännetecknande för dessa transportdon är att de kan förflytta gods kontinuerligt längs en viss given bana. De lämpar sig bäst vid relativt stora och förutsägbara godsflöden.

För att kunna automatisera transporterna av detaljer mellan bearbetande maskiner använder man sig inom verkstadsindustrin ofta av s k paletter. Paletten är en objektbärare på vilken arbetsobjektet spänns upp eller hålls orienterat. Den fungerar alltså både som lastbärare och fixtur. Paletterna transporteras på olika typer av linjebunden utrustning.

För att växla över godset från en rullbana till en annan används en mängd mer eller mindre sofistikerade metoder. Växlingen i ett helautomatiskt system kan ske med datorns hjälp. Dess roll som styrande organ i ett linjebundet system av rullbanans typ kommer att behandlas senare.

De förarlösa, *slingstyrda marktransportfordonen* (lok, truckar och vagnar) används i dag huvudsakligen inom lagerhantering och montering för handhavandet av de tunga materialflödena, men utvecklingen går mot allt vidare användningsområden inom interntransportsektorn.

Styrtekniken baseras på att en strömförande ledare omges av ett magnetfält. Slingan, som utgöres av en isolerad kopparledare, lägges i uppsågade spår i golvet på ett djup av 15-20 mm. Vagnen är utrustad med två spolar som avkänner magnetfältet och håller på så sätt ständigt fordonet över slingan. Genom att ha flera magnetslingor kan vagnen dirigeras till olika destinationer. Man låter då endast den slinga som fordonet skall följa vara magnetiserad. En annan metod går ut på att man har olika frekvenser på ledningarna. Trucken kan då fås att välja slinga efter frekvens.

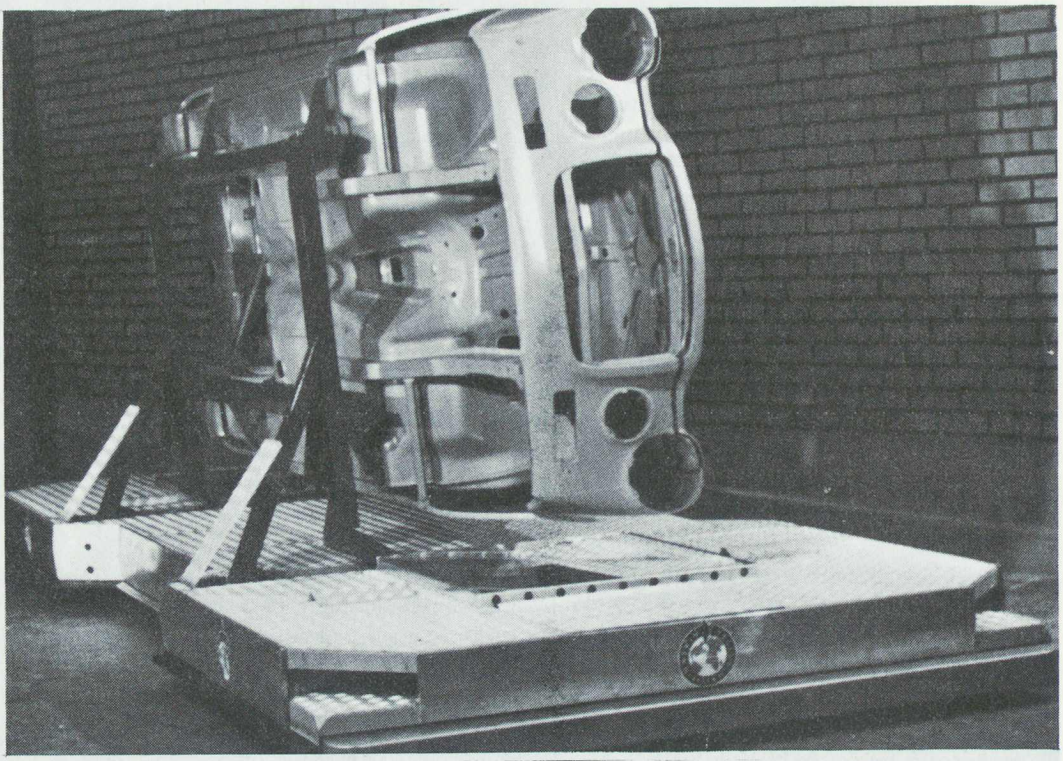
Alla funktioner hos vagnen kan manövreras automatiskt eller manuellt.

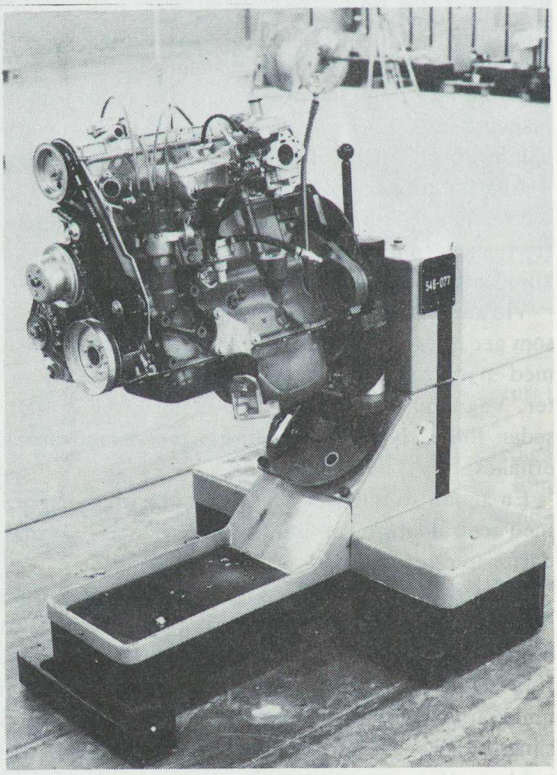
Vid manuell drift styrs vagnen från en knapptablå eller från ett löst styrreglage som kan kopplas till vagnen. Vid manuell körning kan vagnen köras vid sidan om slingan om så önskas.

Vid automatisk drift står vagnen i kontakt med en datoriserad styrcentral som ger erforderlig styrinformation. I en typ av system är vagnen utrustad med en mikrodator som programmeras för att utföra speciella arbetsuppgifter. Vagnarna (mikrodatorn) erhåller direktiv från centraldatorn som de sedan följer. När arbetet utförts meddelas centraldatorn och nya order erhålles.

En annan styrningsprincip bygger på att vagnarna står i ständig kontakt med centraldatorn (on-line). De medför således ingen mikrodator och kan därför inte utföra uppdrag "på egen hand".

En av de stora fördelarna med de slingstyrda transportfordonen jämfört med flertalet andra linjebundna transportdon är att transportgångarna blir hinderfria så när som på själva trucken. Personal och fordon kan härigenom röra sig obehindrat. Montering av stora och otympliga produkter kan underlättas väsentligt genom att man placerar monteringsobjektet på slingstyrda vagnar. Exempelvis har vissa biltillverkare tillämpat denna metod vid hopsättning av motorer och slutmontering av hela bilar.





Figur 8.3 Montering med hjälp av slingstyrda vagnar.

Källa IVF.

Även inom höglagertekniken förekommer principen med slingstyrda vagnar. Dessa ombesörjer då de horisontella förflyttningarna medan staplingskranar sköter de vertikala.

Slingstyrda truckar kan också användas i miljöer där människan far illa, exempelvis kyllager.

Fördelarna med ovan beskrivna system är:

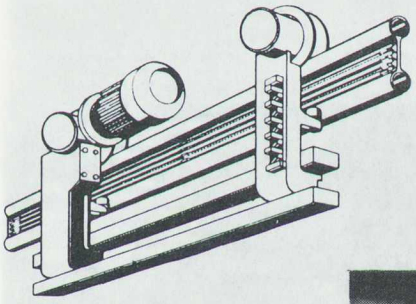
- Flexibilitet i produktionen.
- Låga underhålls- och driftskostnader.
- Fria golvytor.
- Låg ljudnivå.
- Ren miljö.
- Möjlighet till dygnet-runt drift.
- Systemet tillåter en stegvis integrering i ett befintligt materialflöde.
- Vagnarna kan användas även utanför slingan när de körs manuellt.

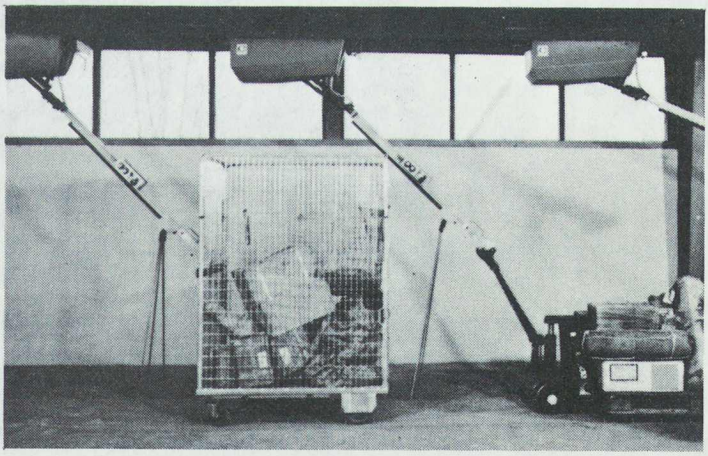
Nackdelar:

- Högre projekteringskostnad än konventionella system.
- Hög utnyttjandegrad krävs.
- Högre krav på golvkonstruktion.

Hängtransportören har liksom föregående system den fördelen att golvytan lämnas fri för personal, truckar m m då hela systemet är takmonterat.

En form av hängtransportör som alltmer styrs med datorns hjälp är enrälsloken (autohängtrucken) där loket löper på en balk. Till dessa lok kan





Figur 8.4 Hängtransportörer.

Källa: IVF.

kopplas golv- och hjulburna vagnar för godset men vanligt är också att lasten förflyttas hängande i loket. Loken förses med kodningsutrustning så att datorn kan styra in dem på de spår som leder fram till önskad destination. Detta transportsystem utnyttjas såväl för montering som för transporter inom godsterminaler, lager m m.

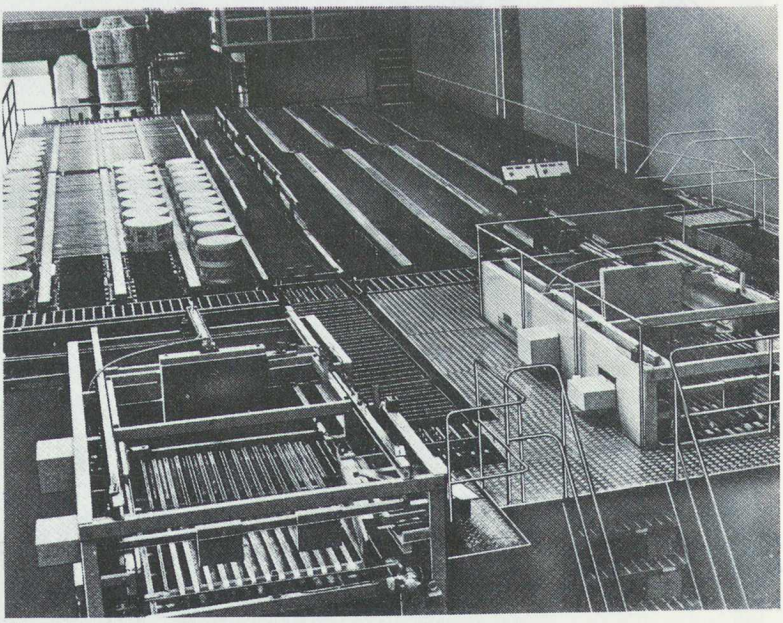
Rullbane-, band-, lamell- och kedjetransportörer benämnes med ett gemensamt namn för linjebundna golvtransportörer (ytterligare exempel förekommer, men det är främst i samband med de uppräknade som datorstyrning förekommer). Närmast följer en kort presentation av dessa följt av en beskrivning av hur godset dirigeras med datorns hjälp.

Rullbanor hör till de mest använda av alla linjebundna utrustningar för interna transporter. De är uppbyggda av rullar som vanligtvis är monterade mellan balkar av stål eller aluminium. Såväl drivna som odrivna rullbanor finns. Genom att placera en odriven bansektion emellan två drivna kan man lätt ackumulera gods vid en eventuell störning av det kontinuerliga godsflödet. Rullbanan utnyttjas för transport av gods med flat undersida (pallar, lådor, backar, burkar m m.).

Band- och lamelltransportören skiljer sig från rullbanan främst genom att den godsbärande banan följer med godset vilket i sin tur innebär att de endast kan användas i drivet utförande.

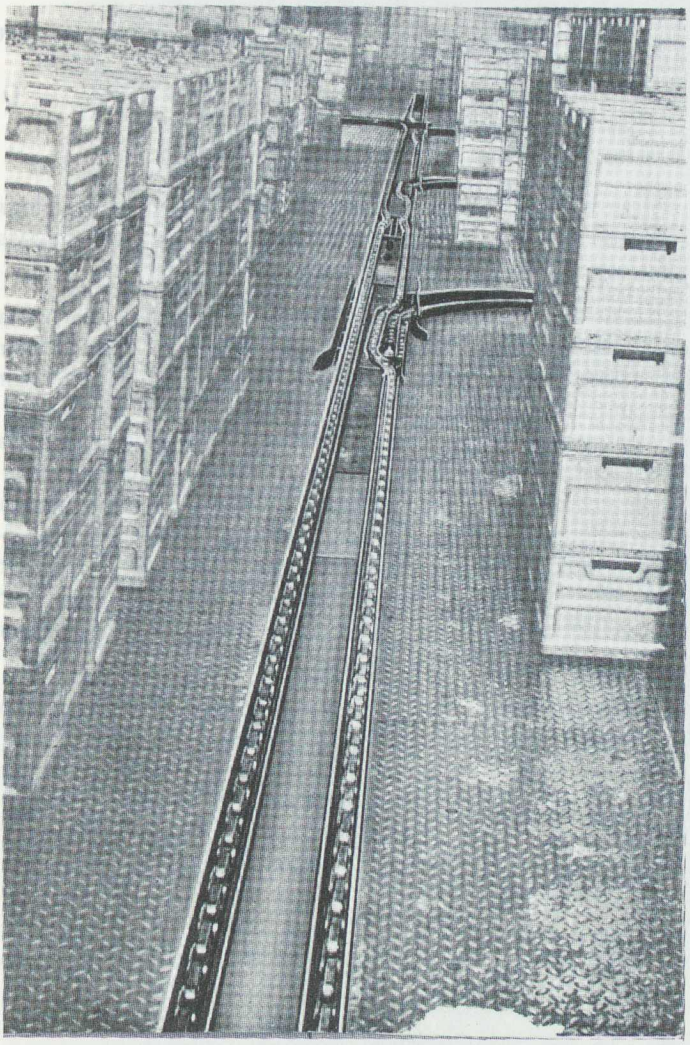
Kedjetransportören utgöres av en, två eller flera kedjor som löper i parallella spår där lasten bärs direkt på kedjorna. De utnyttjas för kortare eller längre horisontaltransporter av gods som inte kan transporteras på rullbana, samt som tvärförflyttningselement mellan rullbanor.

På liknande sätt använder man sig av tvärförflyttande datorstyrda traversvagnar inom bilindustrin.



Figur 8.5 Modern rullbaneanläggning.

Källa: IVF.



Figur 8.6 Kedjetransportör med växlar.

Källa: IVF.

Vad gäller godsflödena föreligger en väsentlig skillnad mellan ytbundna och linjebundna närtransportdon. Generellt kan sägas att godsets placering i tid och rum är exakt känd av processdatorn före, under och fram till det att transporten är genomförd vid transport med hjälp av ytbundna transportdon (pallen befinner sig i ett speciellt fack och skall vid en viss tidpunkt föras av kranen till en viss punkt).

Vid linjebundna förflyttningar är godsflödet ofta av den karaktären att ankomsten av godset till transportsystemet sker i en oordnad repetitiv ström. Varje kolli måste vanligtvis först identifieras innan det kan styras till rätt destination (sorteras).

I ett automatiskt system sker identifiering vanligtvis genom optisk avläsning. Varje kolli har försetts med en etikett på vilken en kod är tryckt. En avläsningsenhet läser av koden som matas in i en mikrodator. Denna är programmerad att tilldela varje artikelnummer en adress. Härefter ges order

till styrenheten för transportsystemet. Godset växlas av vid önskad plats i det antal som datorn givit order om.

8.4 Utvecklingstendenser

Datorstyrda transportsystem har hittills fått en relativt begränsad spridning i industrin. De system som idag är installerade återfinns nästan undantagsvis hos ett fåtal stora företag. Detta har flera orsaker:

- Systemen är fortfarande dyra i inköp. Investeringskostnader på en miljon kronor och däröver är inte ovanligt. Därtill kommer stora kostnader för installation och anpassning av systemen till antingen en befintlig eller helt ny tillverkningsorganisation.
- Då systemen i stort sett måste "skräddarsys" för varje tillämpning ställs stora krav på egen produktionsteknisk kompetens hos företagen.
- Systemen är och kommer att vara lönsamma endast då de skall hantera stora materialflöden, bestående företrädesvis av standardiserade komponenter och produkter. För oregelbunda materialflöden bestående av ett flertal olika materialsatser, där varje sats innehåller ett fåtal komponenter eller varor, är det sällan lönsamt att automatisera. Vid sådana komplexa materialflöden är manuella metoder att föredra.

Med sjunkande datorpriser och utveckling av transportsystem som byggs upp av standardiserade moduler kommer den potentiella marknaden för datorstyrda transportsystem att öka. Detta är dock inte tillräckligt för att systemen skall få en spridning i industrin som är jämförbar med NC-maskiner och industrirobotar. Investeringar i datorstyrda transportsystem kommer huvudsakligen att göras i samband med uppbyggnaden av PBB-system och andra mer avancerade datorstyrda tillverkningssystem. Systemens nuvarande begränsningar till relativt stora, regelbundna och standardiserade materialflöden kommer inte att förändras på något avgörande sätt av den tekniska utvecklingen.

9 Styrsystem

9.1 Inledning

Sedan de första NC-maskinerna utvecklades under 1950-talet har skiftande tekniker tagits i anspråk för uppbyggnaden av styrsystem. Styrsystem för industrirobotar har stora likheter med styrsystem för verktygsmaskiner. Speciellt gäller detta industrirobotar med elektronisk styrning. Under slutet av 1960-talet och i början av 1970-talet fanns det dock ett flertal robottyper som var pneumatiskt styrda. Denna form av styrning är numera mindre vanlig eftersom elektroniska styrsystem blivit allt billigare och mera kraftfulla.

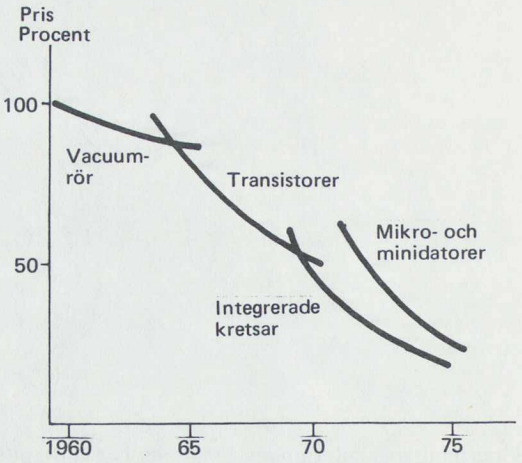
Även om styrsystemen till NC-maskiner och industrirobotar är elektroniskt styrda svarar elektroniken endast för en mindre del av den totala maskinkostnaden, uppskattningsvis 10-25 % av värdet. CAD-system består däremot nästan uteslutande av datorutrustning (minidatorer, stora datorer, bildskärmsterminaler etc) samt programvaror. Uppbyggnaden av CAD-system uppvisar därför i utrustningshänseende större likheter med traditionella datasystem än med NC-maskiner och industrirobotar.

Styrutrustningen till datorstyrda transportsystem är högst varierande beroende på typ av transportsystem och systemets omfattning och komplexitet. Styrsystemen kan vara uppbyggda kring mikrodatorer, minidatorer eller båda typer. Datorstyrda transportsystem är dessutom ofta anslutna till lageradministrativa system eller till produktionsplaneringssystem, som vanligtvis är uppbyggda kring stora generella datorer.

9.2 Styrsystem för NC-maskiner

Sedan NC-maskinerna började installeras i USA under senare delen av 1950-talet har fyra "generationer" styrsystem utvecklats, se figur 9.1.

De ursprungliga NC-maskinernas styrsystem var uppbyggda av reläer och vakuumrör. Under första delen av 1960-talet började transistorn ersätta vakuumröret. I den tredje generationen styrsystem, som kan dateras till omkring 1968, hade transistorn ersatts av de integrerade kretsarna. Vissa avancerade NC-tillverkare började också under slutet av 1960-talet att använda minidatorer som styrsystem. Emellertid var det först omkring 1973/74 som styrsystemen blev datorbaserade, s k CNC-system. Datorn i styrsystemet utgörs av antingen en mikrodator eller en minidator.



Figur 9.1 Olika typer av styrsystem till NC-maskiner samt styrsystemens prisutveckling.

Källa: American Machinist.

Den största fördelen med CNC-system jämfört med konventionella NC-system är att kontrollogiken finns i ett dataprogram varför nya kontrollfunktioner kan erhållas genom omprogrammering. I de konventionella NC-maskinerna finns logiken i maskinvaran. Förändringar i kontrollogiken kräver således byte av kretskort samt eventuellt ny ledningsdragning. Till skillnad från NC-system kan CNC-system relativt enkelt anpassas till olika fabrikat och typer av verktygsmaskiner samt till annan datorutrustning.

Helt dominerande har nu användningen av mikro- och minidatorteknik blivit. Alla nyutvecklade styrsystem har denna typ av informationsbehandlande organ. Som en följd av den snabba prissänkningen på halvledare har styrutrustningens värdeandel av det totala NC-maskinpriset kontinuerligt sjunkit. I nominella termer har emellertid priset på styrutrustning varit relativt konstant samtidigt som datorkapaciteten ökat kraftigt. Detta har gjort det möjligt att i systemen lägga in en rad viktiga funktioner som i konventionella system ej skulle vara möjliga, eller som skulle bli mycket dyra. Exempel på sådana funktioner redovisas i det följande.

I datorbaserade styrsystem, s k CNC-system, finns interna klockor, vilka kan utnyttjas för registrering av total drifttid, total bearbetningstid för ett parti, bearbetningstid per detalj samt ackumulerad bearbetningstid för varje verktyg. Det senare kan förväntas bli viktigt för styrsystemen att ta hänsyn till. Det är denna storhet som normalt kan användas för att avgöra när ett verktyg skall skiftas mot ett nytt. NC-maskiner, för vilka man ordnat automatisk inmatning av arbetsstycken och utmatning av färdiga detaljer samt automatisk återstart av bearbetningscykeln, kan beordras att avkänna verktygsingreppstiden mot av operatören satta maximalvärden. När dessa har uppnåtts sker ingen automatisk återstart av ny bearbetningscykel när verktyget är förslitet. Maskiner som är utrustade med verktygsmagasin kan växla in dubblettverktyg när ett verktyg bearbetat över maximaltiden.

De nya CNC-styrsystemen förbereds i stor utsträckning med signalingångar/signalutgångar för

- anslutning till överordnade datorsystem, till vilka t ex antalet färdigbearbetade detaljer kan rapporteras,
- DNC-drift,
- anslutning till hanteringsutrustning, t ex robotar,
- beordring av in- och utmatning av arbetsstycken till verktygsmaskiner.

Informationen till maskinoperatören förbättras även i de nya systemen. Många styrsystem utrustas med alfanumeriska bildskärmar, vilka återger bearbetningsdata samt visar var i programmet bearbetningen befinner sig.

Möjligheter för NC-programmerare att lägga ut förklarande operatörsmeddelanden finns inbyggda i flera styrutrustningar. Sådana meddelanden kan beröra kontrollmätningar, verktygsväxlingar m m.

Värdet av alfanumeriska bildskärmar varierar givetvis starkt beroende på i vilken tillverkningssituation styrsystemet skall användas. Där detaljer bearbetas i småserietillverkning utgör bildskärmen ett gott stöd för operatören medan i långserietillverkning, kanske med begränsad bemanning, bortfaller nyttan av bildskärmen. Tydligt kan man se att olika styrsystemtillverkare vänder sig till olika användningsområden enligt ovan.

Andra rutiner som kan byggas in i styrsystemen är felsökning, dels vad beträffar logiska fel i bearbetningsprogram, dels vad berör maskinvarufelsökning i styrsystem och verktygsmaskin. De flesta styrsystem kan nu utföra logisk simulering av bearbetning utan maskinrörelser, varigenom bearbetningsprogrammen kan kontrolleras. Rutiner för felsökning i maskinvarukomponenter är av stor betydelse då dessa rutiner kan nedbringa stilleståndstider vid fel. Vissa leverantörer har till sina styrsystem utvecklat en speciell mikrodator, som kan kopplas till styrsystemen och där testa komponent efter komponent.

Parallellt med utvecklingen mot allt större och sofistikerade styrsystem pågår också en utveckling mot enkla och billigare styrsystem. Exempel härpå är system för manuell datainmatning, MDI-system, som beskrevs i kapitel 6. Genom system av MDI-typ blir det möjligt att utrusta enklare maskiner och maskiner som inte används så ofta med numerisk styrning.

9.3 Programmerbara styrsystem

I datorstyrda tillverkningssystem är datorkraften vanligtvis uppbyggd hierarkiskt. I en sådan systemstruktur kommunicerar de olika maskinernas styrsystem med en överordnad större dator. Den senares roll är att övervaka hela tillverkningsprocessen, koordinera de olika enheterna samt ge direktiv i händelse av t ex verktygshaverier. Genom distribuerad datakraft kan svarstiderna förkortas. Samtidigt kan tillverkningen fortsätta även om den centrala datorn slutar operera.

En viktig komponent i tillverkningssystem med distribuerad datakraft är s k programmerbara styrsystem eller PLC (programmable logic controllers). PLC är små mikrodatorbaserade kontrollenheter som kan omprogrammeras. Priset på en PLC ligger mellan 5 000 och 50 000 kr. Skillnaden mellan ett styrsystem till en NC-maskin och en PLC kan allmänt sägas vara att medan

den förra styr maskinens rörelser styr den senare olika sekvenser i tillverkningen. PLC-enheter har följande användningsområden:

- tillståndskontroll hos maskiner,
- angivelse om detaljer befinner sig på en given plats, t ex i en transfermaskin,
- registrering av produktionsdata. Hur många detaljer som producerats, arbetscykel, stilleståndstider etc,
- i äldre maskiner samt nya små maskiner ersätts reläer med PLC.

9.4 Utvecklingstendenser

Som en följd av att olika integrerade kretsar och halvledarkomponenter blir allt kraftfullare och billigare, se tabell 9.1, kan styrsystemens datorkapacitet väntas öka väsentligt under 1980-talet till i stort sett oförändrade priser.

Att priset på styrsystem i stort sett är konstant över tiden trots snabbt sjunkande priser på integerade kretsar förklaras av att priset på de icke elektroniska komponenterna (elektriska och mekaniska) i styrsystemen ökar. I stort sett torde därför prisförändringarna för de olika komponenttyperna ta ut varandra. Däremot kommer kapaciteten hos styrsystemen att öka väsentligt varför kvoten pris/prestanda kommer att sjunka.

De allt kraftfullare datorerna i NC-styrsystemen kommer bl a att innebära följande:

- Styrsystemen kommer i allt större utsträckning att utrustas med olika periferienheter, t ex bildskärmsterminaler, skrivare samt sekundärminnen som magnetbands- och skivminnesstationer samt bubbelminnen[1].

Ökad kapacitet i primär- och sekundärminnen innebär att ett flertal bearbetningsprogram kan lagras direkt i systemet. Operatörerna behöver då inte som nu montera upp en hålremsa för varje bearbetningsprogram utan kan med ett enkelt kommando via styrpanelen kalla in aktuellt program. Tiden för omställningar mellan olika bearbetningar kommer då att kunna reduceras. Därigenom ökar såväl genomloppshastigheten av de detaljer som skall bearbetas som maskinutnyttjandet. Även ändringar i program kommer att underlättas (nya hålremsor behöver ej stansas) bl a som en följd av att de kan göras direkt vid maskinen. Dessutom kommer de problem som nu föreligger vad gäller förslitning av hålremsor att försvinna.

Tabell 9.1 Pris- och prestandautveckling för integrerade kretsar 1970–1985

	Antal bitar som kan lagras per halvledarbricka	Pris per bit, cent
1970	1 000	0,1
1975	16 000	0,05
1980	256 000	0,005
1985	1 000 000	0,002

Källa: Business Week.

[1] Siemens AG har nyligen introducerat ett CNC-system som är uppbyggt kring en 16-bitars mikrodator och ett bubbelminne med 250 kilobit (motsvarar 600 meter hålremsa) minne.

- Den ökade i datorkraften kommer att medföra att allt fler funktioner kommer att styras av ett och samma system. Förutom styrningen av själva bearbetningsförloppet kommer systemet även att styra hanteringsutrustning för att betjäna maskinen med detaljer, mätutrustning, utrustning för tillståndskontroll samt för rapportering av tillverkningsdata till överordnade produktionssystem.

III Kartläggning

10 Utbudet av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning

10.1 NC-maskiner

10.1.1 *Produktion, utrikeshandel och tillförsel av verktygsmaskiner och NC-maskiner*

Verktygsmaskiner

Verktygsmaskiner för bearbetning av metall och hårdmetall innefattar varugrupperna svarvar, hyvel-, borr-, fräs- och arborrmaskiner, maskiner för slipning, bryning, polering m fl.

I tabell 10.1 redovisas hur den svenska produktionen, utrikeshandeln och tillförseln[1] av verktygsmaskiner har utvecklats under perioden 1970-1978. Den reala utvecklingen är representerad i figur 10.1.

Under hela 1970-talet har *tillförseln* varierat mycket kraftigt. Från lågkonjunkturåret 1972 ökade tillförseln volymmässigt med 15 % per år fram till och med 1975. Därefter minskade tillförseln mycket snabbt och under 1977 och 1978 var den reala tillförseln lägre än under något annat år under 1970-talet, under 1978 nästan 40 % lägre än under 1972.

Importen beskriver en i det närmaste identisk utveckling med tillförseln, d v s mycket kraftiga konjunkturella variationer. *Produktionen* och *exporten* är däremot betydligt stabilare över konjunkturcykeln. Under perioden 1976-1978 har exporten realt sett varit konstant.

Under perioden 1974-1976 svarade Västtyskland för ca 42 % av den svenska importen medan Storbritannien, Schweiz och Japan vardera svarade för ca 9 %. Under samma period var de största exportmarknaderna Norden (19 %), USA (17 %), Storbritannien (12 %) och Västtyskland (10 %).

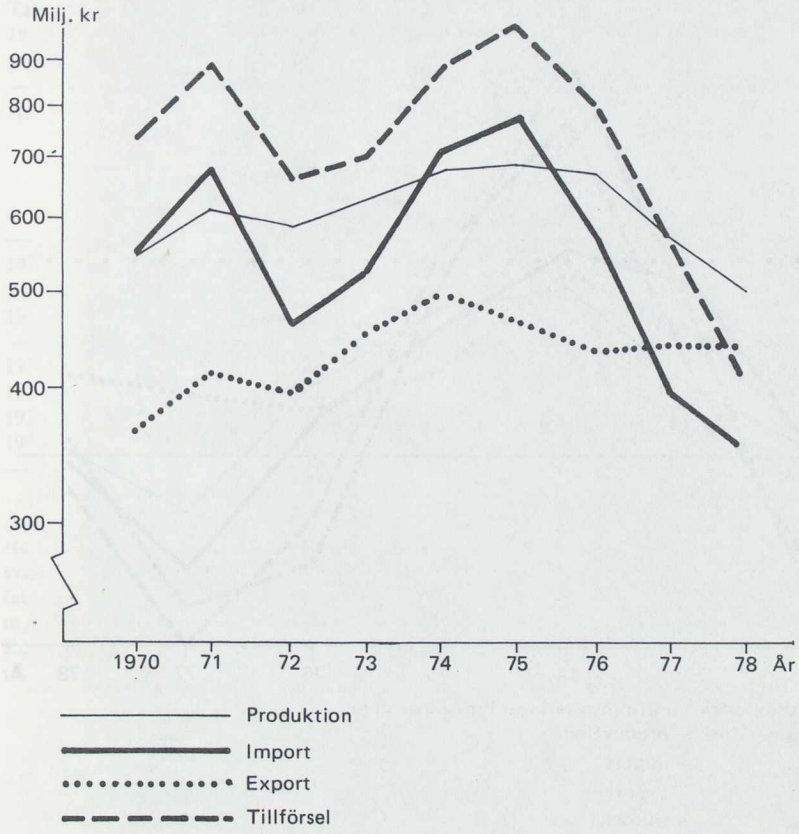
I stort sett hela tillförseln av verktygsmaskiner går till verkstadsindustrin. Sett i relation till verkstadsindustrins totala investeringar i maskiner och bilar svarade verktygsmaskinerna under perioden 1970-1978 för ca 30 %. Denna andel har dock varierat mycket kraftigt under perioden, mellan 35,3 % (1975) och 22,7 % (1978), se tabell 10.2.

[1] Tillförseln definieras som produktion plus import minus export.

Tabell 10.1 Verktygsmaskiner för bearbetning av metall, exkl delar samt handverktyg och svetsutrustning. Produktion, import, export, tillförsel, importandel och exportandel, 1970–1978. Milj kr, löpande priser samt 1975 års priser

År	Löpande priser				Import-andel, %	Export-andel, %	Import/ Export × 100	1975 års priser			
	Produk-tion	Import	Export	Till-försel				Produk-tion	Import	Export	Till-försel
1970	334	305	223	416	73,3	66,8	137	548	545	366	727
1971	402	417	270	549	76,0	67,2	154	618	684	415	887
1972	402	308	271	439	70,2	67,4	114	591	467	399	659
1973	445	373	322	496	75,2	72,4	116	627	525	454	698
1974	562	607	414	755	80,4	73,7	147	677	706	499	884
1975	691	774	470	995	77,8	68,0	165	691	774	470	995
1976	769	636	505	900	70,7	65,7	126	669	573	439	803
1977	702	483	554	631	76,5	78,9	87	566	396	447	515
1978	707	510	621	596	85,6	87,8	82	505	354	444	415

Källa: SCB, DEK.



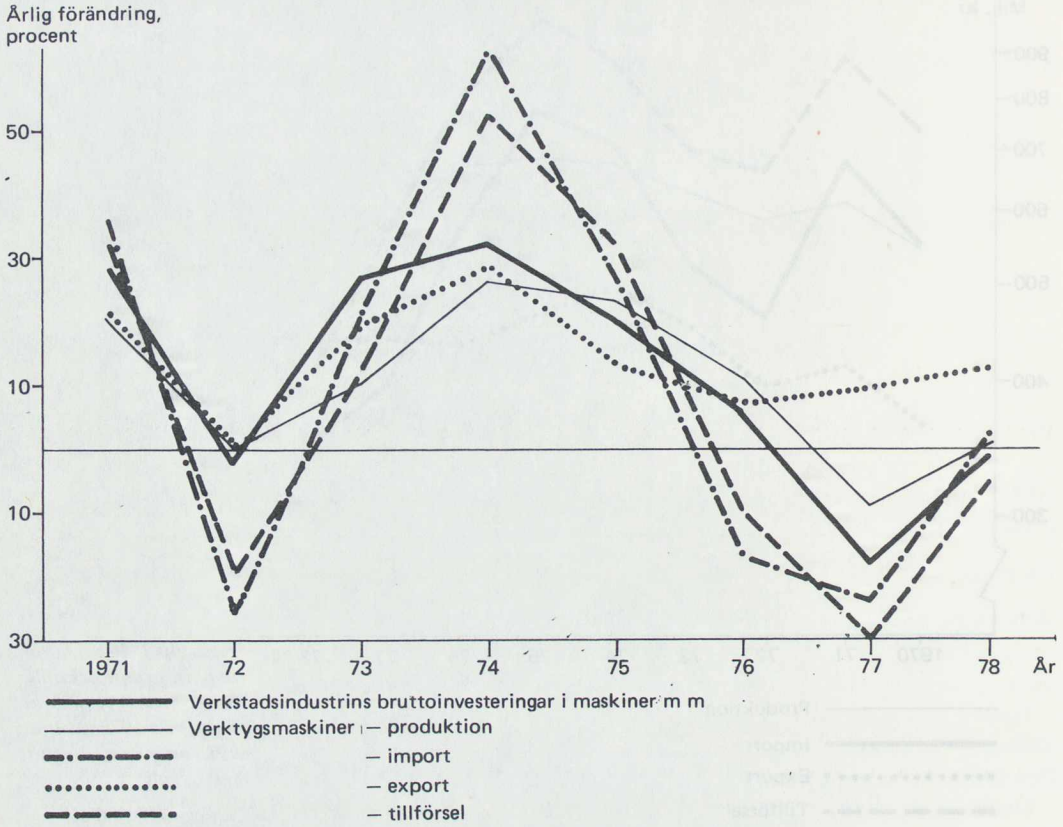
Figur 10.1 Produktion, import, export och tillförsel av verktygsmaskiner, 1970–1978. Milj kr, 1975 års priser. Logaritmisk skala.

Källa: SCB, DEK.

Tabell 10.2 Verkstadsindustrins (exkl varv) investeringar totalt i maskiner och bilar samt investeringar i verktygsmaskiner. Miljoner kronor, löpande priser

År	Investeringar i maskiner och bilar	Investeringar i verktygsmaskiner[a]	
		Miljoner kronor	% av inv i maskiner och bilar
1970	1 233	416	33,7
1971	1 566	549	35,1
1972	1 477	439	29,7
1973	1 733	496	28,6
1974	2 206	755	34,2
1975	2 822	995	35,3
1976	3 135	900	28,7
1977	2 653	631	23,8
1978	2 627	596	22,7

[a] Verkstadsindustrins investeringar i verktygsmaskiner har satts lika med den totala tillförseln av verktygsmaskiner.
Källa: SCB, DEK.



Figur 10.2 Årlig procentuell förändring i verkstadsindustrins bruttoinvesteringar i maskiner och bilar samt produktion, import, export och tillförsel av verktygsmaskiner, 1970–1978.

Källa: SCB, DEK.

En slutsats man kan dra av tabell 10.2, och som även framgår av figur 10.2, är att investeringarna i verktygsmaskiner är betydligt konjunkturkänsligare än de totala maskininvesteringarna. Svängningarna i de totala maskininvesteringarna och i tillförseln av verktygsmaskiner inträffar ungefär samtidigt och med samma periodlängd. Däremot är amplituden i svängningarna hos tillförseln av verktygsmaskiner betydligt större än för maskiner totalt.

Verktygsmaskiner som är utrustade med numeriska styrenheter återfinns huvudsakligen inom varugrupperna svarvar, fräsar, arborrmaskiner, borrmaskiner samt maskiner för slipning och bryning. I den officiella statistiken särredovisas NC-maskiner endast för dessa varugrupper. Även om dessa maskintyper svarar för merparten av alla NC-maskiner finns det dock andra maskiner, t ex stans- och nibblingsmaskiner och pressar, som i allt större utsträckning utrustas med numerisk styrning. De uppgifter om investeringar i NC-maskiner som bygger på den officiella statistiken kan därför endast tolkas som en undre gräns för de totala investeringarna i NC-maskiner.

I tabell 10.3 redovisas produktion och tillförsel av verktygsmaskiner totalt, NC-maskiner samt NC-maskiner i procent av verktygsmaskiner totalt. Under perioden 1975-1978 svarade produktionen av NC-maskiner för ca 25 % av den totala produktionen av verktygsmaskiner. Samtidigt uppgick tillförseln av NC-maskiner till ca 22 % av den totala tillförseln av verktygsmaskiner.

Tabell 10.3 Produktion och tillförsel av verktygsmaskiner samt av NC-maskiner, 1972–1978. Miljoner kronor, löpande priser. Produktion och tillförsel av NC-maskiner i procent av verktygsmaskiner totalt

År	Produktion			Tillförsel		
	Verktygs-maskiner totalt	varav NC-maskiner	% andel NC-maskiner	Verktygs-maskiner totalt	varav NC-maskiner	% andel NC-maskiner
1972	402	37	9,2	..	..	
1973	445	60	13,5	..	..	
1974	562	79	14,1	755	94	12,4
1975	691	168	24,3	995	216	21,7
1976	769	198	25,7	900	176	19,5
1977	702	182	25,9	631	137	21,7
1978	707	176	24,9	596	155	26,0

. . Uppgift saknas

Anmärkning: Den streckade linjen anger klassificeringsändringar i den officiella statistiken. Fram t o m 1974 särredovisas NC-maskiner endast för varugrupperna svarvar-, fräs- och arborrmaskiner samt borrmaskiner. Fr o m 1975 inkluderas i tabellen ovan även numeriskt styrda maskiner för bryning, slipning, polering, läppning m m.

Källa: SCB, DEK.

Ser man i stället till de maskintyper där NC-maskinerna särredovisas är NC-maskinernas andel avsevärt högre, se tabell 10.4.

Av den inhemska produktionen av svarvar svarade under 1978 NC-maskinerna för ca 86 % av saluvärdet. Motsvarande andel för tillförseln var ca 70 %.

I varugruppen fräs- och borrmaskiner föreligger betydligt större skillnad mellan den andel av produktion respektive tillförsel som utgörs av NC-maskiner. Under 1978 svarade produktionen av numeriskt styrda fräs- och arborrmaskiner för ca 33 % av det totala produktionsvärdet i varugruppen medan motsvarande andel för tillförseln var 58 %.

Om man ser till summan av varugrupperna svarvar, fräs- och arborrmaskiner, borrmaskiner samt maskiner för bryning, slipning etc har under perioden 1975-1978 produktionens NC-andel ökat från 38 % till 41 % medan tillförselns andel ökat från 36 % till 51 %.

Sedan 1975 har, som tidigare framhållits, tillförseln och produktionen av verktygsmaskiner minskat kraftigt. Även tillförseln och produktionen av NC-maskiner har minskat men i en långsammare takt. Den vikande efterfrågan är huvudsakligen en följd av nedgången i den svenska ekonomin. Till en viss del förklaras dock den vikande efterfrågan av betydande kvalitetsförbättringar hos verktygsmaskinerna, vilket inneburit att produktionskapaciteten per maskin ökat mycket kraftigt. Sedan omkring 1975 är praktiskt taget alla nyproducerade NC-maskiner av CNC-typ, d v s styrsystemet utgörs av ett mini- eller mikrodatorsystem. Andra tendenser är att andelen fleroperationsmaskiner ökar, samt att de utrustas med verktygsväxlare, in- och utmatningsutrustning, materialhanteringsutrustning m m. Dessa fakto-

Tabell 10.4 Produktion, import, export och tillförsel av NC-maskiner, uppdelade i olika varugrupper, 1972–1978. Miljoner kronor, löpande priser samt NC-maskinernas procentuella andel av total produktion, import, export och tillförsel för respektive maskingrupp

År	Produktion		Import		Export		Tillförsel	
	Milj kr	% NC	Milj kr	% NC	Milj kr	% NC	Milj kr	% NC
Svarvar								
1972	29,9	58,1	..		..		..	
1973	39,1	66,7	..		..		..	
1974	52,4	72,4	35,6	26,5	34,1	67,9	53,9	34,4
1975	77,1	74,5	76,6	36,0	47,5	71,0	106,2	42,6
1976	91,3	75,4	41,1	31,4	59,1	78,1	73,3	41,6
1977	97,9	77,8	56,7	47,4	74,2	80,1	80,4	52,6
1978	123,4	86,4	59,6	52,9	98,1	73,3	84,9	69,9
Fräs- och arborrmaskiner								
1972	5,5	12,0	..		..		..	
1973	15,6	31,4	..		..		..	
1974	20,8	32,3	12,4	24,1	10,2	31,4	23,0	27,6
1975	28,6	39,8	20,4	29,3	12,1	31,3	36,9	35,9
1976	30,0	34,1	25,4	32,6	7,8	27,1	47,6	34,7
1977	20,2	27,3	26,5	43,7	11,0	31,3	35,7	35,9
1978	23,5	33,2	43,1	59,9	14,3	27,0	52,3	58,3
Borrmaskiner								
1972	1,6	4,3	..		..		..	
1973	5,5	12,1	..		..		..	
1974	5,8	11,2	15,0	19,6	3,8	9,3	17,0	19,4
1975	6,0	10,7	31,0	31,6	1,2	2,9	35,8	31,6
1976	4,9	8,8	18,1	28,3	3,4	7,8	19,6	25,8
1977	1,0	2,2	4,8	25,4	1,4	3,2	4,4	20,7
1978	3,0	8,4	9,0	25,4	3,6	8,1	8,4	31,3
Maskiner för bryning, slipning, polering, hening, läppning m m								
1972	..		..		..		..	
1973	..		..		..		..	
1974	..		..		..		..	
1975	56,5	27,3	..		..		37,1	27,3
1976	71,7	29,5	..		..		35,0	29,5
1977	63,3	30,7	..		..		16,9	30,6
1978	25,9	14,2	..		..		9,7	14,1

.. Uppgift saknas.
Anmärkning: Tillförseln av numeriskt styrda maskiner för bryning, slipning etc har uppskattats. Relationen mellan tillförsel och produktion av NC-enheter har antagits vara lika med motsvarande relation för varugruppen som helhet.
Källa: SCB, DEK.

rer sammantaget torde innebära att en NC-maskin av idag har samma kapacitet som minst tre konventionella maskiner. Såvida NC-tekniken ej kan anpassas till nya typer av maskiner får detta till följd att den volymmässiga efterfrågan sjunker.

10.1.2 *Inhemska producenter och leverantörer av verktygsmaskiner och styrsystem till NC-maskiner*

Den svenska verktygsmaskinindustrin innefattade 1977 ca 130 arbetsställen, varav drygt 90 hade färre än 50 anställda, se tabell 10.5.

Tabell 10.5 Den svenska verktygsmaskinindustrin, storleksgrupperad efter antalet anställda per arbetsställe, 1977

Antal anställda	–49	50–99	100–199	200–499	500–999	1000–
Antal arbetsställen	92	15	10	9	3	0

Källa: SCB, DEK.

De ledande svenska verktygsmaskinföretagen är:

SMT-Pullmax AB, som tillhör Statsföretag. Företaget, som har ca 1 100 anställda, bildades 1974 genom att Statsföretag övertog fyra maskinföretag. *Lidköpings Mekaniska Verkstads AB,* som har ca 800 anställda, är dotterföretag till SKF. *SAJO AB, Centro-Maskin AB, AB Torshällamaskiner, AB Arosverken, Värnamo Maskin AB* och *Storebro Bruks AB.* Samtliga dessa företag har mellan 100 och 500 anställda.

De svenska företag som tillverkar styrutrustning till NC-maskiner är SMT-Pullmax AB, Saab-Scania, ASEA, Satt-Elektronlund, LM Ericsson, Stansaab (sedan 1978 Datasaab AB), Retab och RIAB/Mecman. LM Ericsson och Stansaab producerar emellertid styrsystem enbart för egen användning. Retab, som är ett dotterföretag till Bonnierdata, har enbart levererat ett 10-tal styrsystem till NC-maskiner. Retabs styrsystem används framför allt för industrirobotar och specialmaskiner.

Satt-Elektronlund (dotterföretag till SATT Electronics AB som är dotterföretag till AEG-Telefunken) hade tidigare ett samarbete med SAJO. Elektronlund producerade för SAJO's räkning ett mindre styrsystem för manuell datainmatning, s k MDI-system.

Endast SMT, Saab-Scania och ASEA kan räknas som mer betydande styrsystemtillverkare. SMT's styrsystem marknadsförs endast i anslutning till de egna verktygsmaskinerna. Av de NC-maskiner som var installerade i mitten av 1976 svarade SMT för drygt 17 %, se tabell 10.6. Saabs och ASEA's marknadsandelar för styrsystem var 14,4 % resp 5,7 %.

Saab's och ASEA's styrsystem kan anslutas till verktygsmaskiner av olika typer och fabrikat. ASEA och verktygsmaskinföretaget SAJO har träffat ett avtal som innebär att ASEA's styrsystem Nucon 400 marknadsförs av SAJO under eget märke[1]. SAJO's kunder är emellertid inte bundna till ASEA's system. De kan köpa verktygsmaskinen från SAJO och styrsystemet från en annan leverantör.

Medan ASEA's styrsystem är mikrodatorbaserat är Saabs minidatorbaserat. Den senaste versionen, som kallas MTC-10, har samma centralenhet som Datasaabs minidator D 15.

[1] Liknande avtal har träffats med Torshällamaskiner och SKF Maskinförsäljning AB.

Tabell 10.6 Leverantörer av styrsystem till de NC-maskiner som var installerade i mitten av 1976

Styrsystem leverantörer	Totalt	
	Antal	%
Svenska:		
SMT	326	17,2
Saab-Scania[a]	272	14,4
ASEA	108	5,7
Satt-Elektronlund	36	1,9
LM Ericsson	160	8,5
Stansaab	17	0,9
Retab	7	0,4
	926	49,0
Utländska:		
Cincinnati Milacron (USA)	191	10,1
General Electric (USA)	166	8,8
Slo-Syn (USA)	65	3,4
Bosch/Bendix (Västtyskland/USA)	55	2,9
Kongsberg (Norge)	55	2,9
Fujitsu Fanuc (Japan)	40	2,1
Siemens (Västtyskland)	33	1,8
Övriga	360	19,0
		51,0
Summa	1 891	100,0

[a] Enligt uppgifter från Saab-Scania hade 375 enheter levererats vid denna tidpunkt.
Anmärkning: I mitten av 1976 fans det ca 2 100 NC-maskiner i Sverige. Av dessa har ca 1 900 registretats i tabellen ovan.
Källa: Mekanförbundet, DEK.

Den relativt låga marknadsandelen för ASEA som visas i tabell 10.6 förklaras delvis av att ASEA's styrsystem hade en relativt sen marknadsintroduktion. I dag torde ASEA's marknadsandel vara avsevärt större.

Fram t o m 1978 hade svenska styrsystemtillverkare producerat ca 4 700 enheter, varav ca 1 800 eller 38 % hade avsatts i Sverige. Produktionens saluvärde under 1979 kan uppskattas till ca 75 miljoner kronor (gäller enbart styrenheter).

Av de NC-maskiner som var installerade i mitten av 1976 var, som framgick av tabell 10.6, ca hälften utrustade med styrsystem av utländskt fabrikat. De största utländska leverantörerna är Cincinnati Milacron (världens största verktygsmaskinföretag) och General Electric.

Fujitsu Fanuc och Siemens hade tillsammans en marknadsandel om ca 4 % under 1976. Dessa båda företag har inlett ett omfattande samarbete (FoU, produktion och försäljning) såväl inom dataområdet i allmänhet som inom området datorstyrd tillverkningsteknik (NC-maskiner och industrirobotar). Mot bakgrund av de mycket stora försäljningsframgångar som företagen haft under de senaste åren (se vidare kapitel 20) är det troligt att marknadsandelen kommer att öka kraftigt även i Sverige.

Programmerbara styrsystem (programmable logic controllers, PLC)

Programmerbara styrsystem, eller PLC, är en varugrupp som under de senaste åren fått stor betydelse i industrin.

Det har uppskattas att det finns ca 2 200 PLC-enheter i den svenska industrin. Motsvarande antal i världen beräknas uppgå till storleksordningen 40 000. I USA ökade försäljningen av PLC-enheter från $ 1 miljon 1970 till $ 100 miljoner 1978. Den snabba tillväxten är framför allt ett resultat av att pris/prestandakvoten för mikroprocessorer fallit mycket snabbt. Några uppgifter om den svenska marknadens värde har inte funnits att tillgå.

Amerikanska tillverkare dominerar den svenska PLC-marknaden. De svenska tillverkarna, av vilka de ledande är ASEA, Saab-Scania, Satt-Elektronlund och RIAB/Mecman, torde svara för storleksordningen en tredjedel av marknaden i Sverige.

10.2 Industrirobotar

10.2.1 *Produktion, utrikeshandel och tillförsel av industrirobotar*

Svenska tillverkare av industrirobotar är ASEA, Electrolux, Kaufeldt, Retab, Ekströms Industri AB och Volvo. Därtill kommer ett antal små företag som bygger kundanpassade robotar samt stora företag som bygger robotar för egen användning.

Några av de ovan nämnda företagen producerar relativt enkla icke-elektroniskt styrda robotar, huvudsakligen för in- och utmatning av detaljer i maskiner. Det är i vissa fall tveksamt om sådan utrustning kan klassas till begreppet industrirobot.

De enkla mekaniskt styrda hanteringsutrustningarna skall dock inte undervärderas då de p g a sitt låga pris för många tilllämpningar är det enda alternativet som är ekonomiskt försvarbart. Om man kan automatisera ett tillverkningsmoment med en utrustning för 20-25 000 kronor finns det ingen anledning att anskaffa en avancerad elektroniskt styrd robot för 200 000 kronor bara för att den senare har ett antal extra finesser som man inte har behov av.

De mest avancerade robotarna, som har upp till sex frihets(oberoende rörelser), produceras av ASEA och Retab. I termer av komplexitet följer därefter de robotar som tillverkas av Electrolux och Kaufeldt. Tidigare var Electrolux' robotar utrustade med elektromekaniska styrsystem men sedan 1979 har dessa ersatts med elektroniska. Som en följd av den snabba utvecklingen inom mikroelektronikområdet (i termer av ökad kapacitet och sjunkande priser) börjar allt fler tillverkare utrusta robotarna med elektroniska styrsystem. En annan tendens är att de robotar som i dag är utrustade med elektroniska styrsystem får allt kraftfullare datorer.

Kaufeldt och Electrolux var de företag som först började producera robotar i större skala, i slutet på 1960-talet resp i början på 1970-talet. ASEA började leverera robotar först 1974. Robotindustrin är således mycket ung.

Tabell 10.7 Produktion, import, export och tillförsel av industrirobotar t o m 1979

	T o m 1975	1976	1977	1978	Prognos 1979	Kumulerat antal och värde
Inhemsk produktion						
Antal	540	150	275	315	460	1 740
Värde, milj kr	47	29	58	73	102	309
Export						
Antal	85	65	120	190	245	705
Värde, milj kr	10	14	29	50	59	162
Import						
Antal	120	15	25	40	54	254
Värde, milj kr	20	4	7	12	15	58
Tillförsel						
Antal	575	100	180	165	269	1 289
Värde, milj kr	57	19	36	35	58	205
Exportandel (värde), %	21	48	50	68	58	52
Importandel (värde), %	35	21	19	34	26	28

Anmärkning: Det verkliga utfallet för produktion och export under 1979 överstiger de prognostiserade värdena.
Källa: DEK.

I tabell 10.7 redovisas hur produktionen, utrikeshandeln och tillförseln av industrirobotar har utvecklats fram t o m 1979.

Inemot 1 800 robotar har producerats i Sverige fram t o m 1979. Av dessa har ca 700 exporterats. Importen har under samma period uppgått till ca 250 enheter vilket innebär att den kumulerade tillförseln har uppgått till ca 1 300 robotar. Av de robotar som installerades före 1975 torde många nu vara utrangerade varför antalet robotar som i slutet av 1979 var i drift kan uppskattas till storleksordningen 1 000 enheter (beräkningar från efterfrågesidan bekräftar denna uppskattning, se kapitel 11).

Värdemässigt är robotproduktionen fortfarande blygsam. Det kumulerade saluvärdet för produktion och tillförsel fram t o m 1979 kan uppskattas till 310 resp 205 miljoner kronor. Till detta kommer emellertid dels kostnader för kringutrustning (gripdon, materialhanteringsutrustning m m) som kan uppskattas till i genomsnitt 50-75 % av robotsystemets totalkostnad, dels ingenjörskostnader i samband med installation. Inkluderas dessa kostnader kan den svenska industrins hittillsvarande investeringar i robotar beräknas uppgå till storleksordningen 500 miljoner kronor.

Fram t o m 1975 var produktionen främst inriktad mot den inhemska efterfrågan. Ca 80 % av produktionen avsattes i Sverige. Därefter har produktionen i allt större utsträckning blivit exportinriktad och f n uppgår exportandelen till ca 60 %. Samtidigt som exporten har ökat har importens andel av tillförseln minskat.

10.2.2 *Inhemska producenter och leverantörer av industrirobotar*

Sveriges Mekanförbund genomförde under 1977 en inventering av installerade industrirobotar i Sverige. I tabell 10.8 redovisas hur dessa robotar fördelades på leverantörer.

Drygt 70 % av de installerade robotarna var av inhemskt fabrikat. De höga marknadsandelarna för Electrolux och Kaufeldt förklaras bl a av att de hade en tidigare marknadsintroduktion än ASEA. Sedan Mekanförbundets inventering gjordes har ASEA höjt sin marknadsandel väsentligt.

De största användarna av ASEA's och Electrolux' robotar är företag inom respektive koncern. Den stora efterfrågan på robotar inom dessa båda koncerner har haft stor betydelse för såväl utvecklingsarbetet (kompetenta kunder) som att få tillstånd större produktionsvolymer.

Importen av industrirobotar kommer huvudsakligen från följande tre företag:

Unimation, som är världens ledande robotföretag. I Sverige marknadsförs robotarna av Electrolux. Unimation, som tillverkar robotar med elektroniska styrsystem, är ASEA's främste konkurrent. Ca 80 % av Unimaterobotarna som var installerade 1977 fanns hos Volvo, huvudsakligen vid Volvo Torslandaverkens svetslinje.

Trallfa är marknadsledare i såväl Sverige som i många andra länder vad gäller sprutmålningsapplikationer. Trallfa-robotarna är utrustade med ett elektroniskt styrsystem av "play-back" typ. Trallfa har i samarbete med Volvo BM och Sentralinstitutet för Industriell forskning (Oslo) initierat ett projekt avseende synsystem till robotar.

Cincinnati Milacron, som är världens ledande verktygsmaskintillverkare, producerar en avancerad minidatorbaserad industrirobot med beteckningen T^3. Denna robot har, förutom ett avancerat styrsystem, den fördelen att den har mycket lång räckvidd.

Cincinnati Milacron har under de senaste åren ökat sin produktion av industrirobotar mycket snabbt och räknas nu som en av världens ledande

Tabell 10.8 Leverantörer av de industrirobotar som var installerade i Sverige i mitten av 1977

Leverantör/ fabrikat	Antal	
	Totalt	%
Electrolux	136	27,6
Kaufeldt	101	20,5
Unimation (USA)	72	14,6
ASEA	65	13,2
Trallfa (Norge)	50	10,2
Ekströms Industri AB	23	4,7
Övriga	45	9,2
Summa	492	100,0

Anmärkning: Som framgick av tabell 10.7 hade t o m mitten av 1977 drygt 700 robotar levererats. En del av dessa torde ha utrangerats. Sannolikt har dock Mekanförbundet underskattat antalet installerade industrirobotar.
Källa: Mekanförbundet, DEK.

robottillverkare. I Sverige fick Cincinnati Milacron sitt genombrott först under 1979 då Volvo beställde ett 70-tal robotar till en kostnad av ca 30 miljoner kronor. De nya robotarna skall bl a ersätta nuvarande robotsvetslinje vid Volvo Torslandaverken.

Sedan ett par år tillbaka marknadsförs japanska robotar av Persöner Materialhantering och Torsteknik AB. Robotarna är av samma typ som ASEA's. Torsteknik AB säljer hela svetssystem där roboten är en del av systemet.

För närvarande har de japanska robotarna dock en mycket liten marknadsandel i Sverige.

I det följande redovisas en kort beskrivning av de svenska robottillverkarna.

ASEA tillverkar två robottyper, en som kan hantera 6 kg:s last och en som kan hantera 60 kg. Båda robottyperna är elektriskt drivna och utrustade med ett mikrodatorbaserat styrsystem. Robotarna kan erhållas med upp till sex frihetsgrader. Priset på robotarna ligger mellan 250 000 och 400 000 kronor, beroende av antal frihetsgrader och ansluten kringutrustning.

Robottillverkningen sker vid ASEA's elektroniksektor, som har nästan 2 000 anställda. Förutom robotar tillverkas där även styrutrustning till NC-maskiner (Nucon 400) samt olika processdatorsystem. Detta innebär att stordriftsfördelar kan erhållas vid såväl utvecklingsarbetet som vid tillverkningen då standardiserade komponenter och delsystem kan användas för flera av elektroniksektorns produkter.

ASEA är som tidigare nämnts en stor och avancerad användare av den egentillverkade utrustningen, vilket spelar stor roll för utvecklingsarbetet. De olika produktionsenheterna som använder ASEA's robotar utför utvecklingsarbete avseende specifika tillämpningar vilket är värdefullt för robotavdelningen. Dessutom förmedlar de drift- och serviceinformation.

ASEA's produktion av industrirobotar startade 1974. Under de närmast följande åren avsattes merparten av produktionen på hemmamarknaden, där man snabbt blev marknadsledare. Successivt har emellertid utlandsförsäljningen blivit allt mer dominerande och under 1979 svarade denna för ca 80 % av den totala försäljningen. De stora internationella framgångarna har lett till att ASEA på kort tid blivit en av världens ledande tillverkare.

Länder där ASEA nått relativt stora framgångar är Västtyskland och Polen. Med det senare landet har ASEA tecknat ett licensavtal för tillverkning av såväl industrirobotar som styrsystemet Nucon 400 för verktygsmaskiner. Även på den amerikanska robotmarknaden har ASEA under de senaste åren lyckats göra inbrytningar. Någon större försäljningsvolym har dock ännu inte uppnåtts i USA.

Electrolux tillverkar inom avdelningen Industrial Systems fyra olika robottyper, MHU-Senior, MHU-Junior, MHU-Filler och MHU-Minor. Priset för robotarna ligger i storleksordningen 40 000 till 180 000 kronor, exklusive gripdon. Sedan 1979 utrustas samtliga MHU-robottyper med elektroniska styrsystem, som levereras av Saab-Scania och Mecman.

Produktionen av industrirobotar startade 1971. Under de första åren såldes huvuddelen av produktionen till Electrolux. F n har Electrolux inklusive dotterföretag över 90 MHU-robotar installerade.

Electrolux' robotar tillverkas på licens av det japanska företaget Kawasa-

ki. Nyligen har Electrolux tecknat ett avtal med det amerikanska företaget Automatix Inc som skall använda Electrolux' robotar i de automatiseringssystem som tillverkas av Automatix. Även i Västtyskland, där robotarna säljs av Bosch, har Electrolux varit framgångsrikt. Sedan 1980 säljs robotarna också genom eget försäljningskontor i Düsseldorf.

ASEA och Electrolux tillverkar robotar av olika storleksklass och utförande varför någon direkt konkurrenssituation ej föreligger. Electrolux är också återförsäljare av den amerikanska roboten Unimate och inom denna verksamhet föreligger stark konkurrens med ASEA.

Retab grundades 1964 och hade 1977 en omsättning på 19 miljoner kronor. Ca 80 % av tillverkningen exporteras. Sedan 1978 är Retab ett dotterföretag till Bonnierdata AB.

Retab tillverkar i samarbete med HIAB-FOCO två robottyper, en materialhanteringsrobot (IRC-80) och en sprutmålningsrobot (COAT-A-MATIC). Retab tillverkar styrutrustningen, som är datorbaserad, medan HIAB-FOCO tillverkar hydrauliken. Robotarna marknadsförs av Atlas-Copco som också svarar för service.

Kaufeldt var det första robottillverkade företaget i Sverige och Europa. Företaget har ca 25 anställda i Sverige och sysselsätter i delägda dotterföretag i Holland och Schweiz ca 20 personer. Kaufeldt omsatte 1979 ca 8 miljoner kronor. Företaget övertogs från Monark-Crescentkoncernen av en grupp anställda. Före övertagandet uppvisades sämre lönsamhet. Främst på grund av de ökade insatserna på exportmarknaderna har denna utveckling nu kunnat vändas. Av Kaufeldts produktion avsätts ca 60 % utomlands, främst i Europa men också i Japan och USA.

Hittills har Kaufeldt levererat ca 500 robotar. Kaufeldts robotprogram innehåller ca 20 olika typer. Vissa av dessa konkurerar med Electrolux' robotar. Kaufeldts robotar är moduluppbyggda vilket gör det möjligt att erbjuda kundanpassade lösningar.

Som styrsystem används idag ett mikrodatorbaserat styrsystem som utvecklats i samarbete med Satt-Elektronlund. Tidigare användes logiska pneumatiska uppkopplingar samt stegväljare.

Volvo Olofströmsverken har tagit fram en plåtpressningsrobot, s k doppinmatare. Förutom till Volvo säljs roboten även till andra bilfabrikanter. Hittills har ett 100-tal robotar sålts externt.

SMT producerar liknande maskinbetjäningsutrustning för anslutning till svarvar samt stans- och nibblingsmaskiner.

Bofors har för egen användning tillverkat ett 10-tal robotar som kan hantera tunga detaljer (200 kg).

Ekströms Industri AB och *Smålands Industrirationalisering AB* (SIR-AB) är två mindre företag som producerar enklare s k pick-and-placerobotar. Det senare företaget håller emellertid på att utveckla mer generella och universella robotar. Bl a har SIR-AB utvecklat en mycket uppmärksammad robotbetjänad regummeringsanläggning. SIR-AB levererar inte enbart robotar utan även kringutrustning och tar totalansvar för installationer. Detta är mycket väsentligt för mindre företag som inte har egen robot- eller datorkompetens. Mindre robottillverkande företag som Kaufeldt, Ekströms och SIR spelar stor roll för att öka automatiseringsgraden hos de små och medelstora företagen.

Nyligen har de svenska robottillverkarna bildat en egen branschorganisation, SWIRA (Swedish Industrial Robot Association). SWIRA kommer att arbeta med informationsverksamhet, standardisering, initiera forskningsarbete, samt bedriva kursverksamhet i Sverige och utlandet.

10.3 CAD-system

Någon inhemsk produktion av CAD-system föreligger inte. Av de ca 60 mer avancerade CAD-system som f n är installerade i Sverige är samtliga av amerikanskt ursprung. I viss utsträckning är dock tilllämpningsprogramvarorna till systemen utvecklade i Storbritannien och i Sverige.

Marknadsledare är Computer Vision, som svarar för ca hälften av de installerade systemen. Totalt finns det inemot tio olika fabrikat installerade i Sverige.

10.4 Datorstyrda transportsystem

Med datorstyrda transportsystem avses här endast datorstyrda, interna (inom ett företag) transportsystem som hanterar ett eller flera materialflöden. I kapitel 8 redovisades en översikt av olika typer av transportsystem samt vilka typer som är eller kommer att bli datorstyrda. F n är det huvudsakligen linjebundna och ytbundna transportdon, typ slingstyrda vagnar och kranar, som är datorstyrda. Den följande översikten av svenska producenter/leverantörer av datorstyrda transportsystem kommer därför att begränsas till ovan angivna transportutrustningar.

För att transportera detaljer mellan olika bearbetande maskiner används ofta palettransportörer. Om maskingruppen är datorstyrd sker styrningen av transportörerna normalt från maskinernas styrsystem. Palettransportörer är vanligtvis specialbyggda och kan ses som en integrerad del av maskinsystemet. Då leverantörer av palettransportörer huvudsakligen svarar för den mekaniska delen av systemet skall produktionen av dessa inte behandlas här.

F n finns i storleksordningen ett 50-tal större datorstyrda transportsystem installerade i Sverige. Merparten av dessa har levererats av ett tiotal svenska tillverkare. Nedan redovisas en kort beskrivning av de största tillverkarna och de installationer som gjorts.

AB Bygg- och Transportekonomi (BT), Mjölby. BT, som tillhör KF Industri AB, sysselsätter ca 3 000 personer, varav 600 utomlands. BT är en av världens största tillverkare av lyftvagnar. Dessutom tillverkas truckar, staplare samt datorstyrda hanteringssystem. De senare utgörs framför allt av datorstyrda staplingskranar i höglager, förarlösa truckar och lageradministrativa styrsystem.

Datorstyrningen för BT Hanteringssystem har utvecklats i samarbete med SATT Elektronics AB, som svarar för elektronik-, dator- och programkomponenter. Transportsystemen är ofta anslutna till ett lageradministrativt datasystem.

BT Hanteringssystem introducerades på marknaden 1975. Av de hante-

ringssystem BT levererat är följande datorstyrda:

- IKEA, Älmhult
- Teli, Vänersborg
- Scan Väst, Göteborg
- OSLO Varudistribunal A/S (OVD). Ordern till OVD, som uppgår till ca 35 miljoner kronor, omfattar 75 automatiska låglyftare och 24 automatiska staplingskranar
- Hydraulik, Brattwaag
- Frank Moen, Bergen
- Sony, England
- Esselte Distribution
- Slip Naxos
- Pharmacia
- BT:s Mjölbyfabrik. Transportsystemet används för att betjäna en linje om 17 NC-maskiner varav en fleroperationsmaskin.

Dessutom pågår leverans till Frigoscandia (Johanneshov), Dagab (Jordbro) och Volvo (Färgelanda).

Digitron AB, Göteborg, är ett dotterföretag till Digitron AG, som ingår i den schweiziska koncernen Schindler. Digitron utvecklade och installerade ett av de första datorstyrda transportsystemen i Sverige, de datorstyrda slingstyrda vagnarna hos Volvo Kalmarverken. Volvo hade tidigare 40 % av aktierna i Digitron, men dessa såldes i samband med att Volvo bildade en egen enhet för tillverkning av datorstyrda transportsystem.

Digitron har också levererat ett system till Saab-Scania i Trollhättan. Systemet omfattar fyra förarlösa truckar som försörjer 12 svetsplatser med bilkarosser. Kostnaden för systemet, inkl en automatisk buffert för karosser, rullbanor, vagnar m m uppgick till 4 miljoner kronor.

Till Saab-Scanias anläggning i Södertälje har Digitron levererat ett automatiskt höglagersystem för ca 3 miljoner kronor.

Vidare har Digitron levererat ett automatiskt höglager, självgående vagnar samt datorsystem till Volvo BM i Eskilstuna till ett värde av ca 15 miljoner kronor.

Andra större installationer är Wasabröd AB i Filipstad (17 st självgående vagnar), Philips Elektronikindustrier i Järfälla (2 st s k Mini-Loads), Bröderna Lindfors i Umeå (2 st Mini-Loads) samt Electrolux i Mariestad (4 st självgående vagnar).

Under 1981 kommer omfattande anläggningar innefattande såväl automatlager, självgående vagnar och datorsystem att installeras hos Philips i Norrköping samt ASEA i Ludvika.

Digitron omsätter ca 30 miljoner kronor och har ca 25 personer anställda.

Volvo Auto Carrier System (ACS), är en enhet inom Volvo som svarar för utveckling, tillverkning och marknadsföring av automatiska vagnsystem. Enheten, som bildades 1976, sysselsätter ca 40 personer och har en omsättning på 15 miljoner kronor.

ACS tillverkar endast automatiska vagnsystem, s k carriersystem. Hittills har ACS installerat följande system:

- Volvo Kalmarverken, i samarbete med Digitron

- Volvo Skövdeverken, i samarbete med BT/Satt-Elektronlund
- Volvo Umeverken, hyttsvetsning
- Volvo Lastvagnar i Tuve
- Volvo Torslandaverken
- Volvo Gent
- Arla i Linköping, där ett system med slingstyrda vagnar installerats för transport från förpackningshallen till kyllagret och därifrån till distributionsbilarna. I vagnsystemet ingår nio slingstyrda fordon av typ "Tetra Carrier".
- VVA, Västtyskland (bokförlag)
- Ett antal mindre system i utlandet.

ACS håller på att etablera sig på utlandsmarknaderna. Med det amerikanska företaget Raymond, som är ett av de största företagen för tillverkning av gaffeltruckar, har ACS tecknat avtal om samarbete vad gäller produktion och försäljning av ACS's transportsystem. ACS hoppas även kunna leverera transportsystem via Volvo International, som bl a säljer hela anläggningar.

Netzler och Dahlgren AB (NDC), Göteborg. NDC har ca 30 anställda och en omsättning på ca 10 miljoner kronor. NDC är ett elektronikföretag som levererat elektronikkomponenter och systemlösningar till de flesta av de transportsystem som är installerade i dag. Bl a har NDC medverkat i flera av de system som Volvo har installerat. Dessutom har NDC levererat och haft huvudansvar för transportsystemen till Tetra Pak i Lund (24 truckar) och Grycksbo Pappersbruk.

I flera installationer har NDC samarbetat med Tellus Maskin AB, som har levererat mekaniken till transportsystemen. Under 1980-1982 kommer NDC, Tellus Maskin AB och Ergodata att leverera automatiska carriersystem till åtta av Tetra Paks utlandsfabriker. Ordersumman uppgår till 35 miljoner kronor. Totalt har NDC svarat för ett 30-tal leveranser av carriersystem.

Tellus Maskin AB, Vallentuna. Tellus, som tillhör Euroc-koncernen, har ca 270 anställda och en omsättning på ca 60 miljoner kronor. Tellus är framför allt inriktad mot de mekaniska komponenterna i transportsystem. Förutom "carrier system" tillverkar Tellus rullbanor, gaffeltruckar samt specialanpassade transportsystem.

Förutom leveranser till Tetra Pak (se ovan) och Grycksbo Pappersbruk (i samarbete med NDC) har Tellus levererat ett minidatorstyrt sorterings- och transportsystem till Apotekarnas Droghandel AB. Systemet, som kostade 5 miljoner kronor, hanterar 7 000 kolli/dag.

Tellus har dotterbolag i USA och har levererat ett flertal automatiska transportsystem till utlandet.

AB Gata, Göteborg, är ett företag i Asken-gruppen. Gata har ca 100 anställda och en omsättning på ca 25 miljoner kronor.

Gata har utvecklat ett system för datorstyrda transporter i styckningscentralen hos Kristianstad-Blekinge slakteriförening (styrsystemet har levererats av Saab-Scania). Ett liknande system har också sålts till Norge. Gata har vidare levererat datorstyrda transportsystem till posthuset i Oslo (8 miljoner kronor) och till Östra Sjukhuset i Göteborg (30 miljoner kronor).

Andra företag som utvecklar och tillverkar interna transportsystem, eller

delar därav är bl a
- *Carrago Transportsystem AB:* grundat av föredetta anställda vid Volvo ACS.
- *ASEA:* tillverkar bl a kranar och truckar. De transportsystem som ASEA hittills levererat har dock ej varit datorstyrda. ASEA är emellertid en stor leverantör av system för styrning av externa transporter. I början av 1980 övertog Moving AB, ett företag i Incentivegruppen, ASEA's tillverkning av transportbaneutrustning. Samtidigt inledde ASEA och Moving samarbete när det gäller marknadsföring och produktutveckling av lagerhanteringsutrustning.
- *Saab-Scanias Industrisektor* i Jönköping: elektronikkomponenter, styrsystem samt kamerasystem för streckkodsläsning eller annan beröringsfri identifiering av material och/eller produkter i transportsystem.
- *Demag Materialhantering AB:* huvudsakligen mekaniska system.
- *Munck Industri AB.*

10.5 Konsult- och servicebyråverksamhet inom CAD/CAM-området

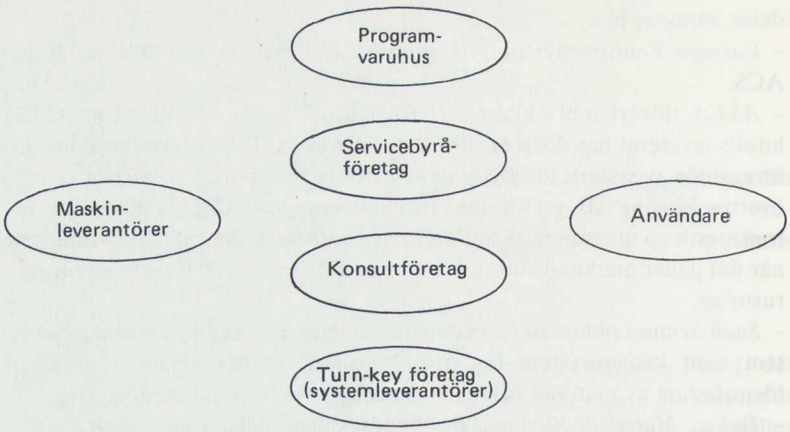
Användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning är i mycket hög utsträckning koncentrerad till ett fåtal stora företag. Ett skäl härtill är att den datorbaserade utrustningen fortfarande är dyrbar. Konstruktions- respektive tillverkningsvolymen måste därför vara förhållandevis stor för att en investering skall bli lönsam. Ett annat, och kanske mer avgörande, skäl är att användningen av datorbaserad utrustning förutsätter att användarna själva besitter kompetens för installation av utrustningen, anpassning till övrig tillverkningsutrustning, utveckling av kringutrustning, programmering m m.

Hittills är det huvudsakligen de stora företagen som haft denna kompetens. Då efterfrågan huvudsakligen kommit från dessa företag har utrustningsleverantörerna inte behövt ta totalansvar för installation och anpassning av hela system utan har kunnat koncentrera sig på att enbart sälja enskilda maskiner.

Flertalet av de potentiella användarna bland de mindre och medelstora företagen har relativt begränsad kompetens såväl vad gäller användningen av datorbaserad utrustning som dess installation, anpassning och drift. Här skulle konsult- och servicebyråföretag kunna spela en betydelsefull roll för att hjälpa dessa företag med problem som kalkylering, val av utrustning, programmering, utveckling av kringutrustning m m.

Hittills har dock utrymmet för konsult- och servicebyråföretag varit relativt begränsat bl a som en följd av att de endast i mindre utsträckning fått leverera tjänster till de större företagen. Samtidigt har de mindre och medelstora företagen hittills utgjort ett alltför litet marknadssegment. De senare kommer dock i allt större utsträckning att investera i datorbaserad utrustning varför efterfrågan på konsult- och servicebyråtjänster på sikt kan väntas öka.

Vad som saknas inom området datorstödd konstruktion- och tillverkning är ett tjänsteutbud liknande det som förekommer inom ADB-området.



Figur 10.3 Utbudsstruktur inom ADB-området
Källa: DEK.

Maskinvaruföretagen kompletteras där av ett stort antal konsult- och servicebyråföretag, se figur 10.3. Totalt har de senare en omsättning som är av samma storlek som maskinvaruföretagens samlade omsättning.

Inom CAD/CAM området är det endast ett fåtal företag som bedriver konsult- och servicebyråverksamhet. Detta är främst en följd av att efterfrågan på sådana tjänster från de mindre och medelstora företagen ännu inte är tillräckligt uttalad eller preciserad. Utbudsstrukturen liknar den som rådde för ADB-området i början på 1960-talet, d v s storföretagsinriktat utbud. De ledande konsult- och servicebyråföretagen inom CAD/CAM-området är:

– *Datema AB,* som är ett företag i Johnsonkoncernen, är ett av Europas största datakonsultföretag. Verksamheten är främst inriktad mot ADB-området. Sedan 1977 har Datema också marknadsfört ett terminalbaserat NC-operationsberedningssystem (det s k Dans-systemet). Hittills har dock denna verksamhet varit av ringa omfattning.

– *Kockums Computer System (KCS)* säljer konsult- och servicebyråtjänster för såväl administrativa som tekniska applikationer. Inom det senare området har KCS bl a tagit fram det s k STYRBJÖRN-systemet, som kan användas för olika konstruktions- och tillverkningstillämpningar (t ex NC-programmering). Systemet, som utvecklats med stöd från STU, har sålts till ett flertal varv i Sverige och utomlands. Den konsultverksamhet som KCS erbjuder med Styrbjörnsystemet har hittills nästan uteslutande varit inriktad mot varvsindustrin.

– *Svensson & Hjelm,* Farsta, är ett mindre företag som erbjuder olika tjänster inom CAD/CAM-området; NC-programmering, postprocessorer till NC-maskiner, datorstödd konstruktion m m. Även stora företag som ASEA, LM Ericsson, Sandvik m fl är kunder hos Svensson & Hjelm.

– Saab-Scanias industrisektor i Jönköping marknadsför olika CAM-tjänster, t ex NC-programmeringssystem och utveckling av postprocessorer till verktygsmaskiner.

Ovanstående konsultföretag är huvudsakligen inriktade mot mekaniska tillämpningar. Inom elektronikindustrin har CAD-system blivit ett viktigt hjälpmedel för design och framtagning av tillverkningsunderlag för kret-

skort. Detta är en av de tillämpningar där CAD-system fått störst betydelse. CAD-system är emellertid dyra och endast stora företag har hittills kunnat investera i sådana system. Mindre företag är därför hänvisade till servicebyråföretag.

Vid *Saab-Scanias Robot- och elektroniksektor* finns ett mycket stort CAD-system som används såväl av Saab-Scania som av externa kunder.

Förutom Saab-Scania finns ett antal mindre servicebyråföretag för kretskortskonstruktion.

10.6 Den svenska automatiseringsindustrins konkurrensförutsättningar

10.6.1 *Inledning*

Bortsett från CAD-system, som inte tillverkas i Sverige, har den svenska automatiseringsindustrin en relativt stark ställning på den inhemska marknaden. För vissa typer av utrustning har den svenska industrin även en framskjuten ställning på den internationella marknaden.

Sverige var ett av de första länderna som investerade i datorstyrd tillverkningsutrustning och fortfarande torde den svenska industrin ligga bland de främsta vad gäller avancerad tillverkningsteknologi inom verkstadsindustrin. Den tidiga inhemska efterfrågan har i detta sammanhang haft stor betydelse för automatiseringsindustrins nuvarande ställning.

Den internationella efterfrågan har emellertid under de senaste åren vuxit snabbt vilket har fått till följd att produktion av datorstyrd tillverkningsutrustning har prioriterats i ett flertal länder, främst USA, Japan, Västtyskland och Italien. Utlandet håller snabbt på att knappa in det försprång Sverige haft vad gäller såväl tillverkning som användning av avancerad tillverkningsutrustning.

Datorstyrd tillverkningsteknik har nu nått en sådan mognad att den både i Sverige och utlandet börjar spridas även till mindre och medelstora företag. Samtidigt börjar en "andra generation" tillverkningsutrustning komma till användning hos stora teknikintensiva företag.

Som redovisades i de föregående kapitlen väntas stora tekniska framsteg göras under 1980-talet, främst som en följd av den snabba utvecklingen inom elektronikområdet. Svenska företag som producerar datorstyrd tillverkningsutrustning har även i fortsättningen goda förutsättningar att kunna hävda sig på den internationella marknaden. Konkurrensen kommer dock att bli hårdare och det kommer att krävas större satsningar på FoU, marknadsföring, utbildning samt ökat samarbete mellan tillverkare, användare, de anställda, högskolorna och staten.

Sammanfattningsvis kan den svenska automatiseringsindustrin sägas ha följande för- och nackdelar:

Fördelar:
- Tidig inhemsk efterfrågan.
- Stark ställning på hemmamarknaden.
- Teknologiskt avancerad verkstadsindustri.

Nackdelar:
- Liten hemmamarknad.
- Ringa samarbete mellan tillverkare, mellan tillverkare och användare samt mellan tillverkare/användare och högskolor.
- För vissa typer av utrustning finns det för många tillverkare. Det finns risk för att de konkurrerar ut varandra på en liten hemmamarknad och lämnar fältet fritt för utländska leverantörer.

I avsnitt 10.6.2 redovisas en relativt ingående diskussion kring förutsättningarna för den svenska robotindustrin. Därefter följer i avsnitt 10.6.3 en mer översiktlig bedömning av den inhemska produktionen av verktygsmaskiner, styrsystem och datorstyrda transportsystem.

10.6.2 *Industrirobotar*

Sverige var ett av de första länderna som började investera i industrirobotar. Vid denna tidpunkt, i slutet av 1960-talet och början av 1970-talet, var det internationella utbudet av industrirobotar relativt begränsat, varför förutsättningarna för en tidig inhemsk etablering av robottillverkning var gynsamma. Såväl stora koncerner, som Electrolux och senare även ASEA, som mindre företag, t ex Kaufeldt, startade produktion av robotar. Hos de förstnämnda gick inledningsvis huvuddelen av robotproduktionen till företag inom respektive koncern.

När sedan den internationella efterfrågan på robotar kom igång hade de svenska robottillverkarna ett försprång gentemot många av de större industriländerna i Västeuropa. De svenska tillverkarna hade byggt upp såväl kompetens som produktionskapacitet att möta både den svenska och den internationella efterfrågan.

Under de senaste åren har den internationella robotmarknaden vuxit mycket snabbt och blivit av allt större betydelse för de svenska robottillverkarna. Som framgick av avsnitt 10.2.2 uppgår exportandelen till 60 % (för ASEA uppgår den till 80 %).

De svenska robotföretagen är således väl etablerade på de utländska markanderna. Vad är då förutsättningarna för de svenska tillverkarna att behålla eller förstärka denna position? Innan ett försök görs att besvara denna fråga redovisas några faktorer som kommer att få stor betydelse för robotmarknadens utveckling under 1980-talet.

1. Japan och USA är de ledande tillverkarna av industrirobotar. Hittills har dock produktionen huvudsakligen avsatts på respektive hemmamarknad. Japans exportandel är f n mellan 2 % och 4 %. I USA har visserligen de två ledande tillverkarna, Unimation och Cincinnati Milacron, en relativt omfattande utlandsförsäljning men huvuddelen av produktionen avsätts på hemmamarknaden.

I båda dessa länder är hemmamarknadens storlek och tillväxt av sådan omfattning att tillverkarna ännu så länge inte behöver vara beroende av utlandsmarknader för tillväxt.

Fortfarande tillverkas robotar i förhållandevis korta serier. Även hos de största robotföretagen understiger produktionsvolymen f n 1 000 enheter per år. De japanska och amerikanska tillverkarna håller emellertid på att genomföra betydande ökningar i produktionskapaciteten. Successivt kom-

mer robotarna att tillverkas i allt längre serier, vilket leder till lägre tillverkningskostnader, lägre priser och därmed normalt större efterfrågan.

När robottillverkarna i Japan, USA, Västtyskland m fl väl "hunnit ifatt" den inhemska efterfrågan är det sannolikt att utbudet i allt större utsträckning kommer att riktas mot utländska marknader. Robotarna kommer då att produceras i betydligt större serier än vad som nu är fallet. Sannolikt kommer då exportsatsningar på bred front att påbörjas. Man kan här dra paralleller med utvecklingen av den japanska verktygsmaskinindustrin. Under 1950- och 1960- talen avsattes huvuddelen av produktionen på hemmamarknaden. När denna under 1970-talet började bli mättad inriktades produktionen av verktygsmaskiner snabbt mot de utländska marknaderna. Mellan 1970 och 1978 ökade Japans exportandel av verktygsmaskiner från 7,7 % till 44,4 %. Det finns mycket som talar för att produktionen av industrirobotar kan få samma utveckling. Frågan är då om de svenska tillverkarna har uppnått tillräcklig stark position på viktiga marknader för att kunna möta den allt hårdare konkurrensen från Japan och USA.

2. Robotmarknaden är fortfarande förhållandevis liten. Uppskattningsvis utgör den f n bara ca 2 % av verktygsmaskinmarknaden. Robotmarknaden expanderar emellertid mycket snabbt, tillväxten ligger i storleksordningen 35 % per år, och efterhand blir robotindustrin en allt mer betydelsefull industribransch. Många företag håller därför på eller kan förväntas etablera sig i branschen. Framför allt räknar man att dator- och elektronikföretag kommer att börja tillverka robotar för extern försäljning. Företag som IBM, Texas Instrument, Digital Equipment m fl tillverkar redan avancerade robotar men f n endast för egen användning. I Japan är ledande elektronikföretag som Hitachi och Fuijtsu redan stora tillverkare av robotar.

Om dator- och elektronikföretagen, med sina stora forsknings-, produktions-, marknadsförings- och finansiella resurser, beslutar sig för att gå in i robotbranschen kan man förvänta sig en snabbare teknisk utveckling av robotar, pressade priser och en betydligt större marknadstillväxt.

3. För att kunna finansiera de ökade satsningarna i FoU och produktutveckling krävs stora produktionsvolymer att sprida investeringskostnaderna på, vilket i sin tur kräver stora marknadsföringsinsatser. En viktig målsättning för de ledande företagen måste därför vara att växa i minst samma takt som markanden. Detta kan ske antingen av "egen kraft" eller genom uppköp av andra robotföretag för att skaffa sig marknadsandelar och storskalighet i produktionen. Under 1980-talet kommer sannolikt många mindre, fristående robotföretag att köpas upp av finansiellt starka koncerner.

4. I många länder är dataområdet föremål för ett omfattande statligt engagemang. Dataindustrin anses i industripolitiskt hänseende vara strategisk: den är tekniskt avancerad, har hög tillväxt, ger "spin-off" effekter på andra industribranscher och domineras av amerikanska företag. I många länder går staten in och stödjer den inhemska instrustin via såväl direkta subventioner som olika indirekta stödformer.

Robotindustrin börjar nu på samma sätt som dataindustri bli föremål för allt större statliga satsningar vilket kan leda till konkurrensbegränsningar. Av detta skäl blir det sannolikt nödvändigt för de ledande robotföretagen att

etablera lokal produktion i viktiga marknader.

5. Stora produktionsvolymer har framhållits som en central faktor i konkurrensbilden. För att uppnå detta kommer det sannolikt att krävas förändringar i utbudets sammansättning. Robottillverkarna är idag främst inriktade mot att producera och sälja enskilda robotenheter. När robottekniken i allt större utsträckning sprids till icke teknikledande företag kommer efterfrågan på totallösningar för automatiseringsproblem att öka. Möjligheter att kunna leverera hela robot- och tillverkningssystem (dvs robotar, kringutrustning, annan maskinutrustning, programvaror, utbildning samt anpassningar och installation) kommer att bli ett allt viktigare inslag i marknadsföringen. Redan har företag som Unimation och Cincinnati Milacron startat verksamhet som innebär att man kan gå in som huvudentreprenör vid försäljning av robot- och tillverkningssystem.

Vad gäller de svenska robotföretagens konkurrensförutsättningar under 1980-talet är utgångsläget gynsamt. De har tekniskt avancerade produkter och en stark position på vissa utländska marknader. Prismässigt ligger de svenska robotarna dock normalt högre än motsvarande robotar i utlandet.

Som tidigare framhållits väntas den internationella konkurrensen bli betydligt hårdare, framför allt från Japan, USA och Västtyskland. För att uppnå storskalighet i produktion och försäljning, inte minst mot bakgrund av de allt större utvecklingskostnaderna, måste de svenska tillverkarna växa i minst samma takt som marknaden. Nedan redovisas några strategier som kan främja de svenska tillverkarnas tillväxt.

1. *Prispolitik*. Genom att sänka priset (under förutsättning att den finansiella situationen inom respektive företag så medger) skulle tillverkarna kunna uppnå ökade marknadsandelar. På kort sikt skulle detta innebära lägre lönsamhet men å andra sidan kan företagen växa utifrån högre marknadsandelar och snabbare uppnå storskalighet i produktionen. Den långsiktiga lönsamheten kan därmed komma att öka.

Sannolikt är det så att det inom robotområdet föreligger en "märkestrohet" på samma sätt som inom dataområdet. I så fall är det av stor betydelse för ett robotföretag att det har stora marknadsandelar redan innan expansionen sätter fart. Det kan därför vara lika viktigt att investera i marknadsandelar som i maskiner och utrustning.

2. *Företagsförvärv*. Ett annat sätt för ett företag att öka sina marknadsandelar är att köpa upp andra robotföretag. Därmed erhålles inte bara marknadsandelar utan också produktionskapacitet, utbildad personal, marknadsföringsorganisation samt lokal förankring i det fall företaget ligger i utlandet. Lokal produktion i de viktigaste utländska marknaderna blir sannolikt nödvändigt inte bara ur marknadsmässig synvinkel utan också som en följd av att många länder kan komma att ställa mer eller mindre uttalade krav på att försäljningen skall grundas på inhemsk produktion (jfr dataområdet).

Företagsförvärv kan också motiveras av att ett företag vill bredda sitt produktsortiment. De framgångsrika företagen kommer sannolikt att marknadsföra allt från enkla till mycket avancerade robotar och robotsystem. Dessutom kommer, som framhållits tidigare, robotföretagen i allt större utsträckning att leverera system, inklusive tjänster, varför företagsförvärven

även kan avse konsultföretag, verktygs- och verktygsmaskinföretag.

3. *Samarbete med teknikledande företag.* Robotmarknanden domineras f n av ett fåtal stora användare, företrädesvis inom bilindustrin. Dessa företag är strategiska inte bara ur direkt försäljningssynpunkt utan också för robotarnas tekniska utveckling och framtagning av nya robottyper. Man kan här peka på det samarbete mellan Unimation och General Motors som ledde fram till PUMA-roboten.

4. *Samarbete med högskolor.* Ju mer avancerade industrirobotarna blir desto större blir utvecklingskostnaderna. Det blir därför mer angeläget för robotföretagen att i större utsträckning samarbeta med högskolorna, framför allt vad gäller mer långsiktigt FoU-arbete.

Ett företag som insett betydelsen av samarbete med högskolor, både i och utanför USA, är Cincinnati Milacron. För att främja robotforskningen har man bl a skänkt fem industrirobotar till universiteten. Detta kommer sannolikt att leda till inte bara närmare kontakter med universitetsforskningen utan också på sikt större försäljning. Studenterna och forskarna blir förtrogna med Cincinnatis robotar och när de kommer ut i industrin kan detta innebära man favoriserar Cincinnati. Samma filosofi ligger bakom IBM's satsningar på universitetsdatacentraler.

I Sverige förekommer det relativt lite samarbete mellan robottillverkare och användare å ena sidan och högskolor å andra sidan. De förra ser högskolorna mer som en källa för personalrekrytering än som forskningsresurs.

Sammanfattningsvis kan sägas att svensk robotindustri har ett bra utgångsläge. Konkurrensen kommer emellertid att öka väsentligt och om svensk robotindustri vill behålla sin ledande ställning krävs stora och djärva satsningar inom samtliga de områden som diskuterats ovan.

10.6.3 *Verktygsmaskiner, styrsystem och datorstyrda transportsystem*

Verktygsmaskinindustrin

Svensk verktygsmaskinindustri består huvudsakligen av små och medelstora företag. Många är dessutom familjeföretag som har svårt att finansiera generationsväxling och tillväxt. Sedan 1976 har efterfrågeutvecklingen varit svag, särskilt på hemmamarknaden, och branschen uppvisar dålig lönsamhet. Flera företag har tvingats till personalinskränkningar.

För den svenska verktygsmaskinindustrin är den utländska efterfrågan helt avgörande för industrins överlevnad. Under 1978 uppgick den svenska exporten av verktygsmaskiner till 88 % av produktionen. Bland de större producentländerna i västvärlden finns det inget land som har så stor exportandel som Sverige.

Som en följd av framför allt utvecklingen inom elektronikområdet har den tekniska utvecklingstakten ökat i verktygsmaskinindustrin. Om svensk verktygsmaskinindustri skall kunna upprätthålla sina positioner på såväl hemma- som exportmarknaden, kommer det att krävas stora resurser för forskning- och utveckling, produktutveckling och marknadsföring. Att finansiera nödvändiga investeringar kan dock bli ett problem mot bakgrund

av dels branschens småföretagskaraktär, dels branschens dåliga lönsamhet.

I flera länder, t ex Västtyskland och Storbritannien, genomfördes under 1970-talet en strukturrationalisering i verktygsmaskinindustrin. Bakgrunden härtill var branschens dåliga lönsamhet, som således inte bara är ett svenskt fenomen, samt att de många små verktygsmaskinföretagen fick allt svårare att finansiera nödvändigt utvecklingsarbete. I många länder har staten tagit en aktiv del i strukturomvandlingen genom att ge finansiellt stöd till företag som gick samman eller som etablerade utvecklingssamarbete.

I USA har under de senaste åren ett flertal fusioner, innefattande bl a några av de största verktygsmaskinföretagen, gjorts inom branschen. Det primära motivet har varit de allt större investeringar som krävs för FoU och produktutveckling.

I Sverige har inga större strukturförändringar inträffat i branschen. Mot bakgrund av dels branschens dåliga lönsamhet under de senaste åren, dels det stora kapitalbehov som krävs för att utveckla och marknadsföra 1980-talets avancerade datorstyrda maskiner har branschen själv tagit vissa initiativ till strukturförändringar. Även om det skett vissa ägarmässiga förändringar under de senaste åren har branschens strukturproblem dock inte ändrats på något avgörande sätt. Flera problem återstår att lösa. Bland annat måste följande frågeställningar klarläggas:

- Skall integreringen göras horisontellt eller vertikalt? Med andra ord, skall mindre maskinföretag med likartat produktsortiment slås samman till större enheter eller skall maskinföretagen slås samman med styrsystem- och robotföretag? Det senare alternativet skulle möjliggöra försäljning av hela tillverkningssystem. För svenska styrsystemtillverkare skulle detta vara en fördel eftersom de har svårt att exportera (utanför Norden) styrsystem till NC-maskiner. Ett annat alternativ är ett samgående mellan verktygsmaskin- och verktygsföretag.
- Vilka ägarintressen skall familjeföretagen ha i eventuellt nya företagskonstellationer. Skall de ha minoritetsintressen eller skall de lösas ut?

Tillverkning av styrutrustning

SMT, Saab-Scania och ASEA är de viktigaste tillverkarna av styrsystem. Tillsammans svarar de för över 80 % av den inhemska tillverkningen. SMT marknadsför sina styrsystem enbart i samband med sina verktygsmaskiner. För SMT är det en styrka att kunna sälja både maskin och styrsystem.

ASEA och Saab, som endast tillverkar styrsystem, säljer nästan uteslutande på den nordiska marknaden. Att framgångarna på andra marknader varit marginella förklaras av

- otillräcklig service- och marknadsföringsorganisation,
- att systemen ej säljs tillsammans med svenska verktygsmaskiner,
- mycket hård utländsk konkurrens, dels från stora maskintillverkare som säljer både styrsystem och maskiner, dels från stora datorföretag som t ex General Electric, Siemens och Fujitsu Fanuc.

Eftersom de svenska styrsystemtillverkarna huvudsakligen är begränsade till den nordiska marknaden, där även norska Kongsberg har en stark ställning, samt vissa länder i Östeuropa, har de svenska tillverkarna relativt

begränsade möjligheter att expandera sin verksamhet.

Följande exempel ger en god bild av vilken konkurrens de svenska tillverkarna har att möta. Fujitsu Fanuc, som är Japans ledande styrsystemföretag, hade under 1980 en produktion om 21 000 enheter. Den samlade produktionen hos ASEA, Saab och SMT var under samma år högst 700 enheter.

Framtidsutsikterna för de svenska styrsystemtillverkarna är inte särskilt gynnsamma. Förutom den allt hårdare utländska konkurrensen har verktygsmaskinindustrins problem fått återverkningar på styrsystemtillverkningen. På sikt är det därför osäkert om styrsystemtillverkningen kan upprätthållas ens på nuvarande nivå. En förutsättning för att denna bransch skall kunna överleva är att denna bransch liksom automatiseringsindustrin som helhet restruktureras.

Datorstyrda transportsystem

Användningen av datorstyrda transportsystem befinner sig fortfarande i ett inledningsskede. En mycket snabb expansion väntas dock ske under 1980-talet.

Den svenska marknaden är en av de mest avancerade vad gäller användning av datorstyrda transportsystem. På denna marknad har de inhemska tillverkarna en dominerande ställning. Tillverkarna har dessutom vunnit flera framgångar på exportmarknaden.

Industrin för transport- och materialhanteringsutrustning har således ett gynnsamt utgångsläge[1]. Flera av tillverkarna har dessutom goda exportutsikter eftersom de antingen själva är etablerade i utlandet, t ex Bygg&Transportekonomi, eller att de tillhör koncerner, Volvo, Asken och Euroc, som har en stor utlandsförsäljning.

Ett problem är att antalet tillverkare är för stort för att var och en snabbt skall få en sådan volym att utvecklingskostnaderna blir täckta. Många företag gör i dag förluster men räknar med lönsamhet då marknaden expanderar under 1980-talet. Dålig lönsamhet i kombination med stora investeringar i utvecklingsarbete gör branschen sårbar om den förväntade efterfrågan förskjuts i tiden.

Sammanfattningsvis kan följande karaktäristik ges för den svenska *automatiseringsindustrin:*

- *Robotindustrin* är i absolut produktionsvolym den tredje största i världen med mycket goda utvecklingsmöjligheter.
- *Verktygsmaskinindustrin* och *industrin för styrsystem* har stora lönsamhetsproblem vilket leder till stora svårigheter att finansiera nödvändiga investeringar i FoU, produktutveckling, produktionskapacitet och marknadsexpansion. Branschen är i stort behov av restrukturering.
- *Industrin för transport- och materialhanteringsutrustning* har potentiellt goda utvecklingsmöjligheter.

En närliggande bransch, som inte behandlats här, är *verktygsindustrin.* Denna uppvisar mycket god lönsamhet. Den svenska verktygsindustrin är i absolut produktionsvolym den tredje största i världen.

Det finns således delar av automatiseringsindustrin där Sverige har en framskjuten position medan industrin inom andra delar står inför stora

[1] Detta bekräftas också av den s k Telesisrapporten som utarbetats på uppdrag av Sveriges Mekanförbund och Metallindustriarbetareförbundet.

problem.

Vad som saknas i den svenska automatiseringsindustrin är företag som kan leverera kompletta datorstödda konstruktions- och tillverkningssystem. Möjligen beror detta på att marknaden för sådana system ännu inte är tillräckligt stor. Sannolikt är detta dock ett område på vilket svensk automatiseringsindustri måste satsa för att lösa nuvarande problem och samtidigt lägga en grund för expansion.

11 Användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning

11.1 NC-maskiner

Sveriges Mekanförbund genomförde 1976 en undersökning angående den svenska industrins användning av NC-maskiner. Mekanförbundet uppskattade att antalet installerade NC-maskiner vid denna tidpunkt uppgick till ca 2 100. Av detta antal hade Mekanförbundet genom en särskild inventering kunnat dokumentera ca 1 900 installationer.

Under senare delen av 1979 genomförde DEK i samarbete med statistiska centralbyrån (SCB) en uppföljning av Mekanförbundets undersökning. DEK's undersökning lades upp på följande sätt. Verkstadsindustrin indelades i två populationer:

a) 22 företag som under 1976 var de ledande NC- och robotanvändande företagen (teknikledande företag),

b) samtliga arbetsställen med tio eller fler anställda i verkstadsindustrin, exklusive de arbetsställen som tillhör de 22 företagen i population a).

Samtliga arbetsställen i population a) undersöktes med avseende på bl a användningen av NC-maskiner och industrirobotar. För population b) skattades användningen från ett stratifierat urval på arbetsställenivå. Enkätsvar erhölls från 98 % av de arbetsställen som omfattades av undersökningen.

Enligt DEK's beräkningar uppgick antalet installerade NC-maskiner 1979 till ca 3 650. I tabell 11.1 redovisas hur NC-maskinparken, enligt Mekanförbundets och DEK's inventeringar, har utvecklats under perioden 1970-1979.

Tabell 11.1 Antalet installerade NC-maskiner 1970–1979

	1970	1973	1976	1979
Antalet installerade NC-maskiner rapporterade i Mekanförbundets inventering	440	960	1 900	
Skattning av det totala antalet installerade NC-maskiner	480	1 060	2 100	3 650
Årlig genomsnittlig tillväxt, %		30	26	20

Källa: Sveriges Mekanförbund, DEK.

Tabell 11.2 Företag som 1976 hade fler än 20 installerade NC-maskiner

Företag	Antal NC-maskiner	Företag	Antal NC-maskiner
L M Ericsson	219	Alfa Laval	59
ASEA	177	Hägglund & Söner	33
Volvo	159	Karlstads Mek Verkstad	28
Sandvik	113	Kockums	27
Atlas Copco	82	Flygt	22
Saab-Scania	77	Solna Offset	22
Bofors	65	AB Sundsvalls Verkstäder	21
Stal Laval	63		
		Summa	1 167

Källa: Sveriges Mekanförbund, DEK.

Under 1970-talet har NC-maskinparken ökat med i genomsnitt 25 % per år. Under senare delen av 1970-talet har tillväxten avtagit men ligger ändå på en nivå som är betydligt högre än för andra maskininvesteringar.

De ca 1 900 NC-maskiner som Mekanförbundet hade kunnat dokumentera i sin undersökning var installerade hos 184 företag vid 232 arbetsställen. NC-maskinerna var emellertid i mycket hög grad koncentrerade till ett fåtal stora företag. Femton företag, som alla hade fler än 20 installerade NC-maskiner, se tabell 11.2, svarade för 62 % av det rapporterade antalet NC-installationer (ca 56 % av det uppskattade totala antalet installationer).

Under 1979 uppgick antalet NC-maskiner hos tidigare nämnda företag till ca 1 500 vilket inneburit att dessa företags andel av den totala NC-maskinparken sjunkit till ca 41 %.

Vad gäller de ca 200 NC-maskiner som ej fångats upp av Mekanförbundets inventering gör vi, mot bakgrund av undersökningens uppläggning, det antagandet att dessa maskiner var installerade hos mindre och medelstora företag och att antalet NC-maskiner per företag var högst fem. I den följande redovisningen av Mekanförbundets undersökningsresultat utgår vi från dessa antaganden.

I tabell 11.3 visas hur antalet NC-maskiner var fördelade per företag och

Tabell 11.3 Antalet installerade NC-maskiner per företag och arbetsställe under 1976

Antal NC-maskiner per företag respektive arbetsställe	Fördelning på företag			Fördelning på arbetsställe		
	Antal företag	Antal NC-maskiner	%	Antal arbets-ställen	Antal NC-maskiner	%
1– 5	170–220	490	23	200–250	570	27
6–10	29	220	11	39	300	14
11–15	11	135	6	17	210	10
16–20	5	90	4	7	120	6
21–	15	1 165	56	16	900	43
Summa	230–280	2 100	100	280–330	2 100	100

Källa: Sveriges Mekanförbund, DEK.

arbetsställe under 1976.

Storleksordningen 75 % av de NC-användande företagen hade under 1976 högst fem NC-maskiner. Dessa företag svarade dock endast för ca 25 % av den totala NC-maskinparken.

Användningen av NC-maskiner har i hög grad varit förbehållet stora företag. Även om de mindre och medelstora företagen under de senaste åren ökat sina investeringar i NC-maskiner i snabbare takt än de stora företagen är och blir de senare den dominerande användarkategorin. Arbetsställen med 200 anställda och däröver, ca 10 % av verkstadsindustrins arbetsställen, svarar för ca 2/3 av NC-maskinparken, se tabell 11.4.

Tabell 11.4 Antalet NC-maskiner fördelade på arbetsställen som är storleksgrupperade efter antalet an ställda, 1976 och 1979

Antal anställda	Anställda arbetsställen i verkstadindustrin, 1977		Antal NC-maskiner			
			1976		1979	
10– 49	2 426	(68 %)	700	(33 %)	880	(22 %)
50–199	812	(23 %)			525	(14 %)
200–	329	(9 %)	1 400	(67 %)	2 325	(64 %)
Summa	3 567	(100 %)	2 100	(100 %)	3 650	(100 %)

Källa: Sveriges Mekanförbund, SCB, DEK.

I Mekanförbundets undersökning var det ca 230 arbetsställen som rapporterade innehav av NC-maskiner. Inkluderas även de arbetsställen som ej omfattats av undersökningen torde det totala antalet arbetsställen som under 1976 innehade NC- maskiner uppgått till högst 350. För 1979 kan motsvarande an tal uppskattas till högst 500. Av verkstadsindustrins arbets ställen med tio anställda eller fler skulle således ca 10 % haft NC-maskiner under 1976 och 14 % under 1979.

Av de NC-maskiner som är installerade i industrin återfinns över 95 % i verkstadsindustrin. Fördelningen av verkstadsindustrins NC-maskiner på olika delbranscher är emellertid ganska ojämn. Maskinindustrin svarar för ca 40 % av den totala NC-maskinparken. Därefter följer metallvaruindustrin och elektronikindustrin med ca 20 % vardera, se tabell 11.5.

Tabell 11.5 Antalet installerade NC-maskiner 1979 fördelade på verkstadsindustrins delbranscher

	Antal	Pro-cent	Antalet NC-maskiner per 100 milj kr förädlingsvärde 1979[a]
Metallvaruindustri	785	22	8,3
Maskinindustri	1 540	42	11,6
Elektroindustri	700	19	4,9
Transportmedelsindustri	465	13	3,2
Instrumentindustri	40	1	4,1
Övrig industri	120	3	
Summa	3 650	100	

[a] Förädlingsvärdet avser 1977 och antalet NC-maskiner 1979.
Källa: DEK.

Orsakerna till att de olika delbranscherna använder NC-tekniken i olika hög grad kommer att diskuteras längre fram i utredningen.

11.2 Industrirobotar

Sveriges Mekanförbund genomförde 1977 en undersökning angående den svenska industrins användning av industrirobotar. Enligt denna undersökning fanns det vid denna tidpunkt inemot 500 industrirobotar i Sverige. Dessa var fördelade på 68 företag och 93 arbetsställen.

Som tidigare nämnts genomförde DEK under 1979 en uppföljning av Mekanförbundets undersökningar av den svenska verkstadsindustrins investeringar i NC-maskiner och industrirobotar. Enligt DEK's undersökning uppgick antalet industrirobotar under 1979 till ca 940. I tabell 11.6 visas hur industrirobotparken utvecklats under 1970-talet.

Tabell 11.6 Antalet installerade industrirobotar, 1970-1979

	1970	1973	1977	1979
Antalet installerade industrirobotar	55	135	490	940
Årlig tillväxt, %	35	38	39	

Källa: Sveriges Mekanförbund, DEK.

Den uppgift om antalet installerade industrirobotar 1979 som angavs i tabell 11.6 avser endast verkstadsindustrin. Industrirobotar har emellertid även kommit till användning inom andra branscher, främst järn- och stålindustrin, plastindustrin och glasindustrin. Då dessa branscher endast svarar för storleksordningen 10 % av den totala robotparken har vi approximerat industrins robotpark med verkstadsindustrins robotpark. Under de senaste åren har dock de förstnämnda branscherna ökat sina robotinvesteringar och på sikt kan de bli relativt stora robotanvändare.

De industrirobotar som är installerade i den svenska industrin är i hög grad koncentrerade till ett fåtal stora användare. Under 1977 svarade elva företag, som alla hade tio eller fler industrirobotar, för nästan 3/4 av den totala

Tabell 11.7 Antalet installerade industrirobotar per företag och arbetsställe i mitten av 1977

Antal industrirobotar per företag och arbetsställen	Fördelning på företag			Fördelning på arbetsställen		
	Antal företag	Industrirobotar		Antal arbetsställen	Industrirobotar	
		Antal	%		Antal	%
1	25	25	5,1	38	38	7,7
2	10	20	4,1	12	24	4,9
3–5	17	58	11,7	21	74	15,0
6–9	5	32	6,5	8	56	11,4
10–	11	357	72,6	14	300	61,0
Summa	68	492	100,0	93	492	100,0

Källa: Sveriges Mekanförbund, DEK.

robotparken, se tabell 11.7. Ca hälften av de företag som under 1977 använde industrirobotar, hade färre än tre robotar. Totalt svarade dock dessa företag för mindre än 10 % av den totala robotparken.

De sju största robotanvändande företagen; Volvo, Electrolux, Sandvik, ASEA, Seco Tools, Saab-Scania och Facit, svarade under 1977 för 63 % av robotparken. Under 1979 hade dessa företags andel sjunkit till 45 %.

Även om industrirobotar således nu i allt större utsträckning anskaffas av företag andra än de ovan nämnda är användningen fortfarande koncentrerad till ett fåtal företag.

I tabell 11.8 visas hur industrirobotarna fördelas på olika arbetsställestorlekar.

Tabell 11.8 Antalet installerade industrirobotar 1977 och 1979, fördelade på arbetsställestorlek

Antal anställda per arbetsställe	Antal industrirobotar			
	1977		1979	
10–199	80	(16 %)	360	(38 %)
200–	410	(84 %)	580	(62 %)
Summa	490	(100 %)	940	(100 %)

Källa: Sveriges Mekanförbund, DEK.

Arbetsställen med mindre än 200 anställda svarade för 62 % av robotparkens tillväxt mellan 1977 och 1979. Detta innebar att dessa arbetsställen ökade sin andel av robotparken från 16 % till 38 %. Att tillväxten hos de större arbetsställena varit relativt mindre förklaras av att dessa redan före 1977 hade genomfört omfattande investeringsprogram.

Den kraftiga ökningen i robotinvesteringarna hos de mindre arbetsställena skall dock inte tolkas så att det enbart är mindre företag som svarar för denna ökning. Många av de arbetsställen med mindre än 200 anställda som under perioden 1977-1979 investerat i industrirobotar tillhör stora företag.

I tabell 11.9 visas hur verkstadsindustrins industrirobotar är fördelade på

Tabell 11.9 Antalet installerade industrirobotar 1979 fördelade på verkstadsindustrins delbranscher

	Antal	Procent	Antal industrirobotar per miljard kronor förädlingsvärde, 1979[a]
Metallvaruindustri	475	51	50,2
Maskinindustri	145	15	10,9
Elektroindustri	85	9	6,0
Transportmedelsindustri	205	22	14,1
Instrumentindustri	0	0	0
Övrig industri	30	3	
Summa	940	100	

[a] Förädlingsvärdet avser 1977 och antalet industrirobotar 1979.
Källa: DEK.

olika delbranscher.

Under 1979 var anvädningen av industrirobotar främst koncentrerad till metallvaruindustri, ca 50 % av alla installerade robotar, och transportmedelsindustri, drygt 20 %. De höga robotandelarna i dessa branscher förklaras av att robotarna hittills främst kommit till användning vid maskinbetjäning respektive svetsning av produkter i stora serier vilka är karaktäristiska tillverkningsprocesser i dessa branscher.

11.3 CAD-system

Datatekniska tillämpningar inom produktionsprocessen i verkstadsindustrin har hittills främst avsett styrning av materialflöden, maskiner samt mer eller mindre avancerade tekniska beräkningar. Inom konstruktionsavdelningarna har däremot rationaliseringsinsatserna varit betydligt blygsammare. Man kan gå så långt tillbaka i tiden som ett halvsekel och finna att de arbetsmetoder konstruktörerna då hade, inte på något påtagligt sätt skiljer sig från dagens (bortsett från t ex elektroniska räknemaskiner). Den utrustning man använder är nu liksom då ett ritbord där arbetet bedrivs med hjälp av linjaler och ritpenna. Några siffror som karaktäriserar detta förhållande är att konstruktionsarbetets effektivitet under 1900-talet endast ökat med ca 20 % jämfört med storleksordningen 1 000 % för tillverkningsprocessen[1].

De relativt begränsade insatserna som hittills gjorts för att rationalisera konstruktionsarbetet är anmärkningsvärda mot bakgrund av de konsekvenser beslut fattade på konstruktionsstadiet får i jämförelse med besluten inom senare delar av produktionsprocessen. En undersökning av några företag i Västtyskland visade att en konstruktör har direkt inflytande på ca 75 % av totala kostnaden för den produkt han konstruerar under det att han belastar företaget med ca 5 % av kostnaderna[1].

I dag är det vanligt förekommande hos både större och mindre företag att man använder datorer, t ex bordsdatorer eller datoranslutna terminaler, för olika tekniska beräkningar i konstruktionsarbetet. System som enbart omfattar sådana tillämpningar kommer dock inte att behandlas i det följande.

För andra delar i konstruktionsprocessen, t ex primärdesign, detaljkonstruktion, material- och komponentval och framställning av ritningar och annat tillverkningsunderlag utnyttjas datatekniska hjälpmedel i relativt liten omfattning. De flesta konstruktörer arbetar fortfarande på traditionellt sätt med ritpenna och ritbord och hämtar uppgifter från diverse handböcker. Användningen av speciella datorsystem innefattande bl a interaktiva grafiska bildskärmsterminaler, s k CAD-system, kommer dock att medföra stora förändringar i konstruktionsarbetet.

Med datorstödd konstruktion och produktionsberedning (CAD/CAM) avses en teknik där datorer tas till hjälp för att rationalisera olika faser i konstruktions- och produktionsberedningsarbetet. Det kan t ex gälla tekniska beräkningar, generering av geometrier, ändringar i befintliga konstruktioner, generering av ritningar och NC-program m m (se kapitel 5).

Investeringar i CAD/CAM-system görs inte bara för att höja produktivi-

[1] Källa: Investering i datorstödda konstruktions hjälpmedel, IVF.

teten i konstruktionsarbetet utan också för att förkorta den totala produktframtagningstiden. Uttryckt i termer av arbetstimmar kan, på de delar där systemen är tillämpbara, konstruktionsarbetet reduceras med upp till 80 %. Hur mycket tid som sparas beror bl a på hur avancerade system som används samt konstruktionens komplexitet. Förutom rationaliseringar i själva konstruktionsarbetet kan CAD-systemen ge betydande vinster genom att de underlättar generering av NC-program och underlag till produktionsberedningsarbetet.

CAD-system har fortfarande en ringa utbredning i industrin. Orsakerna härtill är bl a

- Systemkostnaden. Inköpspriset ligger i intervallet 0,5-1,5 miljoner kronor. Stora avancerade system kan kosta från ett par miljoner kronor upp till 10-tals miljoner.
- Begränsningar i programvaran, bl a för att generera tredimensionella geometrier.
- Bristande kunskaper hos potentiella användare.
- Endast större företag har råd att hålla sig med personal för underhåll och vidareutveckling av systemen.

Hittills har CAD-systemen huvudsakligen kommit till användning inom elektronikområdet där tekniken numera är etablerad och i flera avseenden oumbärlig. Systemen används framför allt för konstruktion av virade kretskort, tryckta kretskort, integrerade och hybrida kretsar.

Nästan alla elektronikföretag använder i dag CAD-system, antingen egna system eller via servicebyråer. Att CAD-systemen kommit till särskilt stor användning inom elektronikområdet förklaras av att

- konstruktionerna är begränsade till två dimensioner,
- produkterna som skall konstrueras är relativt homogena varför standardprogram och tidigare genererad konstruktionsinformation lätt kan användas.
- konstruktionerna ofta är komplexa. För konstruktion av integrerade kretsar och kretskort med många komponenter är CAD-system ofta den enda lösningen.

Antalet installerade CAD-system i Sverige uppgår f n till ca 60 (i denna siffra innefattas dock inte bordsdatorer eller generella datorsystem som används för vissa delar i konstruktionsarbetet. Inte heller innefattas ritningsadministrativa system). Av de installerade CAD-systemen används ca hälften för elektronikkonstruktion. En uppskattning av de installerade CAD-systemens användningsområden redovisas i tabell 11.10.

Tabell 11.10 Antalet installerade CAD-system 1979. Fördelning på användningsområden

Användningsområde	Antal
Elektronikkonstruktion	30
Mekaniska konstruktioner	20
Övrigt (högskolor, byggnads- industri, statsplanering m m)	10

Källa: DEK.

Den störste användaren av CAD-system i Sverige är LM Ericsson som har ett 10-tal system. Andra stora användare är ASEA (elektronik- och mekaniktillämpningar), ASEA-Hafo och Rifa (integrerade kretsar), Saab-Scania (elektronik- och mekaniktillämpningar men ej för bilkonstruktioner) samt Electrolux och Volvo (mekaniktilllämpningar). Tillsammans svarar dessa företag för över hälften av det totala antalet installerade system. För att ge en uppfattning om investeringskostnadernas omfattning kan nämnas att Saab-Scania hittills har investerat ca 20 miljoner kronor i CAD-system, exklusive eget utvecklingsarbete (ca 50 manår).

Andra stora användare av CAD-tekniken är bl a Stal-Laval, Sandvik, Kockums och Philips. Nästan samtliga företag som investerat i CAD-system är stora företag, med undantag av ett par mindre företag som arbetar med CAD-system på servicebyråbasis. Även vissa av de stora företagen, framför allt Saab-Scania och Kockums, erbjuder CAD-tjänster till externa kunder.

Som tidigare framhölls kan investeringar i CAD-system uppgå till mellan 0,5 och flera miljoner kronor. I denna kostnad ingår maskinvara, systemprogramvaror samt vissa tillämpningsprogramvaror. Merparten av tillämpningsprogramvarorna måste dock användaren själv utveckla (eventuellt i samarbete med leverantören). Av den totala investeringskostnaden i ett CAD-system, d v s inkl användarens eget utvecklingsarbete, kan programvarukostnaden uppgå till 75 %. Dessutom krävs fortlöpande underhåll och vidareutveckling av programvarorna som måste utföras av specialister.

Om användarna, eller grupper av användare t ex de som använder CAD för mekaniska konstruktioner, för elektronik, stads- och anläggningsplanering etc, hade kunnat ena sig om att köpa system från en eller ett par leverantörer skulle sannolikt stora delar av kostnaden för programvaruutvecklingen kunna delas mellan flera användare. Dessutom skulle användarna ha varit i ett betydligt bättre förhandlingsläge gentemot leverantörerna. Inköpskostnaden för maskinvara, programvara och service skulle kunna pressas, krav skulle kunna resas att leverantörerna skulle utveckla programvaror enligt användarnas behov. Ett etablerat samarbete mellan användarna skulle också kunna leda till ett jämnare resursutnyttjande. Företag med tillfälliga kapacitetsproblem skulle kunna anlita andra företag med ledig kapacitet.

I stället för ett enligt ovan skisserat samarbete har användarna valt att köpa system från ett 10-tal olika leverantörer. Förutom ökade inköpskostnader och sämre förhandlingsposition gentemot leverantörerna har detta medfört ett betydande dubbelarbete vad gäller programvaruutveckling.

11.4 Datorstyrda transportsystem

Datorstyrda interna (inom ett arbetsställe) transportsystem används dels för att hantera material- och varuflöden till och från lager, dels för att transportera material och detaljer mellan olika bearbetningsställen. Transporten av varorna kan ske med olika hjälpmedel: slingstyrda vagnar (s k carriers), truckar, kranar, rullbanor m m. Gemensamt för alla de transportsystem som här studeras är att transporthjälpmedlen är styrda av en

dator.

System för transport av material och varor utformas med hänsyn till de restriktioner som gäller för lager- och tillverkningsfunktionerna, t ex att lagret skall ha en viss volym, hur länge och i vilken ordning detaljer bearbetas i olika bearbetningsstationer m m. Transportsystemen blir därför alltmer integrerade med överordnade material- och produktionsstyrsystem (MPS). När varor hämtas eller lämnas i ett lager sker en automatisk registrering i ett lageradministrativt system, som håller reda på hur många enheter som finns i lagret av varje vara. Förflyttning av material och detaljer mellan olika bearbetningsstationer sker vanligtvis genom signaler från ett produktionsplaneringssystem som utformats för hela tillverkningsprocessen.

Datorstyrda transportsystem används inte bara av verkstadsindustrin utan även av den övriga delen av tillverkningsindustrin, varudistributionsföretag, sjukhus m fl. Den följande framställningen kommer dock huvudsakligen att avse verkstadsindustrin.

Det företag som tidigast satsade på datorstyrda transportsystem och som kommit längst i dess användning är Volvo. Vid Volvo Kalmarverken installerades redan när anläggningen togs i drift 1974 ett avancerat produktionsplaneringssystem som bl a innefattar ett datorstyrt transportsystem. Produktionsplaneringssystemet består av 5 minidatorer och ett 30-tal bildskärmsterminaler placerade ute i verkstaden. Dessa datorer styr också ett internt transportsystem som innefattar ca 260 självgående batteridrivna vagnar (eller plattformar). Varje vagn styrs individuellt genom signaler som skickas ut i ledningar ingjutna i golvet. Vagnarna, som transporterar karosser, är också arbetsplattformar.

Transportsystem, liknande det vid Kalmarverken, har därefter installerats vid flertalet av Volvos tillverkningsställen: Volvo Torslandaverken, Volvo BM, Volvo Skövdeverken, Volvo Umeverken samt Volvo Lastvagnar i Tuve. Det senare är ett centralförråd till Volvo Lastvagnar. Materialhanteringen i det sistnämnda fallet sker med ett datorbaserat system som installerats av Volvo ACS. Transporterna i lagret sker med 16 förarlösa slingstyrda pallvagnar. Värdet av de komponenter som lagras i Tuve uppgår till i genomsnitt 160 miljoner kronor. Med det datorstyrda materialhanteringssystemet har två dagars kortare genomloppstid för komponenterna uppnåtts. Detta motsvarar en årlig besparing av 7 miljoner kronor.

Totalt finns det nu över 800 självgående vagnar av olika slag inom Volvokoncernen.

Volvos satsningar på datorstyrda transportsystem är så stora att man även startat egen tillverkning. Systemen tillverkas vid en särskild avdelning inom Volvo, Volvo ACS.

I samband med tillverkningen av den nya bilmodellen Saab 900 tog Saab-Scania i Trollhättan i drift (1978) ett produktionsstyrnings- och transportsystem liknande Volvos. Hela karosstillverkningen, som görs vid fyra tillverkningslinjer, styrs av fem datorer. Fyra av dessa styr utrustning som sammanfogar (svetsar) karossen (industrirobotar, svetsautomater m m). Den femte datorn styr ett buffertlager för karosser samt de system av förarlösa vagnar som transporterar karosserna. Tillsammans styr datorna materialflödet så att det blir jämnt fördelat. Den totala investeringskostnaden i karosstillverkningen uppgick till 106 miljoner kronor, varav

transportsystemet svarade för ca 10 miljoner kronor.

Vid Bygg & Transportekonomi i Mjölby installerades 1978 ett datorstyrt transportsystem med en förarlös kran som betjänar en linje om 17 NC-maskiner, inklusive en fleroperationsmaskin. Den senare är även i drift under ett obemannat nattskift. Genom att utforma systemet för PBB i tvåskift och köra ett tredje skift obemannat har maskinutnyttjandegraden ökat med 50 %.

Andra avancerade datorstyrda transportsystem har bl a installerats hos Tetra Pak i Lund (förarlösa vagnar som hämtar pappersrullar till förpackningsmaskiner) och hos Arla i Linköping (transport av förpackningar till kyllager).

11.5 Sammanfattning

I det föregående har redovisats industrins användning av NC-maskiner, industrirobotar, CAD-system och datorstyrda transportsystem. Tidpunkten för de angivna antalsuppgifterna för var och en av ovan nämnda utrustningar har varierat mellan 1976 och 1979.

Olika typer av konstruktions- och tillverkningsutrustning har haft olika spridningsförlopp i industrin. Som framgått av det föregående föreligger relativt stora skillnader mellan olika typer av utrustningarna både vad gäller antalet installerade enheter och antalet företag som använder de olika utrustningarna. Sammanfattningsvis har de olika utrustningarna beskrivit följande utveckling:

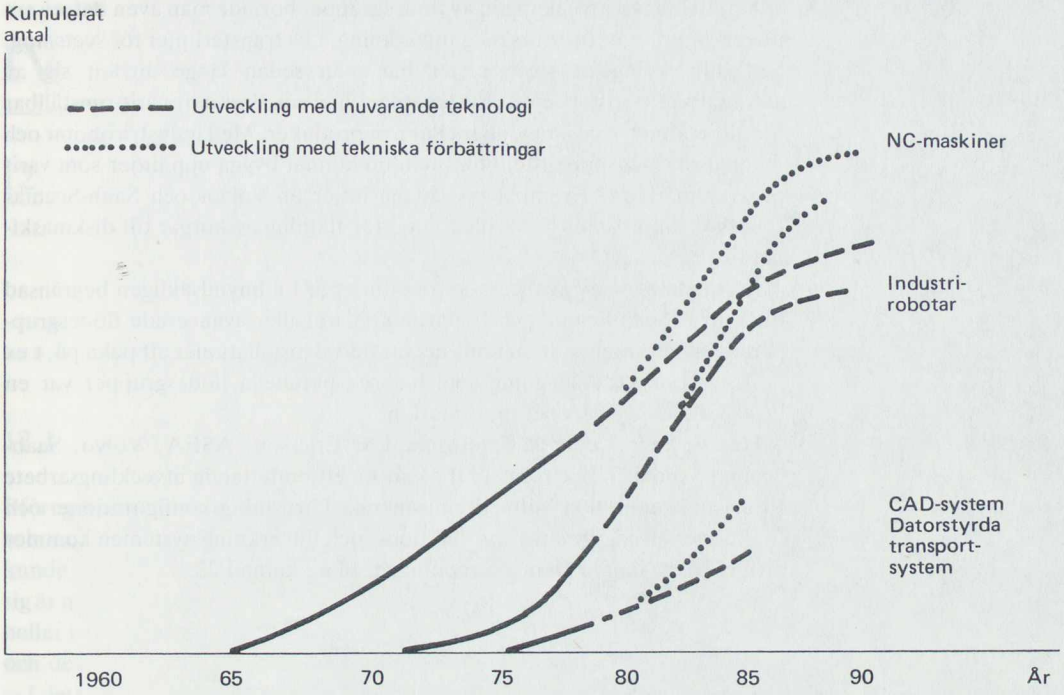
– NC-maskiner började installeras under första hälften av 1960-talet. NC-tekniken har nu nått en relativt stor spridning i industrin och är en väl beprövad teknik. Ännu har dock inte NC-tekniken nått ut till alla potentiella användare.

– Industrirobotar började, bortsett från enklare hanteringsutrustningar, att installeras under första hälften av 1970 talet. Användningen, som fortfarande i huvudsak är begränsad till ett fåtal stora företag, befinner sig ännu endast i inledningsskedet. F n håller robottekniken på att etableras och väntas under de kommande åren att spridas till ett stort antal företag.

– CAD-system och datorstyrda transportsystem började med några få undantag att installeras först efter mitten av 1970-talet. De system som hittills installerats finns nästan uteslutande hos ett fåtal stora företag.

Ett principiellt spridningsförloppet för de fyra olika utrustningstyperna redovisas i figur 11.1.

Användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning kan tyckas vara av relativt ringa omfattning om man ser till antalet installerade enheter totalt. Detta är en följd av att tekniken ännu befinner sig i introduktionsfasen och inte nått ut till flertalet potentiella användare. Tekniken är fortfarande i hög grad begränsad till ett fåtal användare, företrädesvis stora teknikledande företag. De företag som dominerar användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning är LM Ericsson, ASEA, Volvo, Sandvik, Saab-Scania och Electrolux. Dessa sex företag, som för vissa typer av datorstyrd tillverkningsutrustning också är de ledande tillverkarna, svarade under 1979 för ca 26 % av den totala



Figur 11.1 Industrins investeringar i NC-maskiner, industrirobotar, CAD-system och datorstyrda transportsystem.

Källa DEK.

NC-maskinparken, för ca 40 % av industrirobotparken samt för ca 50 % av installerade CAD-system. Ovanstående företag är dessutom ledande vad gäller användningen av datorbaserade system för materialhantering och produktionsplanering.

Under 1960-talet började man automatisera enskilda maskiner, framför allt verktygsmaskiner. Dessa användes emellertid i stort sett på samma sätt som de konventionella maskinerna i den meningen att maskinerna uppställdes efter en funktionell indelning, alla svarvar i en linje och alla fräser i en annan linje etc. När fullt kapacitetsutnyttjande uppnåtts inköptes en ny maskin. I slutet av 1960-talet och i början på 1970-talet insåg man att en sådan tillverkningsorganisation medförde en alltför långsam genomloppstid för varor i arbete, vilket band stora mängder kapital. Vissa företag började vid denna tidpunkt pröva en alternativ tillverkningsorganisation, flödesgrupperad tillverkning. De olika maskiner som erfordrades för att tillverka en detalj eller en vara grupperades i en s k produktverkstad (se kapitel 3 och bilaga 1).

I flödesgrupperade maskingrupper, men även i funktionellt ordnade maskingrupper, får NC-maskiner en allt större betydelse, framför allt sådana som automatiskt kan växla verktyg. I mer avancerade maskinsystem ansluts även olika typer av transportsystem och industrirobotar för att transportera detaljer mellan maskiner resp flytta detaljer till och från maskiner. Vissa av de mer avancerade maskinsystemen kan redan i dag köras med begränsad bemanning (d v s utan eller med begränsad insats av personal under ett tredje skift).

Parallellt med utvecklingen av flödesgrupper började man även datorisera tillverkningslinjer för storskalig tillverkning, t ex transferlinjer för svetsning. Vid tillverkning av stora serier har man sedan länge använt sig av automatiska transferlinjer. Automatiken har emellertid ej varit omställbar för tillverkning av nya modeller eller nya produker. Med industrirobotar och datorstyrda transportsystem har man nu kunnat bygga upp linjer som varit programmerbara. Exempel på sådana linjer är Volvos och Saab-Scanias robotsvetslinjer samt Electrolux' linje för flätning av korgar till diskmaskiner.

Användningen av avancerade robotlinjer är f n huvudsakligen begränsad till Volvo, Saab-Scania och Electrolux. Vad gäller avancerade flödesgrupperade tillverkningssystem finns det ett flertal installationer att peka på, t ex ASEA's Ludvikaanläggning som har sex parallella flödesgrupper var en bestående av en fleroperationsmaskin.

Hos de teknikledande företagen, LM Ericsson, ASEA, Volvo, Saab-Scania, Sandvik, Electrolux m fl pågår f n ett omfattande utvecklingsarbete för nästa "generation" tillverkningsteknik. Utrustningskonfigurationer och funktioner hos de framtida produktions- och tillverkningssystemen kommer att beskrivas längre fram i utredningen, bl a i kapitel 23.

IV Analys

12 Analys av bestämningsfaktorerna för val av tillverkningsutrustning

12.1 Inledning

I föregående kapitel redovisades spridningen av NC-maskiner och industrirobotar med avseende på företagens branschtillhörighet, storlek m m. Vi kunde därvidlag konstatera att användningen av de två maskinslagen var för sig är mycket ojämnt fördelad mellan delbranscherna. Av tabell 12.1 framgår heller inte något positivt samband mellan NC-användningen i en delbransch och dess robotanvändning.

I detta kapitel skall vi försöka att analysera vilka faktorer som styr valet av tillverkningsteknik och tillverkningsutrustning. Diskussionen bygger på den modell som utvecklades i avsnitt 1.4.3.2, och som kortfattat innebär att en varas marknadssituation bestämmer dess produktionsteknik. Marknadssituationen för en vara definieras i modellen som 1) dess konkurrenssituation, 2) hos vilken kundkategori den finner avsättning samt 3) marknadens storlek.

Tabell 12.1 Procentuella fördelningen på delbranscher av installerade NC-maskiner och industrirobotar år 1979

Delbransch	Andel i %	
	NC	IRb
Metallvaruindustri	22	51
Maskinindustri	42	15
Elektroindustri	19	9
Transportmedelsindustri	13	22
Instrumentindustri	1	0
Övrig industri	3	3
Summa	100	100

Källa: DEK.

12.2 Egenskaper hos olika varugrupper

Redan i kapitel 1 kunde det konstateras att *konkurrenskriteriet* inte är användbart då den svenska verkstadsindustrin i sin helhet kan betraktas som konkurrensutsatt. Däremot har *kundkategorin* stor betydelse, vilket här närmare skall diskuteras.

Konsumentvarumarknaden skiljer sig på ett flertal olika punkter från producentvarumarknaden. Detta förhållande påverkar i hög grad såväl produktutformning som produktionsteknik. Antalet potentiella kunder är för konsumentvarutillverkaren mycket stort, men man kan bara vänta sig att varje kund köper en eller ett fåtal enheter av varan. På producentvarumarknaden är situationen den motsatta. Stora variationer råder naturligtvis mellan olika varor, men generellt är antalet potentiella kunder lägre på producentvaru- än på konsumentvarumarknaden. Däremot gör producentvarukunden värdemässigt långt större inköp än den enskilda konsumenten, antingen beroende på att han köper ett mycket stort antal varor eller för att varan betingar ett högt pris.

Detta förhållande avspeglas väl i ett företags marknadsorganisation. Mellan producentvarutillverkaren och kunden finns i regel endast grossistledet, och många gånger svarar tillverkaren även för grossistfunktionen. "Avståndet" mellan tillverkare och förbrukare blir därför förhållandevis kort. I marknadsorganisationen för konsumentvaror blir det därutöver nödvändigt att skjuta in ett detaljistled, vilket ökar "avståndet" mellan tillverkaren och hans kund.

Detta får betydelse för sättet att initiera tillverkningsprocessen. Kundorderstyrning och de möjligheter att påverka produktens utformning som sammanhänger därmed, har traditionellt varit förbehållna producentvarutillverkaren. Mellan konsumentvarutillverkaren och dennes kund är "avståndet" för långt för att medge detta. Istället har tillverkaren fått förlita sig till dels försäljningsprognoser för att bestämma vad, när och hur mycket som skall produceras (=lagerorderstyrning), dels att tillhandahålla ett sortiment som utmärks av en viss variation för att täcka in så stor del av kundpreferenserna som möjligt.

Gränsdragningen mellan producent- och konsumentvarutillverkning med avseende på kund- eller lagerorderinitiering kan dock inte helt renodlas. Bland producentvarorna finns varukategorier där marknadsförhållandena i hög grad liknar de som råder för konsumentvarorna. Lagerorderstyrning tillämpas ofta också vid förbrukningsvaror och standardiserade komponenter. Detta hänger samman med en rad faktorer:

- krav på snabba leveranser
- vanligen ett återförsäljarled mellan tillverkare och förbrukare
- ovanligt med krav på kundanpassad vara.

En annan väsentlig olikhet mellan producent- och konsumentvaror är kundens krav på kvalitet. Som exempel kan tas investeringsvaror respektive konsumentvaror. Båda kategorierna utmärks av monteringsintensiv tillverkning av varor för slutanvändning. En avgörande olikhet består i att investeringsvarorna i industriell användning utsätts för betydligt större påfrestningar än vad som är fallet med konsumentvaror. Detta medför att

investeringsvarorna i jämförelse med konsumentvarorna kännetecknas av slitstarkare material, solidare konstruktion och omsorgsfullare kvalitetskontroll.

Skillnaden i kvalitetskrav leder till en relativt högre prisnivå på investeringsvaror vilket i sin tur får betydelse för benägenheten att göra reparationer. För den i kvalitativt hänseende underlägsna konsumentvaran lönar det sig i många fall inte att reparera en trasig detalj. I stället ersätts hela det komponentblock i vilket den defekta detaljen ingår. För vissa varor saknas även den möjligheten och varan kastas. Investeringsvarorna har en annorlunda kostnadsbild. P g a det relativt höga priset måste dessa vara utformade så att de kan skruvas isär och kunna monteras ihop igen för att skadade detaljer skall kunna repareras eller bytas ut.

Detta förhållanden får stor betydelse för produktionstekniken. Ställs lägre kvalitetskrav på en vara öppnas fler möjligheter att genom produktutformning, materialval m m anpassa varan till automatiserad produktion. Denna anpassning kan drivas ännu längre om kravet på reparerbarhet bortfaller. Om exempelvis detaljerna inte längre behöver sammanfogas med skruvar, vilket är både arbetskrävande och svårmekaniserat, öppnas nya vägar för lättautomatiserade sammansättningsmetoder.

Som mått på *marknadens storlek* skall här användas den faktiska produktionsvolymens storlek i ett tillverkande företag. Detta bör inte vålla några problem, eftersom vi med storleksbegreppet avser *antalet enheter.* Dessutom skiljer vi endast mellan *tre storleksklasser;* liten, medelstor respektive stor marknad. Som framgår i kapitel 3, påverkar seriestorleken starkt valet av tillverkningsorganisation, t ex om en vara skall tillverkas i löpandeband eller i blandad tillverkning.

12.3 Undersökning av ett antal NC- och robotinstallationer

12.3.1 *Frågeställning*

Vi är intresserade av att finna en systematik bakom den fördelningen av NC-maskiner och industrirobotar på delbranscher som redovisas i tabell 12.1. Annorlunda formulerat söker vi finna ett samband mellan användningen av viss datorstyrd utrustning och produktion av vissa varor.

Med detta syfte genomfördes en studie av de produktionsekonomiska förhållandena för ett antal installationer. Studien ägde rum under maj och juni 1979 och omfattar enbart NC-maskiner och industrirobotar.

12.3.2 *Undersökningens uppläggning*

Ur Mekanförbundets NC- och robotinventeringar 1976 resp 1977 gjordes ett urval på totalt 26 verkstadsföretag. Studien omfattande de två senaste installationerna av vardera NC-maskiner och industrirobotar vid respektive företag.

Vägledande för urvalet har varit att få en god täckning av verkstadsindustrins olika produktinriktningar och företagsstorlekar. En ytterligare strävan har varit att få med såväl storanvändare som företag med enstaka

installationer.

Motivet att studera de två senaste installationerna var dels att tillgodose kravet på slumpmässighet (med avseende på slag av tillämpning) vid urvalet, dels antagandet att företagen vid de senare installationerna utnyttjat tidigare gjorda erfarenheter på området. Installationerna antogs därför präglas av större teknisk-ekonomisk rationalitet än tidigare gjorda installationer. Antagandet om att de senaste installationerna hos dessa företag, av vilka många kan betraktas som teknikledande, skulle kunna återspegla 1980-talets genomsnittliga tillverkningstekniska nivå spelade också en viss roll.

Datainsamlingen skedde genom samtal med produktionstekniker vid företagen. Företagen gav först en beskrivning av den *produkt* för vars tillverkning den datorstyrda tillverkningsutrustningen installerats. Beskrivningen gjordes med avseende på

- varuslag
- varans konkurrenssituation
- tillverkningsvolym (antal enheter/år)
- antal förekommande produktvarianter
- kund- eller lagerorderinitierad tillverkning.

Information lämnades också om den installerade utrustningen, nämligen

- maskintyp
- styrsystem
- driftstid (antal skift).

Undersökningen omfattade slutligen vissa produktionsekonomiska karaktäristiska för de produktdetaljer[1] som passerar den studerande installationen, nämligen

- slag av detalj och dess funktion i den färdiga varan
- bearbetningsoperationens komplexitet, mätt i antal min/enhet
- antal detaljvarianter
- antal maskinomställingar per vecka (eller annan tidsenhet)
- partistorlek.

De insamlande uppgifterna omfattar total 90 installationer, 47 av dessa är NC-maskiner och 43 är industrirobotar.

[1] Vid vissa enklare produkter kan detaljen vara detsamma som den färdiga produkten, exempelvis en sågklinga.

[2] I det följande kommer begreppet "bearbetning" att genomgående användas, även där operationen är av annan natur, t ex "hantering".

[3] Se avsnitten 1.4.3.2 respektive 2.3.3.

12.3.3 *Resultat*

12.3.3.1 Några produktegenskaper

Varugrupp

Produktionsinriktningen för de undersökta företagen har klassificerats i den varugruppsindelning som tidigare beskrivits[3]. För företag med blandad tillverkning av varor som spänner över flera varugrupper, har klassificeringen gjorts med avseende på den produkt för vars tillverkning den undersökta utrustningen används. Där samma utrustning utnyttjas för olika varor har "mest"-kriteriet tillämpats. De undersökta företagens produktionsinriktning framgår av tabell 12.2.

Tabell 12.2 Fördelning på varugrupper av produktionen i de undersökta företagen

Varugrupp	Företagsurvalet		Andel (%) av verkstads-industrins förädlingsvärde
	Antal	Andel (%)	
Förbrukningsvaror	2	8	7
Komponenter	4	15	14
Investeringsvaror	18	69	61
Konsumentvaror	2	8	14
Ej varugruppfördelat[a]	–	–	4
Summa	26	100	100

[a] Huvudsakligen reparations- och underhållsarbete
Källa: DEK.

I tredje kolumnen i tabell 12.2 återges för jämförelse varugruppernas procentuella andel av verkstadsindustrins totala förädlingsvärde. Eftersom varje företag i urvalet (observation) tillmäts samma vikt oavsett företagsstorlek, blir jämförelse mellan de båda fördelningarna möjlig.

Som framgår av tabellen överensstämmer urvalets fördelning tämligen väl med den totala fördelningen. Undantag härvid är framför allt konsumentvarugruppen som är klart underrepresenterad, medan investeringsvarorna uppvisar en överrepresentation med ungefär lika många procentenheter.

Produktionsvolym

I tabell 12.3 redovisas produktionsvolymens stolek, mätt som antalet tillverkade enheter per år, för de olika företagen i undersökningen. Tendensen i det undersökta materialet är klar och entydig och kan sammanfattas i följande uppställning:

Tabell 12.3 Produktionsvolymens storlek i de undersökta företagen

Varugrupp	Antal observa-tioner	Produktionsvolym			Summa
		Låg	Medel	Hög	
Förbrukningsvaror	–	–	2	2	
Komponenter	–	1	3	4	
Investeringsvaror	8	10	–	18	
Konsumentvaror	–	–	2	2	
Summa	8	11	7	26	

Låg: 1 - 1000 enh/år
Medel: 1001 - 100 000 enh/år
Hög: > 100 000 enh/år

Källa: DEK.

Varugrupp	Produktionsvolym (antal enheter/år)		
Förbrukningsvaror		Hög	
Komponenter	Medel	–	Hög
Investeringsvaror	Låg	–	Medel
Konsumentvaror		Hög	

Figur 12.1 Produktionsvolymens storlek i de olika varugrupperna.

Källa: DEK.

Jämförs detta utfall med de antaganden om marknadsstorlek för respektive varugrupp som gjordes i avsnitt 1.4.3.2, framstår överensstämmelsen tillräckligt god för att man skall kunna ta den faktiska produktionsvolymens storlek i de individuella företagen som mått på marknadsstorleken.

Konkurrenssituation

Beträffande de undersökta företagens konkurrenssituation har inte framkommit något som motsäger vår tidigare slutsats att verkstadsindustrin till alla delar kan betraktas som konkurrensutsatt. Temporärt kan dock enskilda företag lyckas uppnå så stark marknadsdominans att monopolistisk situation kan anses föreligga.

Produktvarianter

Antal förekommande produktvarianter är stort inom samtliga varugrupper och de varianter som förekommer har inte kunnat systematiseras med hjälp av den valda varugruppmetoden.

Kundorder- eller lagerorderstyrning

I fråga om form för produktionens initiering – kundorder- eller lagerorderstyrd tillverkning – tillämpas inom merparten av de undersökta företagen en kombination av de två principerna. Tumreglen kan sägas vara att ju högre förädlingsvärde i den tillverkade varan, desto större motiv för att tillämpa kundorderstyrning. När komponenternas förädlingsvärde ökar – t ex genom sammansättning av detaljer till mer komplexa komponenter – ökar det ekonomiska motivet att gå över från lagerorder- till kundordertillverkning. För många produkter gäller regeln att komponenttillverkningen styrs av prognoser, medan slutmonteringen är kundorderinitierad.

En viss skillnad mellan de olika varugrupperna kan noteras. Inom t ex investeringsvarutillverkningen har principen om kundorderstyrning traditionellt varit rådande. Den pågående utvecklingen innebär därför att man även inom övriga varugrupper försöker tillämpa lämpliga avvägningar mellan kundorder- respektive lagerorderstyrd produktion.

12.3.3.2 Bearbetningsdata

Antal bearbetade produkter

Tabell 12.5 Årsvolym för produkter tillverkade med hjälp av NC-maskiner och industrirobotar

Antal observationer	NC		IRb	
Årsvolym/antal enheter	Antal	Andel (%)	Antal	Andel (%)
1 – 100	7	15	–	–
101 – 1 000	8	17	–	–
1 001 – 10 000	10	21	3	7
10 001 – 100 000	20	43	25	58
100 001 – 1 000 000	2	4	12	28
1 000 001 – 10 000 000	–	–	3	7
Summa	47	100	43	100

Källa: DEK.

I tabell 12.5 åskådliggörs tämligen väl en viktig olikhet mellan NC-maskiner och industrirobotar. Tyngdpunkten vid användningen av robotar återfinns i betydligt högre grad i storserietillverkning än vad som är fallet för NC-maskiner. För de senare ligger medianen[1] vid tillverkning på mellan 1 000 och 10 000 enheter/år, medan den för robotar återfinns i intervallet 10 –100 000 enheter/år. Av NC-maskinerna i urvalet arbetar drygt hälften i tillverkning med mindre än 10 000 enheter/år. Motsvarande andel för robotarna är endast 7 %.

Operationscykel

Tabell 12.6 Bearbetningsoperationens längd, antal minuter per enhet

Antal observationer	Bearbetningsminuter per enhet				
	0,1–1	–5	–50	51–	Totalt
NC					
Antal	4	9	23	11	47
Andel (%)	9	19	49	23	100
IRb					
Antal	17	20	6	–	43
Andel (%)	40	47	13	–	100

Källa: DEK.

Även i fråga om bearbetningstidernas längd föreligger en klar skillnad mellan NC-maskiner och industrirobotar. Robotarna återfinns till övervägande del vid bearbetning med mycket korta cykeltider. I 40 % av de studerade fallen hade robotarna kortare bearbetningscykel än en minut, och i nära nio fall av tio låg den under fem minuter. NC-maskinerna å andra sidan uppvisar rakt motsatt tendens. I endast en fjärdedel av fallen låg bearbet-

[1] Den "mittersta" observationen.

ningstiden under fem minuter, i hälften av fallen uppgick den till mellan 5 och 50 minuter medan bearbetningstiden i en fjärdedel av fallen låg över 50 minuter per bearbetad enhet.

Detaljvariation

Tabell 12.7 Antal förekommande detaljvarianter

Antal observationer	Antal detaljvarianter				
	1–5	6–10	11–50	51–	Totalt
NC					
Antal	7	10	12	18	47
Andel (%)	15	21	26	38	100
IRb					
Antal	25	7	9	2	43
Andel (%)	58	16	21	5	100

Källa: DEK.

Också beträffande tillverkningens detaljrikedom kan stora skillnader konstateras mellan de två maskinslagen. Medan 65 % av NC-maskinerna återfinns i tillverkning där den bearbetade detaljen förekommer i mer än 10 olika utföranden, gäller detta endast 25 % av robotarna. 60 % av robotarna återfinns i klassen 1-5 där det för en stor del av dessa rör sig om en enda detaljvariant.

Maskinomställningar

Tabell 12.8 Antal Maskinomställningar per vecka

Antal observationer	Omställningar/vecka			
	–1	2–10	11–	Totalt
NC				
Antal	4	33	10	47
Andel (%)	9	70	21	100
IRb				
Antal	22	21	–	43
Andel (%)	51	49	–	100

Källa: DEK.

För NC-maskinerna görs till övervägande del, ca 70 %, 2–10 omställningar i veckan. I 21 % av fallen görs omställningar ännu oftare. Beträffande robotar är omställningsfrekvensen betydligt lägre. Hälften av dessa ställs om en gång per vecka eller mera sällan, alternativt inte alls. Inte i något av fallen görs omställningar oftare än 10 gånger/vecka.

Partistorlek

Tabell 12.9 De tillverkade detaljernas partistorlek

Antal observationer	NC		IRb	
Antal enheter	Antal	Andel (%)	Antal	Andel (%)
1 - 10	11	23	–	–
11 - 100	14	30	2	5
101 - 1 000	19	40	12	28
1 001 - 10 000	3	7	18	42
> 10 000	-	–	11	25
Summa	47	100	43	100

Källa: DEK.

I tabell 12.9 framgår att robotar till största delen används i samband med tillverkning i förhållandevis stora partier. I 67 % av fallen är partistorleken större än 1 000 och i 25 % större än 10 000 enheter. Beträffande NC-maskinerna är partistorlekarna endast i 7 % av fallen större än 1 000 enheter. I drygt hälften av fallen underskrider partistorleken 100 enheter och i knappt en fjärdedel av fallen 10 enheter.

Sammanfattningsvis kan man därför säga att det råder stor skillnad mellan NC-maskiner och industrirobotar vad beträffar användningsområde inom verkstadsindustrin. NC-maskinerna uppvisar de facto en betydligt större flexibilitet än industrirobotarna. Tabell 12.10 ger en grov generalisering av undersökningens resultat.

I typfallet återfinns NC-maskinen i ett företag vars produkt tillverkas i ett färre antal än 10 000 enheter per år. Den genomsnittliga bearbetningstiden i maskinen överstiger fem minuter, och den bearbetade detaljen förekommer i ett relativt stort antal varianter. Maskinen ställs om 2–10 gånger i veckan och följaktligen är den genomsnittliga partistorleken låg, mindre än 100 enheter.

För industriroboten gäller andra förhållanden. Genomsnittsroboten står installerad i ett företag där årsvolymen av produktionen överstiger 10 000 enheter. Arbetscykeln är dock relativt kort, mindre än fem minuter. Det bearbetade arbetsstycket förekommer i få varianter alternativt inte någon

Tabell 12.10 Summering av de huvudsakliga tendenserna vad gäller användning av NC-maskiner och industrirobotar

	NC	IRb
Årsvolym	< 10 000 enh	> 10 000 enh
Bearbetningscykel	> 5 min/enh	< 5 min/enh
Detaljvariation	> 10 varianter	1–5 varianter
Maskinomställningar	2–10 ggr/vecka	–1 gång/vecka
Partistorlek	< 100 enh	> 1 000 enh

Källa: DEK.

alls. Omställning av roboten äger rum högst en gång i veckan och därför tillverkas detaljerna i förhållandevis stora – större än tusen enheter – partistorlekar.

12.4 Sambandet mellan varuslag och val av tillverkningsutrustning

Utifrån härledningarna av olika varugruppers egenskaper i avsnitt 12.2 tillsammans med de egenskaper som framkommit av fallstudierna och som redovisas i avsnitt 12.3.3.1, har följande översikt sammanställts. Som framgår av figuren klarar vi endast av att beskriva produktegenskaperna i grova, kvalitativa termer.

Produktionsvolym och form för tillverkningsinitiering är hämtade från fallstudierna, medan vi beträffande övriga egenskaper – komplexitet, mängden monteringsarbete, modellbyten, kvalitet och reparerbarhet – får nöja oss med de här icke-empiriskt stödda härledningarna från avsnitt 12.2. Samma sak gäller "Tillverkningsprocessens karaktär", där omdömena är grovt generaliserade och framför allt svåra att operationellt definiera och mäta.

Översikten i figur 12.1 ger för handen att *förbrukningsvarorna* främst utmärks av enkla produkter i mycket stora volymer, varför tillverkningsprocessen i mycket påminner om de kontinuerliga processerna inom processindustrierna. Utmärkande här är den långt gångna automatiseringen med hjälp av specialmaskiner. Vid tillverkning av vissa förbrukningsvaror finns numera industrirobotar installerade. Härvidlag utnyttjas möjligheterna till snabb omprogrammering i obetydlig utsträckning eller inte alls, varför industriroboten in denna tillämpning snarare bör ses som ett alternativ till specialmaskiner.

Figur 12.2 Översikt över varugruppernas egenskaper.

Motsvarande förhållande gäller även vissa enklare *komponenter*. Stora

Produkt-egenskaper	Producentvaror			Konsument-varor
	Förbrukningsvaror	Komponenter	Investeringsvaror	
Produktionsvolym	Stor	Medel-stor	Liten-medel	Stor
Produktkomplexitet	Låg	Låg-medel	Hög	Medel-hög
Monteringsarbete	Inget	Inget-visst	Mycket	Visst-mycket
Tillverkningsinitiering	Lagerorder	Både och	Kundorder	Lagerorder
Modellbyten	Mindre ofta	Mindre ofta	Mindre ofta	Ofta
Rel. produktkvalitet	Hög	Hög	Hög	Låg
Krav på reparerbarhet	Nej	Både och	Ja	Både och
Tillverkningsprocessens karaktär	Kontinuerlig tillverkning	Både kontinuerlig och partitillverkning	Partitillverkning	Både kontinuerlig och partitillverkning

Källa: DEK.

Tabell 12.11 Procentuella fördelningen på varugrupper av installerade NC-maskiner och industrirobotar år 1979.

Varugrupp	Andel i %		
	NC	IRb	Förädlingsvärde
Förbrukningsvaror	5	9	7
Komponenter	21	44	14
Investeringsvaror	72	26	61
Konsumentvaror	2	21	14
Ej varugruppfördelat[a]	–	–	4
Hela verkstadsindustrin	100	100	100

Källa: DEK.

produktionsvolymer och standardiserat produktutförande har här traditionellt skapat förutsättningar för automatiserad tillverkning med hjälp av specialmaskiner. För mer komplexa komponenter, där kundanpassning också är vanligt (specialkomponenter), medger inte produktionsvolymerna automatisering med hjälp av specialmaskiner. För dessa varukategorier har den datorstyrda tillverkningsutrustningen öppnat helt nya områden för automatiserad tillverkning.

Som framgår av tabellen 12.11, svarar komponenttillverkningen för en betydande andel av industrins NC- och robotinstallationer. Dominansen framgår desto tydligare vid en jämförelse av komponenttillverkningens relativt blygsamma andel av verkstadsindustrins förädlingsvärde. Speciellt påfallande är den betydande användningen av industrirobotar.

Inom gruppen *investeringsvaror* återfinns de mest komplexa varorna i de lägsta tillverkningsvolymerna. Monteringsinslaget är högt och bearbetningen avser i stor utsträckning (special-) komponenter för de egna produkterna. Som framgår av tabell 12.11, har de numeriskt styrda verktygsmaskinerna visat sig mycket lämpliga för det slag av metallbearbetning som utmärker investeringsvaruindustrin. Förutsättningar för robotanvändning är mindre gynnsam. Jämfört med övriga varugrupper har investeringsvaruindustrin i förhållande till förädlingsvärdet en mycket liten robotanvändning.

Inom gruppen *konsumentvaror* har de stora volymerna och de relativt sett låga kvalitetskraven tillsammans med varornas karaktär av standardprodukter, traditionellt möjliggjort automatisering med hjälp av specialmaskiner. Som nämnts måste ofta dessa specialmaskiner utrangeras i samband med att varan ändrar modell. De för många konsumentvaror allt tätare modellbytena har därför skapat behov av viss omställbarhet hos dessa specialmaskiner för att öka deras ekonomiska livslängd. Som vi kan se i tabellen har industrirobotarna här tagits i anspråk i betydande omfattning.

12.5 Slutsatser

Mot bakgrund av de krav som åvilar DEK att bedöma den framtida utvecklingen för spridning av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning, har det varit nödvändigt att studera den hittillsvarande spridningen

mot bakgrund av den svenska verkstadsindustrins struktur. Om svårigheten i att vid tekniskpridningsanalys försöka kombinera kraven på matematisk stringens med ambitionen att komma fram till icke- triviala slutsatser vittnar många avhandlingar i ämnet. Verklighetens komplexitet och variationsrikedom på teknikområdet gör det mycket svårt att hitta klara och entydiga orsakssamband och att isolera, mäta och klassificera beroendevariablerna.

Den analys vi gjort har varit framgångsrik såtillvida att den väsentligt ökat vår kunskap om verkstadsindustrins produktion och dess betingelser. De slutsatser vi drar är med nödvändighet grova, något som följer av underlagsmaterialets brister. Det är också nödvändigt att vi inte frestas att utnyttja materialet till att dra slutsatser mer detaljerad nivå. Syftet är inte att åstadkomma en handbok för produktionstekniker, utan att skapa underlag för spridningsbedömningar på branschnivå.

Vi skall nu återvända till den inledande tabellen över den branschvisa fördelningen av NC-maskiner och industrirobotar. Med utgångspunkt i

- dels de slutsatser vi kunnat dra i föregående avsnitt,
- dels våra kunskaper om verkstadsindustrins roll i näringslivet (kap 2.2),
- dels den branschvisa fördelningen av de fyra varugrupperna (tabell 2.18),

skall vi diskutera den faktiska fördelningen.

Det är viktigt att framhålla att samtliga varukategorier finns representerade i var och en av delbranscherna i större eller mindre omfattning. Vi får därför inskränka oss till att försöka förklara NC- och robotspridningen mot bakgrund av den speciella "profilen" för respektive delbransch.

Metallvaruindustrin svarar för en större andel av verkstadsindustrins NC- och robotinnehav än vad som motsvarar förädligsvärdesandelen. Detta skall ses mot bakgrund av att metallvaruindustrin är den av verkstadsindustrins delbranscher som framför allt är inriktad på metallbearbetning, medan monteringen är av obetydlig omfattning. Jämfört med övriga delbranscher svarar förbrukningsvaror och komponenter för stora andelar av förädlings-

Tabell 12.12 Procentuella fördelningen på delbranscher av installerade NC-maskiner och industrirobotar år 1979

Delbransch	Andel i %		Andel (%) av verkstadsindustrins förädlingsvärde
	NC	IRb	
Metallvaruindustri	22	51	20
Maskinindustri	42	15	31
Elektroindustri	19	9	19
Transportmedelsindustri	13	22	28
Instrumentindustri	1	0	2
Övrig industri	3	3	..
Summa	100	100	..

Källa: DEK.

värdet. Den måttliga andelen NC-maskiner och mycket höga robotandelen framstår därför som rimlig.

Utmärkande för *maskinindustrin* är investeringsvarornas dominerande andel. Produkterna är mycket komplexa och varierande varför monteringsarbetet är av betydande omfattning. Även om komponenter – såväl specialiserade som standardiserade – i stor utsträckning köps in utifrån, utförs emellertid också åtskillig metallbearbetning. Det är i första hand specialkomponenter för de egna färdigvarorna som tillverkas. Här dominerar tillverkning i små och medelstora volymer, varför den höga NC-andelen och den motsvarande låga robotandelen ter sig naturlig.

Elektroindustrin är i jämförelse med de övriga stora delbranscherna inom verkstadsindustrin särpräglad. Produkterna baseras i mycket mindre utsträckning på stålråvara. I stället spelar andra metaller, plaster m m en betydelsefull roll. Inom den övriga verkstadsindustrin finns en viss arbetsfördelning i så mening att maskin- och transportmedelsindustrierna i stor utsträckning monterar komponenter som tillverkats i metallvaruindustrin. Elektroindustrin är i detta avseende betydligt mera "självförsörjande". Således svarar varugrupperna komponenter och investeringsvaror för 9/10 av branschens förädlingsvärde. Värt att notera är den i förhållande till andra branscher stora dominansen för standardkomponenter jämfört med specialkomponenter.

I likhet med maskinindustrin har elektroindustrin snarare prägel av sammansättningsindustri än industri för ämnesbearbetning. Till skillnad från maskinindustrin dominerar dock standardkomponenterna före specialkomponenterna.

Emellertid är det svårt att hitta riktigt övertygande samband mellan produktionsinriktning och spridningen av NC- och robotinstallationer. En förklaring kan vara att elektroindustrin till sin karaktär avviker från den "traditionella" verkstadsindustrin, vilket även påverkar maskinutrustningens funktion och utformning. Således återfinns i elektroindustrin ett betydande inslag av numeriskt styrda specialmaskiner vars funktion inte direkt kan hänföras till den kategori av bearbetningsmaskiner som annars gäller NC- maskiner. För många maskintyper inom elektroindustrin blir våra begrepp – NC, industrirobotar, transfermaskiner – inte särskilt meningsfulla, då det ofta inte går att entydigt hänföra en maskin till den ena eller andra kategorien.

Transportmedelsindustrin är en utpräglad sammansättningsindustri. Produktionen är helt inriktad mot färdigvarutillverkning. Även om investeringsvarorna i likhet med övriga delbranscher dominerar, svarar konsumentvarorna för en mycket hög andel. Även reparations- och underhållsverksamheten är betydande.

Mot bakgrund av att transportmedelsindustrin främst är inriktad mot monteringsarbete är den mycket låga andelen NC-maskiner inte förvånande. Däremot är robotanvändningen förhållandevis stor, vilket främst är att hänföra till bilindustrins robotar för punktsvetsning.

Instrumentindustrin är helt inriktad mot tillverkning av investeringsvaror. I produkthänseende påminner delbranschen mer om elektroindustrin än om den övriga verkstadsindustrin. Den kanske viktigaste skillnaden jämfört med elektroindustrin är att specialkomponenterna här spelar en dominerande roll

i den färdiga produkten.

Eftersom instrumentindustrin endast svarar för drygt 2 % av verkstadsindustrins förädlingsvärde, är det vanskligt att uttala sig generellt om inriktningen och omfattningen av NC- och robotinnehav.

13 Produktivitet, lönsamhet och strukturomvandling – en inledande diskussion

13.1 Volymmått – värdemått

I inledningskapitlet definierades en rationalisering som

"en förändrad sammansättning av de i tillverkningen insatta olika produktionsresurserna, så att man för samma mängd resurser som tidigare får ut ett kvantitativt eller kvalitativt högvärdigare produktionsresultat",

eller med en alternativ formulering

"när man med oförändrat produktionsresultat kan reducera mängden insatta produktionsresurser".

Vi skrev vidare att rationaliseringen inom industrins fortlöpande bedrivs genom vidareutveckling av material, maskiner, metoder och organisation.

Definitionen för rationalisering kan utsträckas till att även gälla för en produktivitetsökning. Detta är inte så märkligt; en rationalisering är en *aktiv åtgärd* som förändrar förhållandet mellan ett produktionsresultat och mängden insatta resurser, och *produktivitetsmåttet* används för att *mäta resultatet.*

Syftet med rationaliseringen är emellertid inte primärt att öka produktiviteten (åtminstone inte i en penningekonomi), utan att öka *lönsamheten.* Lönsamhet är också ett resultatmått, som är nära besläktat med begreppet produktivitet. Den principiella skillnaden består i att produktivitet är ett *volymmått* medan lönsamhet är ett *värdemått.*

Med utgångspunkt i ett enkelt produktionssamband, där produktionsresultatet har åstadkommits genom en viss kombination av insatser av produktionsfaktorerna arbete och kapital, kan skillnaden uttryckas på följande sätt.

I volymmåttet anges produktionsresultatet och resursåtgången i fysiska storheter, medan i värdemåttet priser åsatts produktionsresultat och -resurser. I exemplet som presenteras i figur 13.1 har bl a ton och antal arbetade timmer använts som volymmått. Andra vanliga mått är antalet producerade enheter, antalet anställda etc.

Genom att i värdemåttet sätta priser på resursförbrukningen erhålls ett mått på produktionskostnaderna. På motsvarande sätt ger produktionsvolymen multiplicerad med (försäljnings-) pris ett mått på intäkterna. Därmed ges också förutsättningarna för lönsamhetsberäkning som i sin enklaste form kan formuleras:

	Produktions-resultat	Insatser	
		Arbete	Kapital
Volymmått	ton	arbetade timmar	maskintimmar, golvyta i m^2, mängd varor i arbete
Värdemått	ton x pris/ton	arb tim x lön/tim	pris på anläggningar, maskiner och varulager multiplicerat med summan av avskrivnings- och vinstkvot[a]

[a] En vanligare benämning än vinstkvot är kalkylränta. Denna definieras som den avkastning kapitalet skulle ge vid (bästa) alternativa användning. Vinstkvoten/kalkylräntan kan därför betraktas som en minimiavkastning för att ägaren skall låta kapitalet vara kvar i verksamheten.
Vid prisfluktuationer på produktionskapital och varulager behöver kapitalkostnadsuttrycket kompletteras med en prisförändringsfaktor. Se vidare Eliasson, G: Business Economic Planning, Stockholm 1976, sid 286.
Källa: DEK.

Figur 13.1 Principiell skillnad mellan värdemått och volymmått för produktionssambandet.

Vinst = intäkter – lönekostnader – avskrivningar.

Emellertid fångar också produktivitet och lönsamhet upp andra effekter än de som härrör från rationaliseringsåtgärder. Exempel härpå är förändringar i efterfrågan på ett företags produkter. Under lågkonjunkturer med svagt kapacitetsutnyttjande sjunker regelmässigt såväl produktivitet som lönsamhet. *Lönsamhetsmåttet* avspeglar därutöver förändringar i relativa priser, konkurrenssituationen på marknaden m m.

13.2 Mikronivå – makronivå

Begreppet rationalisering och lönsamhet förknippas i första hand med enskilda företag eller avdelningar i företag, dvs på *mikronivå,* medan produktivitetsbegreppet även kommer till användning i *makro*ekonomiska analyser, dvs på branschnivå och nationell nivå. Förutom att man brukar jämföra skillnader i produktivitet mellan olika avdelningar och företag, görs jämförelser också mellan olika branscher och mellan olika länder.

Produktivitetsmåttet på makronivå, exempelvis för en industribransch, är ett genomsnittsmått för alla i branschen ingående produktionsenheter. En uppmätt ökning av branschens produktivitet kan återspegla flera olika händelser. Dels kan produktivitetsökningen vara resultatet av det löpande rationaliseringsarbetet inom var och en av branschens produktionsenheter så att varje anläggning på mikronivå ökar sin produktivitet. Dels kan branschens (genomsnittliga) produktivitet öka genom att företag med relativt hög produktivitet växer i förhållande till företag med lägre produktivitet. Motsvarande gäller då nya moderna produktionsenheter med hög produktivitet byggs upp och/eller anläggningar med låg produktivet läggs ned. Den förändring i den genomsnittliga produktiviteten som kan mätas, t ex från ett år till ett annat, utgör det sammanlagda resultatet av rationaliseringar inom produktionsenheterna, olika tillväxttakter mellan

produktionsenheterna samt nyuppförande/nedläggning av produktionsenheter.

Resonemanget kan tillämpas inte endast inom en viss bransch, utan även mellan olika branscher, näringslivssektorer och länder. Produktivitetsmåttet på makronivå avspeglar därmed *strukturomvandlingen,* dvs den dynamiska process där olika delar inom näringslivet utvecklas/avvecklas i varierande takt.

13.3 Arbetsproduktivitet – kapitalproduktivitet

Hittills har vi behandlat begreppet produktivitet såsom ett mått på produktionsvolymen i förhållande till den totala resursförbrukningen (av arbete och kapital). För att undvika missförstånd kan man här istället tala om *totalproduktivitet.* Förtydligandet motiveras av att de "partiella" produktivitetsmåtten *arbetsproduktivitet* och *kapitalproduktivitet* också förekommer. Därvid avses förhållandet mellan produktionsvolymen och förbrukningen av *en viss* produktionsfaktor, arbete *eller* kapital.

För att på mikronivå (företaget eller produktionsavdelningen) mäta produktionsvolymens storlek klarar man sig ofta med något *fysiskt mått,* antalet ton, meter eller bara antalet enheter. För branscher med mycket homogena produkter (handelsstål, pappersmassa) är det också möjligt att använda de fysiska måtten för att beräkna branschens produktionsvolym (makronivå).

För att summera produktionsvolymen för flera branscher, liksom för branscher och företag med heterogena produkter – t ex verkstadsindustri – är de fysiska måtten inte användbara. Som mått på produktionsvolymen används här istället *förädlingsvärdet,* se definition avsnitt 2.1.3. Observeras bör att förädlingsvärdet inte är något rent volymmått. Förändringar i förädlingsvärdet avspeglar förändringar i såväl priset på varan som produktionsvolymen. Genom deflatering med hjälp av fastprisindex kan dock åtskilligt av priseffekterna elimineras.

Vid beräkning av *arbetsproduktiviteten* divideras produktionsvolymen med något mått på arbetsinsatsen. Vanligen får man här nöja sig med ett mycket grovt mått såsom antal arbetare, antal anställda totalt eller antal arbetade timmar. Utvecklingen av arbetsproduktiviteten används bl a som mått på utrymmet för reallöneökningar. Arbetsproduktiviteten har i så stor utsträckning använts som mått på industrins effektiviseringssträvanden, att det felaktigt ibland kommit att uppfattas synonymt med totalproduktivitet.

På analogt sätt kan *kapitalproduktiviteten* beräknas som produktionsvolymen dividerat med kapitalinsatsen. Att finna ett representativt mått på produktionsfaktorn kapital ställer sig dock ännu svårare än för produktionsfaktorn arbete. Begreppet kapital inrymmer så vitt skilda företeelser – t ex anläggningar, maskiner och varulager – att fysiska mått är uteslutna annat än vid partiella beräkningar vid enskilda produktionsavsnitt[1].

På mer aggregerade nivåer (ett företag, en bransch etc) måste därför resursförbrukningen av produktionsfaktorn kapital uttryckas i kronor, dvs ett kostnadsmått. Den årliga kapitalkostnaden är lika med summan av

[1] Som exempel kan tas en investeringskalkyl, där produktionsvolymen ses i relation till utnyttjad fabriksyta (i m^2) eller behov av buffertlager (antal enheter).

avskrivningarna och det verksamhetsöverskott som krävs för att täcka räntor, utdelningar, skatter och disponibel vinst. Härvid uppstår flera värderingsproblem; det gäller dels att fastställa värdet på produktionskapitalet, dels dess teknisk-ekonomiska livslängd för att kunna beräkna avskrivningsbehovet.

Ett på företagsnivå använt mått på kapitalproduktiviteten är faktureringen dividerad med det i företaget arbetande kapitalet (= balansomslutningen). Måttet brukar kallas "kapitalets omsättningshastighet" och kan bl a vara lämpligt vid effektivitetsjämförelser mellan olika företag. För detta krävs dock att företagen tillverkar likartade produkter. Olika produkter ställer ju olika krav på kapitalinsats.

Vid makroekonomiska beräkningar används istället den s k kapitalkoefficienten, vilken uttrycker relationen mellan realkapitalet (= anläggningar och maskiner) och produktionsvolymen (= förädlingsvärdet).

13.4 Totalproduktivitet

Totalproduktiviteten beräknas som ett sammanvägt mått av arbets- respektive kapitalproduktiviteten.[1] För att detta skall vara möjligt är det nödvändigt att även arbetsproduktiviteten omräknas i kronor, dvs resursförbrukningen av produktionsfaktorn arbete uttrycks i kostnadstermer.

Vi kan därmed konstatera att det för produktivitetsberäkningar och -analyser på aggregerade nivåer är nödvändigt att överge de fysiska storheterna och istället uttrycka produktionssambanden i termer av förädlingsvärden och faktorkostnader. Även om de praktiska beräkningarna ofta görs i form av kvoter, indexserier m m och inte i kronor, är det uppenbart att den principiella distinktionen mellan volymmått och värdemått som gjordes i kapitlets inledning blir svår att konsekvent upprätthålla. Prisfaktorn ingår i beräkningen av såväl lönsamhet som totalproduktivitet, även om man vid produktivitetsberäkningen genom bl a fastprisindex försöker korrigera (rensa) för "rena" pris- och marknadsförändringar. Avgörande för kvalitén på totalproduktiviteten som volymmått blir därför hur väl man lyckas att praktiskt genomföra dessa korrigeringar.

Lönsamhetsbegreppet informerar om resultatet av en bredare kommersiell verksamhet, uttryckt i kronor. Däremot får vi inga upplysningar om hur resultatet uppstått. Totalproduktivitetsmåttet lämnar i det avseendet mycket mer detaljerad information. En förändring i totalproduktiviteten mellan exempelvis två år, kan delas upp i olika beståndsdelar, varvid det dels kan utläsas vilken betydelse förändrad sammansättning av arbete och kapital haft på utfallet. Dels framgår också betydelsen av pris- och löneförändringar för totalproduktiviteten.

Den här genomgången kan också förklara varför begreppet arbetsproduktivitet används i sådan omfattning att det kommit att uppfattas synonymt med (total-)produktivitet. Som vi har sett är det ofta mycket svårt och ibland omöjligt att göra meningsfulla beräkningar av kapital- respektive totalproduktivitet utan att sätta priser på de fysiska storheterna. Arbetsproduktiviteten utgör därför ofta det enda någorlunda renodlade volymmåttet för produktiviteten.

[1] Den matematiska formeln för sammanvägningen återges inte här. Se Carlsson, B: Teknik och industristruktur, s. 110.

13.5 Totalproduktivitetens beståndsdelar

Studier av industriproduktionens långsiktiga utveckling visar att en allt mindre del av produktionsvolymens ökning beror på ökade insatser av arbetskraft och kapital. Den stora och växande andel produktionstillväxten som återstår att förklara sedan effekterna av ökade arbets- och kapitalinsatser frånräknats, har i den ekonomiska litteraturen fått det – som det skall visa sig – oegentliga namnet den "tekniska restposten" eller "teknikfaktorn". Utvecklingen av *teknikfaktorn* återspeglar *totalproduktivitetens förändring över tiden.*

Efter 1965 kan så gott som hela ökningen av industriproduktionen tillskrivas teknikfaktorn. Förhållandet varierar mellan olika branscher, men under perioden 1950–1976 uppvisar verkstadsindustrin den största teknikfaktorn och även ett av de högsta tillväxttalen för produktionsvolymen. Noteras kan att verkstadsindustrin tillsammans med den kemiska industrin är de enda branscher i vilka sysselsättningen mätt i timmar har ökat under hela perioden.

Det bör betonas att när man diskuterar den minskande betydelsen av kapital- och arbetskraftsinsatsen för produktionsvolymens utveckling avses endast bidraget av *kvantitativa* förändringar. Produktionsresursernas *kvalitativa* förändringar fångas upp av teknikfaktorn, d v s det är den förbättrade tekniken i nya maskiner och förbättrade utbildningen som möjliggjort teknikfaktorns ökning.

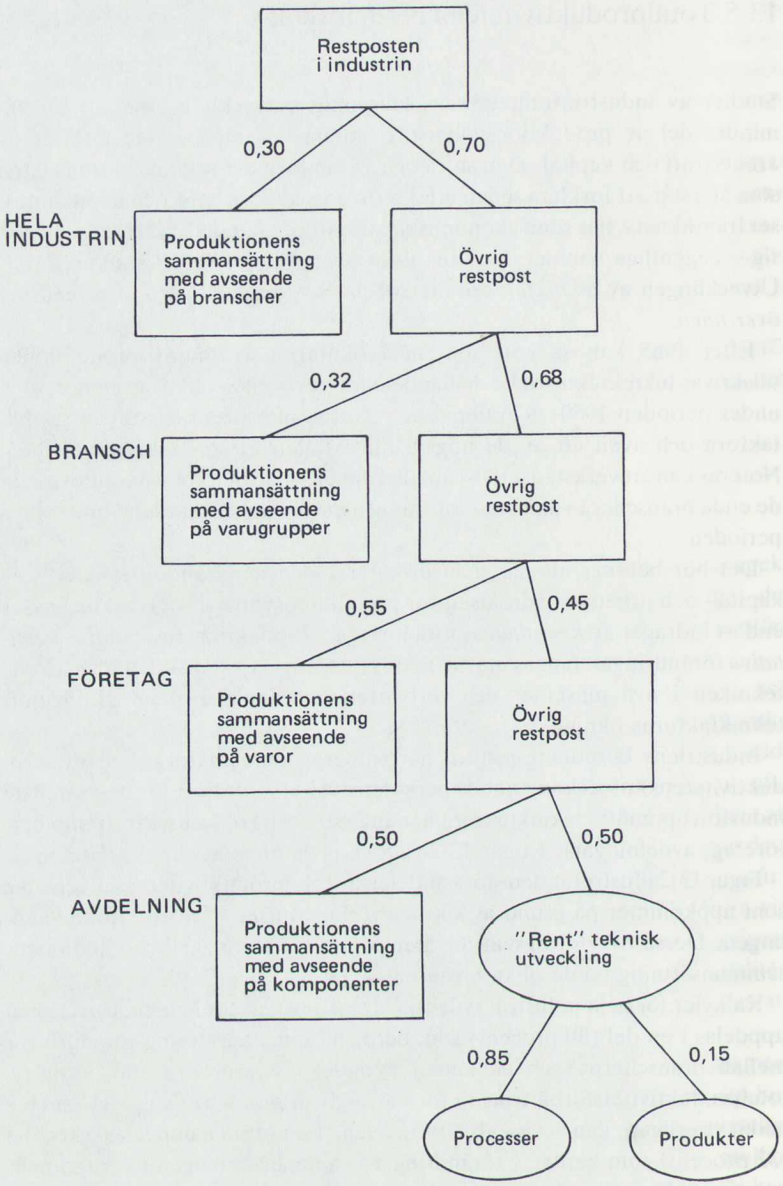
Industriens Utredningsinstitut har studerat teknikfaktorns (= totalproduktivitetens) utveckling under perioden 1950–1976.[1] Den för den samlade industrin uppmätta teknikfaktorn har analyserats på olika nivåer (branscher, företag, avdelningar). I figur 13.2 redovisas de huvudsakliga resultaten.

Figur 13.2 illustrerar den stora andelen av totalproduktivitetens utveckling som uppkommer på grund av s k överföringsvinster från strukturomvandlingen. Dessa överföringsvinster återspeglar förändringar i produktionens sammansättning på de olika nivåerna.

Kalkyler för hela industrin tyder på att restposten (för hela industrin) kan uppdelas i en del (30 procent) som beror på sammansättningsförändringar mellan branscherna och en annan övrigdel (70 procent) som beror på totalproduktivitetsförbättringen för varje given bransch. Går vi så ett steg nedåt ytterligare kan vi visa att "övrigdelen" i sin tur kan uppdelas på en del (32 procent) som beror av förändringar i sammansättningen i varugrupper inom varje bransch och en övrigdel på 68 procent. Därmed har vi i praktiken kommit ned på företags- eller fabriksplanet och man skulle grovt kunna säga att denna beräkning visar att restposten till hälften (0,7 x 0,68 = 0,48) beror på förändringar i den relativa tillväxten hos företag (= produktionsanläggningen) och till hälften på totalproduktivitetens förändring hos de individuella anläggningarna. Målet är att på detta sätt komma ända ned till maskinnivån. Figur 13.2 innehåller vissa försök i den riktningen grundade på data från ett par företag[2].

[1] Carlsson, B. m fl: Teknik och industristruktur, s 107.

[2] Se vidare Eliasson, s 227–234 i "Datateknik, ekonomisk tillväxt och sysselsättning". Liber Förlag (1980).



Figur 13.2 Restpostens (teknikfaktorns) sammansättning på olika aggregeringsnivåer.

Källa: Carlsson (1979).

13.6 Strukturomvandlingen – symptom och orsaker

Vi har nyss kunnat konstatera att en betydande del av den för hela industrin uppmätta ökningen av totalproduktiviteten kan förklaras av de "överföringsvinster" som uppstår genom strukturomvandlingsprocessen på olika nivåer inom industrin. Det förtjänar emellertid att understrykas att i "botten" på denna dynamiska process ligger förändringar på mikronivå, dvs inom företagen. Dessa förändringar kan som vi snart skall se ha flera orsaker. Utan

att i detalj känna till dessa kan vi dock bilda oss en uppfattning om utvecklingen i företag – dess relativa (= visavi andra företag) expansion eller stagnation – genom att studera lönsamheten.

Den relativa lönsamheten för ett företag fångar upp förändringar i produktionsprocessen samt förändringar i löner och priser på företagets produkter och produktionskapital. Genom att studera lönsamheten för ett företag eller vinstspridningen inom en bransch, får vi en indikation på sannolika framtida strukturförändringar. Denna metod har också utnyttjats i kapitel 14, där vi utifrån en analys av bruttovinsterna inom verkstadsindustrin – med uppdelning på delbranscher och regioner – försöker bedöma kommande strukturförändringar.

Orsakerna till strukturomvandlingen skall här kortfattat diskuteras[1]. En *förändrad sammansättning av produktionsfaktorerna* vid oförändrade löner och priser så att produktionskostnaderna för en given produktionsvolym minskar, ger ökade bruttovinster och skapar förutsättningar för expansion. Detta åstadkommes genom *rationalisering*. Som vi har sett behöver inte detta enbart vara följden av ny teknisk utrustning; genom utveckling av material, metoder och organisation kan motsvarande effekter uppnås. Även förbättrad utbildning bör räknas hit.

Förändrade faktorpriser har betydelse för strukturomvandlingen. Det mest iögonfallande exemplet är den långsiktiga ökningen av lönerna i förhållande till priserna på realkapital. Ett annat exempel är effekterna av den solidariska lönepolitiken.

Det råder ett direkt ömsesidigt beroende mellan rationaliseringen och förändrade faktorpriser. Effekterna av rationalisering kan mätas i form av ökad arbetsproduktivitet vilket skapar utrymme för löneökningar. Som vi snart skall se skapas indirekt också förutsättningar för prissänkningar på de producerade varorna, bl a investeringsvaror. Båda dessa effekter påverkar de relativa faktorpriserna. Detta återverkar i sin tur på produktionsfaktorernas sammansättning på så sätt att en fortsatt rationalisering stimuleras. Strukturomvandlingen går därmed i riktning mot allt kapitalintensivare produktionsmetoder.

Den solidariska lönepolitiken medför en dämpning av lönespridningen mellan olika branscher. Detta får bl a till resultat en långsammare löneutveckling inom vissa branscher än som mot bakgrund av den registrerade arbetsproduktivitetens utveckling skulle vara möjlig, medan det motsatta äger rum inom andra branscher. Detta medför ökade skillnader i lönsamhet mellan branscherna, vilket påskyndar strukturomvandlingsprocessen.

Strukturomvandlingen påverkas även av *prisutvecklingen på de producerade varorna*. Grovt sett kan de bakomliggande orsakerna till prisförändringarna vara av två slag. Dels kan det vara fråga om faktorer som i första hand påverkar den efterfrågade volymen, men som därmed indirekt också har betydelse för prisutvecklingen. Exempel härpå är den allmänna inkomstutvecklingen, smak, förekomst av substitut och förekomst av samhällelig infrastruktur såsom väg- och TV-nät.

Dels kan prisförändringarna vara resultatet av sådana förändringar i produktionsprocessen och faktorpriserna som nyss redovisats. Lägre produktionskostnader på grund av rationalisering medför inte automatiskt

[1] En mer ingående beskrivning finns i Heikensten, L: Strukturomvandlingen och den internationella konkurrensen. SIND PM 1978:5.

prissänkningar på den producerade varan, men genom t ex konkurrensmekanismen kan prisfall bli resultatet.

Beroende på utfallet av de kombinerade effekterna av dels förändrat efterfrågemönster, dels produktionskostnadernas utveckling, påverkas det enskilda företagets lönsamhetssituation och därmed också strukturomvandlingen. Även här föreligger ett ömsesidigt beroendeförhållande såtillvida att pris- och lönsamhetsutvecklingen påverkar rationaliseringen och faktorpriserna. Pressade priser och vinster skapar behov av rationalisering samtidigt som utrymmet för löneökningar och investeringar minskar.

14 Effekter på produktion och industristruktur

14.1 Inledning

De erfarenheter som ligger till grund för de följande bedömningarna av effekter på bl a produktion och industristruktur har hämtats ur följande källor:

- studier, tidskriftsartiklar och rapporter, såväl inhemska som utländska,
- fallstudier vid fyra svenska verkstadsföretag,
- den bilagda s k ASEA-studien[1],
- strukturerade telefonintervjuer med produktionstekniker vid de 26 verkstadsföretag som omfattas av den i kapitel 12 redovisade undersökningen.

Redovisningen av erfarenheter från enskilda fallstudier har reducerats till ett minimum för att istället bereda plats för en diskussion i generella termer. Den valda redovisningsformen motiveras av att det från metodsynpunkt är mycket besvärligt att göra kvantitativa analyser på mikronivå, dvs på enskilda maskininstallationer eller tillverkningsavdelningar. Dels beror detta på att de olika fallen är mycket heterogena, med sinsemellan stora olikheter i fråga om tillverkad vara, fas i tillverkningsprocessen samt utrustning och organisation. Dels är det ofta mycket svårt att få fram för studien relevanta data, vilket hänger samman med de i kapitel 13 påpekade problemen med att isolerat försöka studera exempelvis en enstaka maskininstallation och därur dra generella slutsatser. Redovisningen av erfarenheterna på mikronivå kommer därför huvudsakligen att ges i allmänna och kvalitativa termer.

14.2 Erfarenheter från några verkstadsföretag

14.2.1 *Bakgrund*

Under hösten 1979 genomfördes fallstudier vid fyra svenska verkstadsföretag vilka nyligen hade installerat olika former av datorstyrd tillverkningsutrustning. Redovisningen koncentreras dels på projekterings- och installationsfasen, dels på produktivitetseffekter. Därefter diskuteras kortfattat några faktorer med stor betydelse för produktivitetsutfallet.

[1] Nilsson,S. Förändrad tillverkningsorganisation och dess återverkningar på kapitalbindningen. En studie vid ASEA. IUI, Stockholm 1980 (Se bilaga 1).

I tre av fallstudierna studerades maskinavdelningar med betydande inslag av moderna NC-maskiner – varav ett PBB-system – och där dessa helt eller till delar organiserats enligt flödesprincipen. I ett företag studerades svetsrobotar. Ett gemensamt drag hos de undersökta företagen är att de färdiga produkterna uppvisar god konkurrenskraft på världsmarknaden och att utvecklingen präglas av volymtillväxt. Utmärkande är också att samtliga företag anses ha hunnit långt ifråga om att tillämpa ny produktionsteknik och erfarenhetsuppbyggnad i samband därmed.

14.2.2 *Projektering och installation*

Projektering och genomförande av en investering i avancerade maskiner är ofta en utdragen process, speciellt om det sker i samband med förändringar i tillverkningsorganisationen. Samma sak gäller då investeringen samtidigt innebär att ny teknik introduceras i företaget.

Investeringsbehovet identifieras vanligen i företagens medelfristiga planering, där den aktuella tillverkningskapaciteten ställs mot den i försäljningsprognoserna förväntade efterfrågan. I de fall ett kommande kapacitetsunderskott är sannolikt, har företaget att välja mellan olika handlingsalternativ. I princip står tre möjligheter till buds för att anpassa tillverkningsvolymen till den väntade efterfrågan:

- lämna produktionstillskottet till legouppdrag,
- själv ta hand om tillverkningen genom expansion med hjälp av konventionell teknik,
- egen expansion genom ny teknik.

Alternativet ny teknik med datorstyrda maskiner blir vanligtvis mycket attraktivt eftersom möjlighet erbjuds att expandera tillverkningsvolymen utan motsvarande expansion av antalet sysselsatta, golvyta m m.

Ett annat ofta återkommande motiv för investeringar i datorstyrd utrustning sammanhänger med svårigheten att få personal till vissa arbetsuppgifter, eller snarare att behålla personalen. I en del fall har detta varit utslagsgivande och framför allt har flertalet robotinstallationer sin upprinnelse i att arbetsplatser kännetecknats av onormalt hög personalomsättning med driftsstörningar och dålig produktivitet som följd.

Från det att ett investeringsbehov aktualiserats i den rullande planeringen kan det ofta dröja flera år innan investeringen kommer till stånd. Dels kan detta bero på att investeringen kräver lång projektering, dels är många företag beroende av goda konjunkturer för att klara finansieringen.

När investeringsbeslut en gång fattats och en order placerats, är leveranstiderna ofta betydande. Beroende på maskintyp, konjunkturförhållande m m, varierar leveranstiden, men 10-12 månader är vanligt. Därefter följer en installations- och intrimningsfas, vars längd också brukar variera åtskilligt. Vid ersättningsinvesteringar eller utrustning som varken kräver speciell kringutrustning eller organisationsförändringar går dock installation och intrimning förhållandevis fort. Om däremot olika maskiner eller annan utrustning skall arbeta integrerat, exempelvis automatisk hantering tillsammans med dito bearbetning, och krävs specialkonstruerad kringutrustning, kan intrimningsfasen bli långvarig.

Initiativet till och projekteringen av nya investeringar skedde tidigare vanligen ensidigt från företagets produktionsledning. Nu är det normala tillvägagångssättet, åtminstone beträffande projekteringsarbetet, att partsammansatta projektgrupper med representation från berörda yrkesgrupper tillsätts i samband med varje nyinvestering.

14.2.3 *Effekter på produktiviteten*

De förändringar i maskinpark och organisation som studerats i de fyra företagen har i samtliga fall resulterat i förhöjd totalproduktivitet. Produktivitetsökningen förklaras i varierande grad av nya maskiner respektive av andra faktorer. Företagens egna bedömningarna av vilken betydelse olika faktorer skall tillmätas varierar, dels p g a företagsvisa olikheter i produktionen, men antagligen också på subjektiva grunder. Här skall ges några exempel på såväl direkta som indirekta positiva effekter:

I samband med att två svetsare ersattes av en robot för punktsvetsning ökade tillverkningsvolymen per arbetstimme med 89 %. Därutöver blev kvaliteten högre och jämnare och vidare spardes golvyta. Andra indirekta effekter var förbättrad arbetsmiljö, särskilt ifråga om svetsgaser, lägre sjukfrånvaro och säkrare leveranskapacitet.

Ett annat företag investerade i ett PBB-system bestående av ett numeriskt styrd fleroperationsmaskin med verktygsmagasin samt en minidatorstyrd hanteringsutrustning för in- och utmatning av bearbetningsdetaljer. Systemet bemannades av en operatör i två skift men gick obemannat under nattskiftet. Jämfört med en motsvarande numeriskt styrd fleroperationsmaskin med manuell in- och utmatning i tvåskift ökade utnyttjandegraden mätt i timmar per år med 80 %. Förutom nattskiftet ökade även utnyttjandegraden under de bemannade skiften p g a hanteringsautomatiken. Alternativet hade annars varit att investera i två NC-fleroperationsmaskiner, vilket hade bundit upp mer kapital samt ytterligare två operatörer. Genomloppstiden för varor i arbete avkortades också avsevärt.

I en maskinverkstad bearbetades en vara i sammanlagt 30 operationer varav 21 i olika verktygsmaskiner. Efter omorganisation och installation av nya NC-maskiner, bl a numeriskt styrda specialmaskiner, halverades antalet operationer till 15, varvid arbetsstycket numera endast passerar 8 maskiner. Bearbetningstiden sjönk från 42 till 12 minuter och ställtiden minskade från 11 1/2 timme till drygt 6. Förutom personal och tid, sparades golvyta och grundfixturer. Det sistnämnda ansågs inte minst viktigt eftersom det i den löpande produktförnyelsen annars skulle krävts en kraftigt ökad lagerhållning av olika fixturer om man fortsatt med den tidigare tillverkningsmetoden.

14.2.4 *Diskussion*

14.2.4.1 Organisationsfaktorn

Vid flera av företagen underströk man organisationsfaktorns betydelse för produktiviteten, d v s att processorganisation och verkstadslayout är viktigare än prestanda för enskilda maskiner. Större produktivitetsvinster kunde

vinnas genom ommöblering av befintliga (konventionella) maskiner än vad som skulle vara fallet vid övergång från konventionella maskiner till NC utan omorganisation. ASEA-studien, bilaga 1, ger f ö ett konkret exempel på organisationsfaktorns betydelse.

Följande exempel från ett av företagen belyser hur en produktivitetsförändring måste ses som resultat av ett antal samverkande faktorer. Under en tvåårsperiod då inga nyinvesteringar gjordes, höjdes arbetsproduktiviteten i verkstaden totalt med 30 %. Under en tidigare fleråriq period hade omvandling skett från en funktionellt organiserad verkstad med konventionella maskiner till en produktverkstad med stort inslag av NC-maskiner. Inom företaget trodde man sig kunna förklara förändringen mot bakgrund av följande omständigheter:

1. Det hade skett en allmän intrimning av den nya verkstaden.
2. Service- och reparationsfunktionen hade börjat att fungera tillfredsställande.
3. Personalomsättningen hade kraftigt minskat.
4. Tidigare hade merparten av maskinoperatörerna varit i tjugoårsåldern vilket ledde till "för mycket lekstuga". Därefter ökade andelen äldre arbetskraft.

Flera av företagen – vilka samtliga i varierande grad tillämpade flödesorganisation – anförde avigsidor som i vissa fall motiverade ett kvarhållande vid den funktionella organisationen, alternativt förordade blandformer. Brist på flexibilitet och extrem konjunkturkänslighet var några omdömen. Det måste därvid beaktas att det rör sig om en förhållandevis ny organisationsprincip och att många av de svårigheter och nackdelar som nu kan konstateras sannolikt kommer att avhjälpas framöver, genom såväl erfarenhetsutveckling som förbättrad utrustning.

14.2.4.2 Problem

Obalans mellan maskinanskaffning och kapacitet på underhållssidan kan lätt uppstå. Det verkar finnas en generell tendens att underskatta antalet möjliga haverier som ett komplext system kan drabbas av, och inte sällan gör. Följande lathund för maskinanskaffare ger en indirekt presentation av missöden som allför ofta verkar åtfölja investeringar i datorstyrd utrustning.

Största utsikterna att *inte* utsättas för ekonomiskt förödande stillestånd p g a maskinhaverier torde det företaget ha, som med en konstruktiv skepticism i god tid före installationen låter utbilda reparatörer och annan underhållspersonal. Detta innebär inte att företaget bör försumma att teckna ett för leverantören hårt bindande service- och reparationsavtal. I detta bör företrädesvis ingå det antal timmar från haveriet inom vilka felet skall vara avhjälpt, en av leverantörerna garanterad (men av kunden kalkylerad) tillgänglighet samt storleken på skadeståndsbeloppet som utgår ifall villkoren inte uppfylls.

Det företag som överväger att investera i ett sammansatt system med komponenter från olika tillverkare, bör, om ingen av dessa är villig att ta på sig ett totalansvar, hellre avstå från investeringen. Det finns rikligt med

tragikomiska exempel på företag som fått avbrott i tillverkningen på grund av maskinhaveri. Internt avräkningspris på 500-1 000 kr/tim för den stillastående utrustningen är i sådana sammanhang inte ovanligt, och man kan lätt föreställa sig produktionsledningens vanmakt när ingenting ytterligare händer än att de olika leverantörerna kastar skulden på varandra. Ett annat exempel är servicemannen från företag A som skall se över maskinen (starkström), varvid han samtidigt har sönder styrsystemet (svagström), levererat av företag B.

En ytterligare försiktighetsåtgärd som det framsynta företaget vidtar är att under en inkörningsperiod parallellt bedriva tillverkning i den gamla utrustningen.

I ASEA-studien kunde noteras en drastisk försämring av produktkvaliteten efter det att organisationen ändrats från funktionell verkstad till långt automatiserad produktverkstad. Felkostnaderna i procent av producerat verkstadsnetto steg från 1,1 till knappt 3. Orsaken till detta var att den löpande översyn av materialets kvalitet som vid manuell bearbetning utgör ett naturligt inslag i operatörens uppgifter bortföll. Detta kan i princip kompenseras med antingen automatisk kvalitetskontroll, vilket dock inte alltid är tekniskt eller ekonomiskt möjligt. En annan utväg är att låta en anställd kontrollera kvaliteten, något som kraftigt reducerar den rationaliseringsvinst som eftersträvades genom att bl a automatisera operatörsuppgifterna. Samtidigt tillskapar man en – om grad av monotoni kan användas som kriterium på om en arbetsuppgift är bra eller dålig – sämre arbetsuppgift.

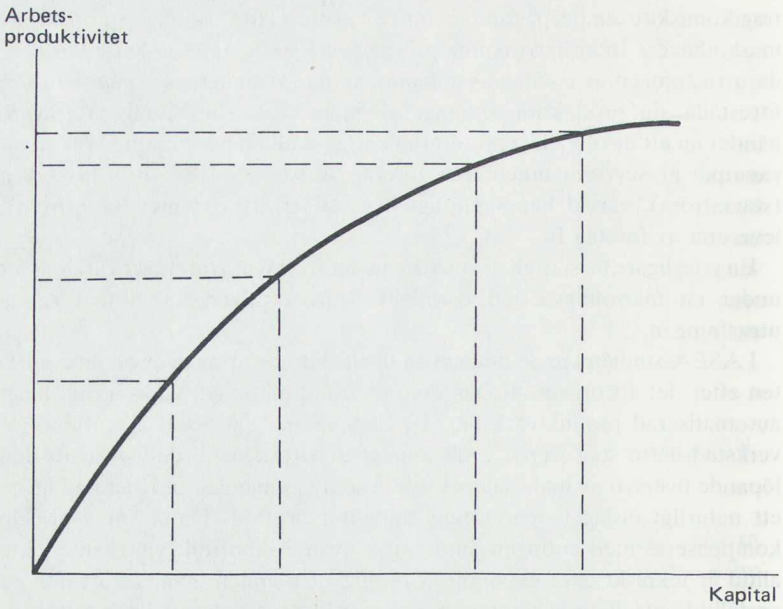
Avslutningsvis kan nämnas att installation av *alltför* tekniskt avancerad utrustning i flera fall ha visat sig inte främja produktiviteten i önskad utsträckning. Detta "alltför" kan naturligtvis inte preciseras annat än vid enskilda fall. Påståendet baseras på förhållandet att tillförlitligheten i en vara eller ett system ofta varierar omvänt med komplexiteten i detsamma. Driftsäkerheten i vid bemärkelse beror heller inte endast av tekniskt-mekaniska faktorer utan också på anpassningsprocessen till det sociala system i vilken maskinen/processen satts att verka.

14.3 Material, energi och kapital

14.3.1 *Förändrad inriktning i rationaliseringsmönstret*

Sedan industrialismens genombrott har rationaliseringsinsatserna främst varit inriktade mot att öka arbetsproduktiviteten, d v s antalet producerade enheter per arbetare eller arbetstimme. Materiella och immateriella investeringar som löpandebandstillverkning, transfermaskiner, NC-maskiner, industrirobotar, ackord, MTM-systemet m m har alla haft som främsta syfte att höja arbetsproduktiviteten. Som nämnts i kapitel 13 har begreppet arbetsproduktivitet ofta tjänat som synonym för totalproduktiviteten, trots att det senare begreppet mäter produktionsresultatet (i kronor) i förhållandet till kostnaderna för samtliga insatta resurser.

När en industri nått "fronten" av känd produktionsteknik krävs mycket stora kapitalinvesteringar om målsättningen att från en hög nivå på



Figur 14.1 Principiellt samband mellan kapitalstockens storlek och förändringar i arbetsproduktiviteten.

Källa: DEK.

arbetsproduktiviteten upprätthålla en hög tillväxtnivå, se figur 14.1. Industrin har så att säga redan "betat av de mest lönsamma investeringarna" och investeringarna i nya produktionsmetoder blir allt mer komplexa och måste till stor del bygga på eget utvecklingsarbete.

I industrier som den svenska med hög automatiseringsgrad blir det därför nödvändigt att effektiviseringssträvandena riktas även mot andra resurser än arbetskraften, d v s totalproduktivitetens utveckling måste vara det centrala målet.

Under 1970-talet har industrin i allt större utsträckning uppmärksammat andra faktorer som påverkar totalproduktiviteten, främst material, energi och kapital. De två förstnämnda faktorerna har fått ökad betydelse inte minst mot bakgrund av att priserna på dessa ökat mycket snabbt. Då rationaliseringspotentialen vad gäller produktionsfaktorn arbete i stor utsträckning redan är intecknad, har investeringar som leder till mindre råvaru- och energiförbrukning, nya material (t ex kompositer) och bättre kapitalutnyttjande fått allt större betydelse.

Det skall emellertid framhållas att investeringar i nya produktionsmetoder och utrustningar som flödesgrupperad tillverkning, produktion med begränsad bemanning (PBB), CAD- och MPS-system m m ger rationaliseringseffekter på såväl produktionsfaktorn arbete som andra faktorer som påverkar totalproduktiviteten. Det förtjänar åter att understrykas att det inte är en enskild faktor som t ex arbete eller kapital som gör investeringen lönsam utan den samlade effekten. Häri ligger emellertid ett problem, eller mer konkret ett kalkyleringsproblem. Detta kommer att behandlas i kapitel 16.

14.3.2 *Material*

14.3.2.1 Råvaror och ämnen

Jämfört med traditionell tillverkning innebär datorstödd konstruktion och tillverkning förändrade förhållanden för såväl det ingående materialet som förbrukningsmaterial. Skillnaderna är av både kvalitativ och kvantitativ natur. För det ingående materialet – råvara, ämne och liknande – kan ett förbättrat materialutnyttjande genom datorstödd konstruktion medföra påtagliga besparingar ifråga om materialåtgång. CAD- system i kombination med NC-maskiner kan också reducera kassationsgraden för bearbetade detaljer.

Enbart datorstyrd tillverkning förändrar däremot inte materialåtgången nämnvärt. Däremot ökas i vissa fall kraven på materialets kvalitet. För att ett ämne skall kunna hanteras och bearbetas automatiskt, ställs vanligen större krav på ämnets kvalitet och homogenitet än vad som är fallet vid manuella processer. Vid t ex bearbetning i manuellt opererade maskiner gör operatören löpande justeringar för differenser i materialet.

Därför kan förutsättningar för ökad automatisering skapas genom en översyn av tidigare processer i förädlingskedjan. Genom förbättrad process- och kvalitetskontroll kan behovet av flexibilitet i hantering, bearbetning och montering längre fram i förädlingskedjan reduceras, om än inte helt elimineras.

Sålunda kan en övergång till automatiserad tillverkning nödvändiggöra en översyn av tidigare förädlingsled. Man skulle därmed också kunna tänka sig fall där en rationalisering med hjälp av datorteknik blir oekonomisk på grund av den skulle förutsätta alltför om fattande investeringar i den närmast föregående förädlingsledet.

14.3.2.2 Förbrukningsmaterial

Förbrukningsmaterial i bearbetningsprocessen är främst maskinverktyg och skärvätskor. Vid bearbetning i NC-maskiner ökar verktygsförslitningen per bearbetad enhet jämfört med konventionella verktygsmaskiner. Detta beror till en del på att skärhastigheten vid NC-bearbetning är högre. Sambandet är inte proportionellt, utan förslitningen ökar progressivt i förhållande till skärhastigheten. En annan faktor som ökar verktygskostnaden är att alltfler NC-maskiner även utrustas med verktygsmagasin, vilket ökar kapitalbindningen och därmed räntekostnaden.

Fördyringen vid NC-bearbetning på grund av ökad verktygsförslitning och kapitalbindning tycks inte vara av den storleksordningen att lönsamhetsförhållandet mellan konventionell respektive NC-bearbetning ändras på något avgörande sätt. Det torde snarare höra till undantagen att förändrade verktygskostnader per enhet över huvudtaget tas med i investeringskalkyleringen.

Valet av skärande verktyg påverkas inte av om maskinen är NC- styrd eller inte. Beträffande förbrukningen av skärvätskor råder inte något entydigt samband. Beroende på slag av bearbetning, maskintyp och kringutrustning finns exempel på olika utfall. I vissa fall har övergången till NC-bearbetning

medfört en ökad förbrukning av skärvätskor, medan i andra fall behovet av skärvätska helt upphört.

14.3.3 *Energi*

Verkstadsindustri är en energisnål produktionsform. Som framgått i avsnitt 2.2 utgör branschens kostnader för energi endast 1,2% av produktionens saluvärde. Energiförbrukningen undergår heller inte någon signifikant förändring vid införandet av datorstyrd tillverkningsutrustning.

Det förekommer ibland spekulationer över huruvida den "obemannade verkstaden" skulle medge kostnadsbesparingar genom att behovet av belysning och uppvärmning bortfaller. Då varken tekniska eller ekonomiska skäl talar för den obemannade verkstaden som realitet före sekelskiftet (och sannolik inte heller för åtskillig tid därefter) annat än i experiment- eller forskningssammanhang, finns det ingen anledning att i detta sammanhang närmare gå in på frågan.

14.3.4 *Kapital*

14.3.4.1 Lager och varor i arbete

Som berörts vid flera tillfällen tidigare är huvudmotivet bakom den förändrade rationaliseringsfilosofin att minska rörelsekapitalet som binds upp i lager och varor i arbete.

Det principiellt nya kan kortfattat sägas vara att man från att tidigare betraktat maskinparkens maximala utnyttjande som ett huvudvillkor för god produktionsekonomi, nu tenderar till att fästa mer avseende vid att minimera kapitalet bundet i material. Styrkan på denna strävan varierar direkt mot förädlingsvärdet i lager och varor i arbete. Praktiskt kan skillnaden beskrivas som att man tidigare lät arbetsstyckena vänta framför maskinerna för att bli bearbetade, medan nu maskinerna får vänta på arbetsstyckena.

Resonemanget är naturligtvis en grov överdrift i och med att en maskins utnyttjandegrad fortfarande spelar en avgörande roll i många fall. Exempelvis torde det finnas få NC-installationer som inte är ämnade att gå i minst tvåskift. Hela PBB-begreppet (Produktion med Begränsad Bemanning) är ett uttryck för en företagsekonomisk nödvändighet att maximera utnyttjandet av dyra maskiner genom dygnetrunt drift. Det är främst för de enklare och billigare maskinerna som kravet på maximalt utnyttjande kan frångås om det kommer i konflikt med ambitionen om snabbast möjliga materialflöde.

Rationaliseringsvinsterna genom att införa datorbaserade MPS-system är ofta avsevärda. Flera företag har kunnat minska sina lager och höja materialflödet med 25-40 % utan att leveranstiderna påverkats.

14.3.4.2 Maskiner och inventarier

Investeringar i datorstyrd utrustning nödvändiggör vanligen följdinvesteringar i vad som brukar sammanfattas med begreppet kringutrustning. Kringutrustningen kan vara transportband eller annan hanteringsutrustning,

paletter, fixturer samt utrustning som behövs för att anpassa nya maskiner till den befintliga tillverkningsprocessen och maskinparken. Kringutrustningen får därför karaktären av specialutrustning som skräddarsys för varje enskild situation. Därmed blir den även förhållandevis dyr. Ofta sker konstruktionen av kringutrustning av företagens egna tekniker. Tillverkningen läggs antingen ut på lego eller också utförs den av egna verktygsmakare.

Kringutrustningens relativa betydelse varierar naturligtvis beroende på typ av maskin. Ersätts en konventionell supportsvarv i en funktionellt organiserad verkstad med en NC-svarv blir antagligen inte kringutrustningen någon fråga av betydelse. Fortfarande finns operatören kvar och hanterar arbetsstyckena. Problemen blir i regel större om det gäller att ersätta manuell hantering med automatisk, eller då man i samband med maskininvesteringen också förändrar tillverkningsorganisationen.

Många företag tillämpar tumregeln att kostnaden för kringutrustning blir lika stor som själva maskininvesteringen. Ofta har därvid samtliga bikostnader inräknats i kringutrustningsbegreppet, exempelvis även projektering av den nya maskinen samt utveckling av programvara.

Ju högre automatiseringsnivåer som eftersträvas, desto större blir kostnaden för kringutrustning inbegripet projektering, konstruktion och programmering. För ADB-system har utvecklingen gått mot att centralenheten utgör en allt mindre del av totala investeringskostnaden samtidigt som kringutrustningens andel ökar. Här kan en analogi göras för verkstadsindustrins automatisering. Genom att mekanisk specialutrustning är mycket arbetsintensiv gäller tesen om kringutrustningens ökade andel av totalinvesteringen i än högre grad verkstadsutrustning.

För de företag som installerar integrerade datorstyrda tillverkningssystem når därför investeringskostnaderna sådana nivåer att två- eller treskift är en nödvändighet för att investeringen skall kunna motiveras ekonomiskt. En förutsättning för sådana system är därför en hög tillverkningsvolym.

14.3.4.3 Byggnader

Genom ökad användning av maskiner och annan utrustning för automation inbesparas golvyta jämfört med manuella metoder. En svetsrobot kräver mindre svängrum än en svetsare, och en truck som följer spår eller slinga i golvet klarar sig med väsentligt smalare transportvägar än den manuellt styrda trucken.

I den utsträckning en ökad användning av datorstyrd utrustning medför ett snabbare materialflöde genom verkstaden minskas behovet av lagerutrymme. I första hand reduceras depåer och buffertlager av varor i arbete inne i verkstaden. Befintliga byggnader kan även utgöra en restriktion i samband med att ett företag önskar förnya sin produktionsteknik och tillverkningsutrustning. Därför vidtas i regel heller inte några mer omvälvande förändringar av teknik och utrustning annat än i samband med att nya fabrikslokaler uppförs.

14.4 Den tillverkade varan

14.4.1 *Inledning*

Det råder ett ömsesidigt beroende mellan å ena sidan en vara och dess utformning och å andra sidan produktionsteknik och tillverkningsutrustning. Att varans karaktär och konstruktion har betydelse för valet av produktionsteknik faller sig naturligt. Med tiden och tillkomsten av avancerade tillverkningsmetoder och tillverkningsutrustning har dock i allt större utsträckning även det omvända förhållandet kommit att gälla.

Datorstyrda system för automatisering och styrning av tillverkningsprocessen förutsätter en anpassning av produktutformning och produktkonstruktion för att rationaliseringspotentialen till fullo skall kunna förverkligas. Två viktiga effekter härav kan urskiljas:

1. Den moderna produktionsprocessen sätter ut snävare gränser för produktutformarens/konstruktörens handlingsutrymme.
2. Konstruktionsavdelningarnas förmåga till anpassning och nytänkande får stor betydelse för hur snabbt den nya teknikens rationaliseringsvinster kan tillvaratas.

Den förändrade tekniken skapar även nya möjligheter till högre grad av kundanpassning av varorna och ökad variation i utbudet. Detta sammanhänger dels med den uppsnabbade tillverkningsprocessen, dels att nya tillverkningsfaser blir möjliga att automatisera. Den datorstyrda konstruktions- och tillverkningsteknikens inverkan på produkten och dess egenskaper är därmed ingalunda entydig.

14.4.2 *Ökad möjlighet till kundanpassning*

De datorstyrda material- och produktionsstyrningssystemen (MPS) kan avsevärt påskynda orderbehandling och leveranstid. Härigenom kan företagen, vilket rapporten redan flera gånger belyst, reducera såväl sina lager av varor i arbete som sina färdigvarulager och därmed frigöra bundet kapital. Genom förkortad leveranstid öppnas också nya möjligheter till att tillämpa kundorderinitierad tillverkning. Förutom minskningen i det i färdigvarulager bundna kapitalet, reduceras kostnaderna för inkurans och handelsrisk. Dessutom skapas större förutsättningar till att anpassa varan efter olika kunders speciella önskemål, vilket ger konkurrensfördel.

Även CAD-tekniken öppnar möjligheter för snabbare och billigare kundanpassning. Ur databasen kan standardritningar tas fram och modifieringar införas relativt enkelt, samtidigt som CAD-systemet automatiskt kontrollerar om förändringarna är inbördes förenliga. Är CAD-systemet dessutom integrerat med ett CAM-system, utförs simultant mycket av det tekniska beredningsarbetet inför tillverkningsfasen.

14.4.3 *Fortsatt standardisering*

Även om införandet av CAD- och MPS-system sålunda skapar nya möjligheter till ökad kundanpassning, finns det andra egenskaper i begreppet datorstödd konstruktion och tillverkning som får konsekvenser i

motsatt riktning, d v s mot ökad standardisering.

En av orsakerna till investeringar i t ex numeriskt styrda maskiner är att dessa har höga prestanda jämfört med konventionella maskiner. Flödet av detaljer för bearbetning passerar snabbare. Trots att NC-maskinerna (ibland försedda med kringutrustning) är relativt dyra, kan en investering ändå ekonomiskt motiveras, eftersom det för att klara motsvarande tillverkningsvolym skulle bli nödvändigt att anskaffa flera konventionella maskiner, vilka tillsammans skulle bli ännu dyrare. För lönsamhet krävs därför en tillräckligt stor detaljvolym för att NC-maskinen skall vara fullt utnyttjad. Detta är en ekonomisk restriktion som också traditionellt pressat fram standardisering, stordrift och automatisering med hjälp av specialmaskiner och automater.

NC-teknikens stora betydelse ligger också i att fältet där automatiserad tillverkning är möjlig har vidgats. NC-maskinerna medger genom sin *relativa* flexibilitet att detaljpartier inte längre behöver vara identiskt lika för att bearbetas i en automatisk process. Det måste dock poängteras att medan NC-tekniken erbjuder ett större mått av flexibilitet än "automat"-tekniken, *uppvisar NC-tekniken som metod en mindre grad av flexibilitet än manuellt opererade maskiner.*

En fortsatt snabb utveckling av NC-bearbetningen kommer att nödvändiggöra en fortsatt standardisering av produktdetaljerna. Man kan säga att NC-tekniken vidgat ramarna för vad som är möjligt att automatisera, men ramarna finns fortfarande kvar.

Jämförelsen kan också göras i kostnadstermer. För omställning av exempelvis specialmaskiner för att klara olika detaljer är kostnaden hög. Ibland kan omställningskostnaden t o m överstiga maskinens nyanskaffningsvärde, varvid specialmaskinen utrangeras och en ny anskaffas. För datorstyrda maskiner har kostnaden för omställning drastiskt reducerats. På grund av de nödvändiga driftstoppen återstår fortfarande dock en viss omställningskostnad, varför *det alltid kommer att vara ekonomiskt motiverat att även för datorstyrda maskiner minimera antalet omställningar.*

Standardisering fortsätter alltså att vara produktionsekonomiskt lönsamt.

Även om tendensen kan sägas vara generell för datorstyrda maskiner, måste en nyansering göras. Ju mer komplicerat ett tillverkningssystem är (exempelvis integrerade flexibla tillverkningssystem), desto starkare blir behovet av standardisering. För enstaka NC-installationer torde tendensen vara betydligt mindre om ens märkbar.

Den ur produktionsekonomisk synvinkel önskvärda standardiseringen av produktdetaljer kan enklare genomföras med hjälp av CAD-tekniken. Ett CAD-system förutsätter ett fullständigt systematiserat dataunderlag av tillverkningsdata. Ur denna databas kan olika uppgifter snabbt tas fram och omedelbar avstämning göras för att kontrollera att utformning är i överensstämmelse med produkten i övrigt. Vid konstruktionsarbetet kan därför olika restriktioner för detaljutformningen lätt matas in.

14.4.4 *Tätare modellbyten*

För de varuslag där modellbyten, på grund av marknads- och konkurrensskäl är nödvändiga, har den datorstödda tekniken mycket att erbjuda. Det kan

gälla konsumentvaror där täta modellbyten tillgrips av producenterna som ett medel att öka efterfrågan på sina produkter. Dessa modellbyten bottnar inte alltid i tekniskt/funktionella faktorer, utan syftar ofta till att tillfredsställa konsumentens behov ifråga om smak, omväxling, prestige etc.

Även för kategorin investeringsvaror påkallas ofta behovet att företa modellförändringar eller modifieringar i produktutformningen. Förändringarna är här till skillnad från konsumentvarugrupper i första hand tekniskt-funktionellt betingade.

I första hand kan tillgången till ett CAD-system förenkla förändringsarbetet. Modifieringarna som utförs på bildskärm kan direkt införlivas i databasen samtidigt som olika tekniska restriktioner kan matas in, varefter datorn "stämmer av" att konstruktionens olika detaljer är inbördes förenliga. Är CAD-systemet dessutom integrerat med ett CAM-system, som utför det tekniska beredningsarbetet, erhålls simultant uppgifter om verktygsvägar, program för NC-bearbetning etc.

En annan faktor som underlättar modellförändringar är möjligheten att utnyttja industrirobotar som komponenter eller moduler i specialmaskiner. Detta har hittills utnyttjats inom konsumentvaruindustrin. Här har traditionellt serielängder och skalfördelar resulterat i automatisering med hjälp av olika slag av specialmaskiner såsom transfermaskiner och automater. Dessa vanligen mycket dyra maskiner har ofta inte varit ekonomiskt möjliga att ställa om till förändrade modeller. Ett ur marknadssynpunkt önskvärt modellbyte har därmed ofta kommit i konflikt med önskemålet om ett rimligt kapitalutnyttjande. Om specialmaskiner byggs upp av omprogrammerbara enheter förlängs specialmaskinens ekonomiska livslängd i och med att den på ett helt annat sätt än tidigare kan utnyttjas oberoende av modellförändringar.

14.4.5 *Sammanvägning av de olika tendenserna*

I avsnitt 14.4.2 har vi kunnat konstatera hur användningen av CAD-, CAM- och MPS-system förenklar och påskyndar orderbehandlingen, varvid tidsavståndet mellan order och leverans förkortas. Därvid underlättas en övergång till kundorderstyrd tillverkning med de nya möjligheter till kundanpassning som därmed öppnas.

Därefter kunde vi i avsnitt 14.4.3 konstatera att användningen av datorstyrda maskiner i tillverkningen stimulerar till fortsatt standardisering av produkt- och detaljutformning. Trots att den datorstyrda maskinutrustningen är mer flexibel än utrustning för fast automatik, är den mindre flexibel än den tillverkningsmetod som ersätts, nämligen konventionella operatörsstyrda maskiner. CAD/CAM-system underlättar även här utveckling mot ökad standardisering på samma sätt som i exemplet ovan en ökad kundanpassning möjliggjordes.

Beträffande effekterna för frekvensen av modellbyten som berörs i avsnitt 14.4.4 kan först konstateras att ett modellbyte kan ses som en åtgärd att anpassa en standardiserad produkt till marknadskollektivets "behov". Möjligheter till tätare modellförändringar förstärker därför konkurrenskraften för *standardiseringen som produktionsmetod,* i och med att en av dess väsentliga nackdelar i förhållande till kundanpassade produkter i någon mån

mildras.

Vad blir då den sammanlagda effekten av dessa sinsemellan diametralt motsatta tendenser? Svaret har redan givits åtminstone indirekt i kapitel 12, vid redovisningen av de i undersökningen utvalda företagen med avseende på hur tillverkningen initieras. Det kan rekapituleras att några företag tillämpade lagerorderstyrning som metod, men de allra flesta försökte kombinera kundorder- med lagerorderstyrning. I allmänhet innebär detta att de ingående detaljerna tillverkas mot prognos (lagerorderstyrning) medan monteringen initieras efter faktisk kundorder.

Marknadsanpassningen fordrar en maximal differentiering medan produktionsekonomin gynnas mest av en maximal standardisering. En obegränsad variantrikedom skall kunna åstadkommas med ett så begränsat antal ingående detaljer som möjligt. Lösningen på problemet ligger framför allt i konstruktionsavdelningens förmåga att utveckla produkter som sätts samman enligt bygglådeprincipen, där varje byggklots är en standardiserad detalj och där en variantrikedom skapas genom att klotsarna kombineras på olika sätt. Dessa standardiserade detaljer – så få som möjligt – hålls alltid i lager och slutmontering sker först när en beställning erhållits. Principen bygger därmed på att varan ges sin slutliga identitet i ett så sent skede av tillverkningsfasen som möjligt.

Nu finns det få företag där samtliga manifestationer av den datorbaserade tekniken finns tillämpade. De system som stimulerar fortsatt standardisering – NC, robotar och andra maskinvaruintensiva system – är de som hittills nått störst spridning. Sådana system som stimulerar en differentiering – CAD, CAM och MPS – är svåra och kostsamma att införa och har hittills därför nått en mycket begränsad tillämpning. En summering ger därför för handen att hittills dominerar standardiseringstendensen.

14.5 Industristruktur

14.5.1 *Inledning*

På kort sikt får en isolerad (dvs som inte åtföljs av väsentliga förändringar i produktutförande, efterfrågesituation etc) förändring i ett företags produktionsteknik förhållandevis små effekter på företagets struktur. Orsak därtill är att effektivt ianspråktagande av ny teknik och ny utrustning är en lång och ofta mödosam process, som sällan ger snabba genomslag i form av kraftigt förändrade konkurrensvillkor. Som ett exempel kan tas de i kapitel 22 relaterade fallen över rationaliseringspotentialen med hjälp av datorbaserad teknik inom den amerikanska jordbruksmaskinindustrin respektive radio- och TV-industrin. Trots avsevärda förändringar i de direkt berörda kostnadsposterna, blev förändringen i den totala produktionskostnaden mycket måttlig. *På kort sikt* "märks" därför knappast inte de gjorda teknikförändringarna.

På lång sikt antar emellertid summan av de successiva förändringarna betydande proportioner, vilket kan medföra drastiska effekter. Effekterna drabbar dock inte de företag som genomfört den fortlöpande teknikförändringen utan de företag som *inte* gjort det. De företag som i jämförelse med

konkurrenterna har föråldrad produktionsapparat löper hela tiden risk att slås ut från marknaden, såvida de inte har andra konkurrensfördelar. Här kan effekterna bli både drastiska och omedelbara, inte minst för sysselsättningen.

14.5.2 *Branschstruktur*

14.5.2.1 Storleksstruktur

Utifrån diskussionen i kapitel 12 med innebörden att den producerade varan och dess marknadskaraktäristika är bestämmande för valet av tillverkningsteknik och -utrustning, kan vi dra slutsatsen att företagsstorleken i sig saknar betydelse för vilken produktionsteknik som är att föredra för det enskilda företaget. Storföretag är vanligen indelade i produktdivisioner och avdelningar, inte sällan geografiskt utspridda. Från tillverkningssynpunkt råder i regel ingen större skillnad mellan en sådan storföretagsenhet och ett fristående mindre företag. Ofta är mindre företag också konkurrenter till delar av större företags produktprogram.

Frågan om den datorstyrda tillverkningsutrustningen har effekter på storleksstrukturen inom branschen blir därmed avhängig frågan om de mindre företagen uppvisar något handikapp visavi de större när det gäller att tillägna sig ny teknik och nya maskiner. Förekomsten av sådant handikapp skulle i så fall försämra konkurrensförmågan och på sikt allvarligt hota de mindre företagens överlevnad.

Det är inte svårt att identifiera olika hämmande faktorer på de mindre företagens produktionstekniska utveckling. Den s k Småföretagspropositionen[1] tar upp flera sådana konkurrensnackdelar för de mindre företagen. Bl a framgår att huvuddelen av småindustrin upplever en brist på information i tekniska frågor, något som dels beror på bristande personella resurser för informationssökning, dels på informationsutbudets ofta komplicerade karaktär. Vidare saknas småföretagen i stor utsträckning kvalificerad teknisk personal, inte minst beroende på att dessa företag inte fullt ut kan utnyttja heltidsanställda specialister. Små företag har ofta sämre möjligheter än stora företag att ta i anspråk högskoleutbildad och annan kvalificerad arbetskraft. Möjligheten att anlita externa experter/konsulter för att kompensera bristen på interna personella resurser möter ofta svårigheter särskilt på mindre orter.

En annan för småföretagen kritisk faktor är finansieringen av investeringar. Många småföretag är till följd av en otillfredsställande förmåga att generera eget kapital i stor utsträckning hänvisade till extern upplåning. Ofta uppstår därvid svårigheter att prestera tillräckliga och fullgoda säkerheter. Detta förhållande sammanhänger främst med företagets starka bindning till ett fåtal personers ekonomi och dessas begränsade möjligheter att satsa eget kapital i företaget.

En i det här sammanhanget för småföretagen väsentlig nackdel är kravet på en viss produktionsvolym för att kunna investera i datorstyrda maskiner. Som tumregel gäller att sådan utrustning måste arbeta i minst tvåskift för att förränta sig. Dessutom är det förhållandet att en NC-maskins kapacitet per tidsenhet normalt är tre gånger kapaciteten för en konventionell maskin en

[1] "De mindre och medelstora företagen. Åtgärder för att främja de mindre och medelstora företagens utveckling." Prop 1977/78:40.

allvarlig restriktion för många småföretag med begränsad produktionsvolym. Många småföretag försöker lösa problemet genom att själva införskaffa sådan utrustning på vilken den kan uppnå högsta beläggningstid och försöker sedan klara resterande beläggning genom legouppdrag. På motsvarande sätt lämnar man själv till lego sådan bearbetning som inte motiverar egna maskininvesteringar. Även om sådant samarbete mellan olika småföretag kan fås att fungera smidigt torde det ändå inte uppväga fördelen att ha hela bearbetningskapaciteten inom väggarna.

Slutsatsen blir därmed att det existerar ett antal odelbarheter vid produktion med hjälp av datorstyrd utrustning som ger skalfördelar. Detta kan ge konkurrensnackdel för de mindre företagen.

Ett annat sätt på vilket branschstrukturen kan förändras är genom nyetablering. Det har visat sig såväl i Sverige som utomlands att elektroniken givit upphov till en våg av nyföretagande. Dels har nya företag uppstått för att exploatera nya produkter med elektronikinnehåll, dels har uppstått ett stort behov av konsult- och servicebyråtjänster vilket i betydande utsträckning stimulerat till nyföretagande.

I fråga om området produktionsteknik kan däremot inte några effekter på branschstrukturen till följd av nyetablering förväntas. De datorstyrda maskinerna skapar dock i likhet med ABD-systemen ett programvarubehov som resulterat i uppkomsten av ett antal konsult- och servicebyråföretag.

14.5.2.2 Underleverantörerna

Betydande effekter kommer sannolikt uppstå på underleveransströmmarna. Beroende på specifika faktorer hos såväl kundföretag som underleverantörsföretag kan utvecklingstendensen variera.

Ett exempel härpå är fallet där ett företag med konventionell teknik valt att inte bygga upp egen produktionskapacitet som täcker hela konjunkturcykeln. Man klarar efterfrågan vid svaga och "normala" konjunkturer, men måste vid toppbelastning köpa ytterligare produktionskapacitet hos underleverantörer. Då ett av de utmärkande dragen med exempelvis NC-maskinerna är att man inom ramen för befintliga maskiner och personal kraftigt kan öka produktionsvolymen, kan man tillfredsställa en tillfällig efterfrågetopp med egen kapacitet. Behovet av underleveranser och legouppdrag bortfaller därmed.

Man kan också tänka sig fall av motsatt slag, nämligen då den nya tekniken tenderar att öka antalet underleverantörsuppdrag. De datorstyrda maskinerna, och då speciellt NC-maskinerna, medför en ökad tendens till specialisering på visst slag av bearbetning bland de olika företagen. Förhållandet är inte svårt att inse om man bär i minnet att användandet av datorstyrd utrusning är förknippat med odelbarheter av olika slag, vilket resulterar i stordriftsfördelar och specialisering. Det blir därför ofta ekonomiskt motiverat för ett företag att koncentrera sina maskininvesteringar till de moment eller produkter som svarar för den övervägande delen av verksamheten och överlåta resten till underleverantörer och legotillverkare.

14.5.2.3 Delbranscher i farozonen

Verkstadsindustrins utveckling efter andra världskriget utmärks av en kontinuerlig strukturomvandling. Omvandlingsprocessen har också gått snabbare än inom andra grenar av tillverkningsindustrin. Strukturomvandlingsprocessen har emellertid träffat olika delbranscher vid olika tidpunkter. Under 50- och 60-talen berördes i första hand elektro- och transportmedelsindustrierna, medan maskin- och metallvaruindustrierna varit särskilt utsatta under 70-talet.

För vissa delbranscher har omvandlingsprocessen fått ett häftigt och därmed också smärtsamt förlopp.

I slutet av 60-talet och början av 70-talet drabbades *hushållsmetallvarutillverkarna,* med regional koncentration till Eskilstunaområdet, för en drastisk omvandling med åtskilliga företagsnedläggelser som följd. Orsaken kan kortfattat beskrivas som stagnerande efterfrågeutveckling i kombination med en kraftigt stigande importkonkurrens.

Från mitten av 70-talet och framåt har *den tunga verkstadsindustrin, varvsindustrin* inberäknat, varit krisdrabbad med ägareförändringar och kraftiga personalnedskärningar som följd. Faktorer med avgörande betydelse för varvskrisen har dels varit beroendet av den extremt fluktuerande internationella fraktmarknaden, dels stark specialisering på tankertillverkning där man hastigt konkurrerades ut. Vidare drabbades flera storvarv av enorma valutaförluster till följd av den instabila internationella valutamarknaden som följde på Bretton-Woodssystemets fall. Det förtjänar i sammanhanget att framhållas att de svenska varven anses ligga vid frontlinjen i fråga om tekniskt avancerade metoder för konstruktion och tillverkning.

Omvandlingsprocessen för *den övriga tunga verkstadsindustrin* har inte varit mindre omfattande, även om denna inte uppmärksammats i lika hög grad som varven. En gemensam faktor för de tyngre verkstäderna – många av dem "gamla fina" verkstäder – har varit deras inriktning på underleveranser till dels varvsindustrin, dels elkraftindustrin.

Under 70-talets senare hälft upphörde samtidigt, men av olika skäl, dessa två marknader praktiskt taget att existera. Varvsbeställningarna upphörde av skäl som nyss angivits, och beställningarna från kraftindustrin låg nere till följd av det politiska dödläget i energifrågan.

En tredje företagsgrupp som genomgår en drastisk stukturomvandling är de företag som framställt produkter "med stort informationsinnehåll", exempelvis räknemaskiner, kassaregister och telefonväxlar. Här har elektroniken revolutionerat såväl produkter som produktionsprocesser.

I de ovan nämnda exemplen över de mest drastiska strukturförändringarna inom verkstadsindustrin under 70-talet, finner man endast i den sistnämnda gruppen att förändrad produktionsteknik spelat en väsentlig roll. Då är väl att märka att *det varit den radikalt förändrade produkten* som utgjort den primära orsaken till den förändrade produktionsprocessen.

Om trots detta, försök ändå skulle göras att peka ut någon eller några branscher där väsentliga strukturförändringar är att vänta, och där förändrad produktionsteknik kan vara en *bidragande faktor,* är det naturligt att utifrån strukturdata i kapitel 2 välja ut de branscher som i förhållande till andra branscher uppvisar "dåliga" värden. Metoden är kanske inte så korrekt;

elektroindustrin konkurrerar ju inte med varvsindustrin utan med utländsk elektroindustri. Förhoppningsvis kan dock de branschvisa jämförelserna ge vissa indikationer på rationaliseringspotential.

- Vi har tidigare konstaterat att tekniskspridningen som regel går i långsammare takt inom småföretag än inom stora. Metallvaru- och maskinindustrierna är mest småföretagsdominerande.
- Metallvaruindustrin uppvisar en mycket låg andel teknisk personal.
- Arbetsproduktiviteten ligger lägst i metallvaru- och maskinindustrierna.
- Metallvaru- och maskinindustrierna uppvisar de högsta andelarna av det arbetande kapitalet bundet i varulager.
- Maskinindustrin har mycket dålig lönsamhet.

I konsekvens härmed är det också metallvaru- och maskinindustrierna som under 70-talet uppvisat den största fusionsaktiviteten. Speciellt stor omfattning uppvisar fusionerna inom maskinindustrin, varför det ligger nära till hands att anta ett nära samband mellan lönsamhetssituation och styrkan i strukturomvandlingsprocessen.

Maskinindustrins ogynnsamma utveckling är bekymmersam från flera synpunkter. Dels svarar branschen för 30 % av verkstadsindustrins sysselsättning och 12 % av hela industrins sysselsättning. Dels har maskinindustrin utpekats som en av den svenska industrins framtidsbranscher, vars tänkta expansion skulle kunna kompensera tillbakagången inom andra branscher.

Även tekniska skäl talar för att utvecklingen inom maskinindustrin bör uppmärksammas. Den datorbaserade tekniken erbjuder framför allt nya möjligheter till automatisering inom tillverkning i mindre och medelstora partistorlekar. Dessa serielängder återfinns främst vid investeringsvarutillverkning, vilken utgör 70 % av maskinindustrins produktionsvolym.

14.5.3 *Regional struktur*

I överensstämmelse med vad som kommit fram av analysen i kapitlets föregående avsnitt, är det vare sig möjligt eller meningsfullt att isolerat betrakta produktionsteknikens regionala effekter. Förändrad produktionsteknik är inte desto mindre en av flera faktorer som *påskyndar* en strukturomvandling varför den regionala aspekten ändå bör beröras. Resonemanget ansluter till den diskussion av verkstadsindustrins lönsamhet som redovisats i avsnitt 2.8.

I tabellen som är hämtad ur avsnitt 2.8 kan utläsas att den nedläggningshotade delen av verkstadsindustrin i första hand återfinns i i öst- och mellansvenska regionerna. Mellansverige som svarar för 16 % av landets verkstadsindustri, rymmer 26 % av branschens nedläggningshotade företag. Negativ tendens om än inte lika stark uppvisar Östsverige.

Av delbranscherna är som redan nämnts maskinindustrin den mest utsatta. 37 % av antalet i maskinindustrin sysselsätta återfinns i nedläggningshotade företag.[1] Därefter följer elektroindustrin, vars motsvarande andel uppgår till 28 %. För bägge delbranscher är koncentrationen av nedläggningshotade företag störst i Öst- och Mellansverige.

[1] I SIND:s höstrapport 1980 uppmärksammas maskinindustrin i en särskild analys (SIND 1980:12).

Tabell 14.1 Procentuell fördelning över landsdelar och delbranscher av antalet sysselsatta i arbetsställen med minimal (bruttovinstandel <10 %) lönsamhet. Genomsnitt för perioden 1969–1977

Landsdel	Metallvaruindustri	Maskinindustri	Elektroindustri	Transportmedelsindustri (exkl varv)	Summa landsdel	Landsdelens andel av hela verkstadsindustrin
Östsverige	6	10	13	3	32	28
Sydöstsverige	3	3	1	1	8	14
Sydsverige	2	6	0	1	9	9
Västsverige	4	7	1	7	19	24
Mellansverige	4	8	12	2	26	16
Norra Sverige	1	3	1	1	6	9
Summa delbransch	20	37	28	15	100	100

Källa: SIND 1980:2.

I tabell 14.2 redovisas andelen nedläggningshotade maskinindustri i tio län.

Strukturomvandlingens effekter är denna gång inte i första hand ett glesbyggdsproblem. Merparten av nedläggningshotade verkstäder återfinns i storstadslänen. Därav följer inte nödvändigtvis att de regionala konsekvenserna av företagsnedläggelser speglas särskilt väl av listordningen i tabell 14.2. För att erhålla en mera fullständig bild behöver uppgifterna i tabellen kompletteras med data över efterfrågan på arbetskraft.

Tabell 14.2 Sysselsättningen i maskinindustrin med minimal (bruttovinstandel < 10 %) lönsamhet i tio län. Genomsnitt för perioden 1975–1977

Län	Antal Sysselsatta	Andel i procent av länets totala maskinindustri
Stockholm	6 000	38
Göteborgs o Bohus	5 700	61
Örebro	5 200	51
Malmöhus	3 000	30
Gävleborg	2 100	49
Blekinge	1 900	73
Östergötland	1 900	17
Södermanland	1 700	21
Skaraborg	1 400	29
Kristianstad	1 300	39
Summa	30 200	–
Hela landet	38 700	31

Källa: SIND 1980:2.

15 Effekter på sysselsättning och arbetets organisation

15.1 Inledning

15.1.1 *Motiv*

Datatekniken kommer att medföra väsentligt förändrade produktions- och arbetsförhållanden. Samtidigt påverkas det svenska näringslivets internationella konkurrenskraft starkt av i vilken takt den nya tekniken införs i Sverige jämfört med våra konkurrentländer.

Utvecklingen kommer att medföra förändringar inom såväl arbetsliv som näringslivsstruktur, vilket kan leda till strukturell arbetslöshet och utarmade arbetsförhållanden. Därför ställer utvecklingen också krav på att samhället och näringslivet i tid vidtar åtgärder som begränsar sådana oönskade effekter.

I den mån som erforderliga åtgärder vidtas och industrins konkurrenskraft befästs och förstärks, ger oss den nya tekniken möjligheter att med bibehållen sysselsättning göra produktionsapparaten effektivare och arbetet mer innehållsrikt.

Data- och elektronikkommittén (DEK) har till uppgift att kartlägga möjligheter och ge förslag till åtgärder för att näringsliv och samhälle skall kunna utnyttja de förutsättningar som nu ges till att effektivisera produktionen. Den av arbetsmarknadsdepartementet tillsatta *dataeffektutredningen* har till uppgift att dels arbeta fram förslag hur datatekniken bäst skall kunna tillämpas för att berika arbetslivet, dels föreslå åtgärder på utbildningsområdet.

Denna uppdelning av analysen på olika effektområden kan i praktiken vara svår att tillämpa konsekvent. I vårt fall är det t ex vanskligt att analysera teknikens effekter på produktivitet och industristruktur utan att samtidigt beröra faktorer med direkt anknytning till arbetslivet. Så mycket klarare framstår detta som vi under utredningsarbetets gång funnit att arbetsorganisation och de anställdas yrkeskunskaper med den tekniska utvecklingen får en allt mer strategisk betydelse.

I föreliggande kapitel redovisar vi de problem som kan uppkomma i samband med att datorstöd används och pekar på att dessa måste undanröjas för att datoriseringens positiva sidor skall kunna utnyttjas.

15.1.2 *Disposition*

Kapitlet har disponerats i tre huvudavsnitt där följande samband gås igenom:

- teknikens inflytande över produktionsprocessens organisation,
- teknikens inflytande över sysselsättningen,
- de anställdas inflytande över valet av teknik och arbetsorganisation.

Med hänsyn till arbetsfördelningen mellan DEK och dataeffektutredningen har ambitionerna begränsats till att försöka peka ut de huvudsakliga utvecklingstendenserna.

I avsnitt 15.2 behandlas teknikens inflytande på produktionsprocessens organisation och dess följdverkningar. Därvid diskuteras effekter med avseende på yrkeskunnande, fysisk arbetsmiljö, andra arbetsmiljöaspekter, arbetstid, arbetsprocessens styrning, medbestämmande samt löneformer.

De effekter som diskuteras är alla hänförliga till *mikronivån,* dvs på *arbetsplatsen, avdelningen eller företaget.*

Teknikens inflytande på sysselsättningen behandlas i avsnitt 15.3. För att kunna bedöma denna behöver vi kunskap om hur arbetsmarknaden och dess funktionssätt påverkas av den tekniska utvecklingen, vilket inledningsvis gås igenom. Effekter på arbetsstruktur och arbetslöshet diskuteras. Ett avsnitt ägnas också tillgången till yrkesarbetare. Genomgången är här att hänföra till *makronivå,* dvs den avser *industribranschen, näringslivet eller samhället* i dess helhet.

I avsnitt 15.4 behandlas slutligen betydelsen av de anställdas medbestämmande för valet av viss teknik och organisationsform. Först redovisas de hittillsvarande erfarenheterna och därefter diskuteras motiven för ett reellt inflytande för de anställda.

15.2 Teknik och organisation

15.2.1 *Specialisering*

15.2.1.1 Motiv och förutsättningar

Ett utmärkande drag i det moderna samhället jämfört med tidigare samhällsformer är den långtgående uppdelningen av samhällsfunktioner och yrken. Även om arbetsdelningen som rationaliseringsprincip brukar förknippas med namnet Taylor, vilken under 1800-talets senare del stod fadder för arbetsdelningen i dess mest systematiska form, är företeelsen av äldre datum.

Nationalekonomen Johan Westerman skrev redan 1768 efter studieresor i bl a England, att även "svenske bönder, då de rätteligen blifver anförde och använda" skulle kunna åstadkomma en större tillverkning. Detta kunde ske efter ett noggrant studium som i England uti "varjehanda genvägar vid arbetets utövning, samt en vigare arbetsfördelning, hvarigenom en arbetare ej blandar sig i fler än ett göromål".[1]

Grovt sett kan man säga att det bakom arbetsdelningen ligger ekonomiska överväganden att utnyttja en anställds arbetskraft så effektivt som möjligt.

[1] Westerman, J: Om svenska näringarnes undervigt emot de utländske förmedelst en trögare arbetsdrift. Stockholm 1768.

Häri ligger att den anställde måste ha den kompetens som krävs för att utföra den avsedda uppgiften. Å andra sidan är det dålig ekonomi att hålla sig med överkvalificerade arbetskraft om man som arbetsgivare då måste betala för mer än vad som kan utnyttjas. I en undersökning framgår dessutom att personer med ringa eller ingen specialutbildning är mer produktiva på rutinarbeten än personer med relativt god eller mycket god specialutbildning.[1] Med en extremt långt gången arbetsdelning à la "Moderna tider", går det att minimera kostnaden för yrkeskunskaper.

Ett villkor för specialisering är att verksamheten är av volymmässigt tillräcklig omfattning. Ekonomin kräver ju att varje "specialist" är fullt sysselsatt. Genom den växelverkan mellan marknadstillväxt, effektiviserade produktionsmetoder och företagskoncentration, som kännetecknat det moderna industrisamhällets utveckling, har de skalmässiga förutsättningarna för arbetsdelning successivt uppfyllts.

15.2.1.2 Specialiseringens risker

Det finns emellertid ett antal risker förknippade med specialisering. Vissa av dessa går *direkt* att fånga upp i företagens interna kalkylering, medan andra som primärt inte är av ekonomisk natur, först *indirekt och på längre sikt* avspeglas i företagens redovisning i form av ökade kostnader.

Vissa direkta ekonomiska risker är förknippade med långtgående arbetsdelning. Som alla högt specialiserade system, medför arbetsdelningen minskad flexibilitet och känslighet för störningar. Drivs specialiseringen av yrkeskunnandet alltför långt uppstår svårigheter att anpassa verksamheten efter marknadens efterfrågan, såväl på kort som lång sikt.

På kort sikt blir den av specialiseringen nödvändiga byråkratin ett problem. Speciella befattningar för kontroll och kommunikation behöver tillskapas. I sig enkla fel vållar onödigt långa avbrott i driften då olika befattningshavare måste medverka. Tillfälliga personalförstärkningar på vissa arbetsmoment går inte att genomföra då nödvändig "överlappning" av yrkeskunnandet saknas.

På lång sikt kan en till följd av arbetsdelning alltför dåligt utbildad arbetskraft medföra allvarliga konsekvenser. För snäv kompetens hos de anställda hämmar de viktiga vardagsrationaliseringarna. En svag yrkesmässig kunskapsbas är vidare en dålig utgångspunkt för framtida förändringar i produktionens inriktning som kan komma att kräva utvidgat yrkeskunnande hos de anställda.

I en studie av elektronikens effekter på arbetets karaktär betonar den danske forskaren Bjørn-Andersen den kontinuerliga förändringens betydelse. Människorna kommer under den yrkesverksamma delen av sina liv att återkommande se sina arbetsuppgifter förändras. Därför måste (yrkes-) utbildningen med nödvändighet få karaktären av en livslång fortbildning.[2]

Specialiseringens utarmande inverkan på arbetet och de konsekvenser som följer därav är ett av arbetslivets viktigaste problem. Primärt drabbas den anställde, men genom dennes reaktioner på sin otillfredsställande arbetssituation, medför detta även ökade företags- och samhällsekonomiska kostnader. För företaget märks detta på kort sikt i form av låg produktivitet, frånvaro och hög personalomsättning och på längre sikt i svårigheter att

[1] Braverman, H.: Arbete och monopolkapital, Raben & Sjögren, Stockholm 1977.

[2] Bjørn-Andersen, N.: The Impact of Electronic Digital Technology on Traditional Job Profiles. Handelshögskolan i Köpenhamn (1979).

rekrytera personal. På en arbetsmarknad präglad av viss valfrihet tenderar därför industrin – trots ett relativt högt löneläge – att i sin personalrekrytering dra det kortare strået visavi andra näringsgrenar resp den offentliga sektorn. För Sverige som industrination är detta på sikt ett utomordentligt allvarligt problem, något som uppmärksammats från såväl industrins som samhällets sida.[1] Problemet har föranlett såväl industrin att söka nya organisationsformer som samhället att lagstifta på arbetslivsområdet.

Det är i sammanhanget värt att notera att den svenska situationen inte är unik, utan att dessa problem delas av de övriga avancerade industriländerna. Inriktningen på de åtgärder som vidtagits för att komma till rätta med problemen uppvisar också internationell överensstämmelse.

15.2.1.3 Direkt och indirekt arbete

Arbetet i tillverkningsprocessen består av en mängd olika deluppgifter. En del av dessa uppgifter kräver mer eller mindre ständig närvaro vid maskinerna för t ex inmatning av arbetsstycken, bearbetning, övervakning, utmatning och kvalitetskontroll. Andra uppgifter infaller mer eller mindre sporadiskt, t ex ställning och reparationer.

På många arbetsplatser har arbetsdelning medfört att den löpande maskinbetjäningen utförs av en operatör medan de mera sporadiska uppgifterna utförs av ställare, reparatörer och elektriker. Operatören kan sägas tillhöra den direkta arbetskraften medan de andra därmed räknas till den indirekta arbetskraften.

Mekaniseringen av tillverkningsprocessen har medfört att maskinerna svarar för allt större delar av det direkt fysiska arbetet och operatören får allt mindre att göra. Då maskinerna samtidigt hela tiden ökar i komplexitet, och därmed blir mera störningskänsliga, får reparatörer, programmerare m fl ökad betydelse.

Dataeffektutredningen[1] konstaterar att yrkesgrupperna maskinreparatörer och instruktörer/ställare haft den starkaste procentuella ökningen av antal arbetade timmar bland verkstadsindustrins arbetare under sjuttiotalet, där annars flertalet befattningar vidkänts en minskning.

Ur ASEA-studien, se bilaga 1, går att utläsa fördelningen mellan direkt och indirekt arbetskraft vid de studerade avdelningarna mellan åren 1974-79. En svag ökning av andelen indirekt arbetskraft kan noteras, men materialet medger inga definitiva slutsatser.

15.2.2 *Bestämningsfaktorer vid organisationsutformning*

Vi har nyss kunnat konstatera att den tekniska utvecklingen i viss utsträckning påverkar arbetsorganisationen, i och med att relationen mellan direkt och indirekt arbete förändras. Däremot råder det inte något enkelt förhållande i den meningen att en viss maskinell utrustning nödvändiggör en specifik organisation. Vi kunde t ex i kapitel 14 konstatera att företag genomfört kraftiga organisationsförändringar inom ramen för befintliga maskinparker.

Däremot ger vissa organisationsformer med en given maskinutrustning högre produktivitet än andra. Vi såg också i kapitel 12 hur varuslag och

[1] Se vidare bilaga 3, "Rationaliseringssträvanden i industrin. En bakgrund."

[1] Industrins datorisering – effekter på sysselsättning och arbetsmiljö" SOU 1981:17.

marknadsförhållanden har samband med valet av tillverkningsutrustning. Teoretiskt kan vi också tänka oss att det för en given vara (och givna faktorpriser) går att finna det från produktivitetssynpunkt optimala sättet att organisera maskiner och arbetskraft, dvs då det inte går att genom omorganisation ytterligare höja produktiviteten.

I praktiken stöter vi på ett stort antal organisatoriska lösningar, även där den maskinella utrustningen i sig inte varierar särskilt mycket. Till en del beror detta på att det rör sig om *tillverkning av olika varor med olika marknadsförhållanden.* Till en annan del avspeglas även *skillnader i effektivitet mellan olika tillverkare.* Till en del återspeglas *olikheter i bedömningen av kostnads-/intäktsbilden.*

I avsnittet om specialiseringens risker (15.2.1.2) noteras att flera slag av kostnader – särskilt de som uppträder på sikt – sällan avspeglas i företagens investeringskalkyler. Motsvarande resonemang är tillämpligt även beträffande intäkterna. Genom att välja en viss organisationsform sätter man t ex gränser för vilken grad av marknadsanpassning som är möjlig, något som direkt påverkar framtida intäkter. *Den valda organisationsformen blir därför också beroende av produktionsledningens "filosofi", dvs produktionsledningens (medvetna eller omedvetna) bedömning av den långsiktiga kostnads-/intäktsbilden.*

15.2.3 *Effekter på arbetslivet*

15.2.3.1 Inledning

Vår redovisning av datateknikens och elektronikens effekter på arbetslivet baseras på ett väsentligt tunnare underlag än vad gäller de tekniskt/ekonomiska aspekterna. Något mer systematiskt arbete – liknande det som redovisas i kapitlen 3–12 och 19–22 – har inte utförts. Inte desto mindre anser vi det angeläget att redovisa de erfarenheter som gjorts. Dessa härrör främst från de fallstudier som behandlas i kapitel 14, den bilagda ASEA-studien, samt dataeffektutredningens rapport.[1]

15.2.3.2 Yrkeskunnandet

I en norsk offentlig utredning[2] konstateras att teknikens effekter på arbetets karaktär tar sig allt mer påtagliga uttryck ju längre ner i organisationen man kommer. Där återfinns i första hand de arbetsuppgifter som är möjliga att automatisera. Men även de resterande arbetsuppgifterna påverkas i hög grad av datatekniken. Bjørn-Andersen[3] visar att de datatekniska tillämpningarna också direkt styr en ökande del av de manuella arbetsuppgifterna som blir allt mer "strukturerade, programmerade och formaliserade". Kompetensen i att använda material och metoder byggs delvis in i den elektroniska styrutrustningen. Operatörsarbetet inriktas istället mot maskinbetjäning. Genom att maskinen görs "brukarvänlig" kan operatörsarbetet förenklas.

Förhållandet styrks även av ASEA-studien:

"I dag behövs ej särskilt många utbildade svarvare och fräsare till sektorn utan vad som krävs är personer som har kunskap om pneumatik, hydraulik och i viss mån elektronik

[1] SOU 1981:17.

[2] Sysselsettning og arbeidsmiljø i 80-årene. NOU 1980:33.

[3] Bjørn-Andersen, N.: The Impact of Electronic Digital Technology on Traditional Job Profiles. Handelshögskolan i Köpenhamn (1979).

för att betjäna/övervaka/reparera industrirobotar och andra helautomatiska maskiner".

I den organisationsförändring som refereras i ASEA-studien förändras operatörernas arbetsuppgifter till att mera inriktas mot processövervakning. I de nya befattningarna fordras mindre specialistkunskap för en viss maskin, men i stället bredare men "grundare" kunskap om hela produktionsavsnitt.

De nya arbetsuppgifternas karaktär av processövervakning brukar ofta benämnas att operatören frikopplas från maskinen; han blir mindre bunden till sin arbetsplats. ASEA-studien betonar maskinövervakarens allt mer betydelsefulla roll, automatiseringen till trots. Eftersom maskinutrustningen är dyr och komplicerad är det viktigt att operatören får till stånd ett så högt utnyttjande som möjligt:

"Vikten av dennes funktion som kontrollant och bevakare, icke minst vad gäller upptäckt av "dolda" fel som i processen kan ge omfattande negativa konsekvenser, och förmåga att förutse och ingripa i tid, kan inte nog understrykas."

I tre av DEK:s fallstudier studerades verkstäder där NC-maskiner används i betydande omfattning. Erfarenheterna i fråga om krav på yrkeskunnande, inskolning m m från de tre företagen ger en samstämmig bild. Det måste därvid understrykas att vid samtliga verkstäder bedrivs tillverkning i korta eller medellånga serier.

Övergången från konventionella till numeriskt styrda verktygsmaskiner hade här inte medfört några grundläggande förändringar av kraven på yrkeskunnande. I likhet med tidigare finns en utveckling "från lärling till mäster". Företagen har sällan möjlighet att rekrytera redan utbildad verkstadspersonal, utan de nyanställda saknar i regel helt verkstadserfarenhet.

Stora skillander råder mellan krav på yrkesskicklighet för olika NC-maskiner. De okvalificerade operatörerna placeras först vid enklare NC-maskinerna, där de av ställare, instruktörer eller förmän successivt lär sig rigga, ställa och mäta. Inskolningstiden brukar uppgå till 3–4 år. Operatörerna övergår sedan successivt till mer kvalificerade NC-maskiner och arbetsuppgifter. De kvalificerade yrkesarbetarna återfinns dessutom som ställare, reparatörer och verktygsmakare. Flertalet av dessa började i verkstaden som maskinoperatörer. Vanligt är också att yrkesarbetarna blir förmän eller produktionsplanerare. Operatörer som lär sig programmera sina maskiner blir ofta maskinprogrammerare vid produktionsberedningen. Se vidare avsnitt 18.4.3, "Vidareutbildning och fortbildning".

Kraven på teoretiska förkunskaper har ökat. Tidigare placerades den nyanställde direkt vid en maskin och lärdes upp av den operatör som tidigare stod där. Samtliga tre företag anordnar numera introduktionskurser för nyanställda operatörer. Kurstiderna varierar från 1–2 veckor upp till 6 veckor. Kurserna omfattar främst ritning, mätteknik, materiallära och ställning.

Även i ASEA-studien betonas att kravet på tekniskt kunnande har ökat. För nyanställda inom den studerade avdelningen anordnas en tvåmånaders introduktionsutbildning.

Sammanfattningsvis kan vi därför konstatera att datatekniken påverkar

arbetsuppgifternas innehåll och därmed också kravet på yrkeskunskaper. Redovisningen medger dock inte entydiga slutsatser om inriktningen av de förändrade kraven på yrkeskunskaper. Utfallet varierar såväl mellan yrkeskategorier som mellan olika arbetsplatser. *För flertalet innebär dock den tekniska utvecklingen en förändring.*

Med hänvisning till vad som redan sagts i avsnittet om specialiseringens risker (15.2.1.2) vill vi ytterligare understryka den för Sveriges framtid som industrination strategiska betydelsen av de anställdas yrkeskunskaper. Mot bakgrund av den svenska industristrukturen (internationellt sett hög andel verkstadsindustri med inriktning mot kvalificerade investeringsvaror i korta serier), får varje teknik- och organisationsförändring som syftar till eller resulterar i en urholkning av de anställdas allmänna yrkeskunnande på sikt negativa konsekvenser för industrins konkurrenskraft. De åtgärdsförslag som data- och elektronikkommittén senare kommer att lägga, kommer bl a vara inriktade mot att *höja* de anställdas yrkeskunskaper.

15.2.3.3 Fysisk arbetsmiljö

Datorstyrda maskiner har på en rad väsentliga punkter förbättrat den fysiska arbetsmiljön i verkstäderna. Dataeffektutredningen tar i sin rapport upp ett antal konkreta exempel.[1] Hantering av tunga detaljer, liksom ensidigt återkommande rörelser har kunnat eliminerats genom robotinstallationer. Likaså har man kunnat placera robotar eller annan automatik i hälsovådliga arbetsprocesser eller där olycksfallsrisken är stor.

Å andra sidan skapar den nya utrustningen nya olycksfallsrisker. Dataeffektutredningen refererar en studie av olycksfallsrisker vid arbete med industrirobotar utförd av Arbetsolycksfallsgruppen vid Tekniska Högskolan i Stockholm.[2] Där framgår att det under 1977 inträffade ett olycksfall på var 40:e robot. Flera av olycksfallen inträffade när operatören befunnit sig innanför robotens arbetsområde för feljustering eller rengöring. Arbetsolycksfallsgruppen pekade också på hur sensorutrustade robotar kan medföra nya olycksfallsrisker. Genom sensorerna kommer roboten själv att kunna korrigera sina rörelser, varvid det för människan i robotens närhet blir svårt att kunna förutsäga robotens rörelser och tänkbara fel.

Även där man genom robottekniken kunnat minimera behovet av mänsklig arbetskraft i påfrestande miljöer, bortfaller inte behovet helt. Med stigande teknisk komplexitet får reparatörerna allt mer arbete. En annan undersökning från Tekniska Högskolan i Stockholm visar att reparatörerna är mer utsatta för dålig arbetsmiljö än andra grupper.[3]

15.2.3.4 Arbetstidens förläggning

När den tekniska utvecklingen bidrar till att öka maskinernas kapacitet, får detta bl a till resultat att en given produktionsvolym kan åstadkommas med kortare maskintid. Eftersom maskinpriserna i regel stiger med den ökade kapaciteten, krävs högre grad av maskinutnyttjande för att investeringen skall vara lönsam. Lönsamhetskraven kan därmed medföra drift i flerskift för den avancerade maskinparken.

[1] SOU 1981:17

[2] Carlsson, Harmus-Ringdahl, Kjellén: Industrirobotar och arbetsolycksfall, Arbetsolycksfallsgruppen, Tekniska Högskolan, Stockholm 1979.

[3] Mårtensson, L., Automation och industriarbete, Arbets miljölaboratoriet, Tekniska Högskolan, Stockholm TRITA-AML IA 56, 1979.

I den undersökning som redovisades i kapitel 12 var samtliga NC-maskiner och industrirobotar som studerades *avsedda* för drift i minst tvåskift. I vissa fall var den *faktiska* driftstiden kortare, men berodde då på svag orderingång och dåligt kapacitetsutnyttjande av hela anläggningen.

Två faktorer är av speciell betydelse för graden av kapacitetsutnyttjande. Antingen krävs marknadsexpansion och ökade produktionsvolymer för att hålla igång anläggningarna. En annan möjlighet ligger i att låta några få maskiner, så universella (= flexibla) som möjligt, gå i kontinuerlig drift.

Som framgår i kapitel 23 är inte marknadstillväxt och maskininvesteringar alternativa, utan i högsta samvarierande. Är tillväxten i samhällsekonomin svag, faller även investeringarna, och industrins tekniska utveckling stannar därvid upp.

15.2.3.5 Andra miljöaspekter

Som tidigare nämnts är man på centralt håll inom industrin väl medveten om den långsiktiga faran i en utarmning av arbetslivet. I "Nya fabriker" ägnas ett avsnitt åt hur arbetsplatsen bör utformas så att bl a monotoni och stress kan undvikas.[1]

Rapporten vänder sig i första hand till personer i företagen som leder större nybyggnadsprojekt. I rapporten diskuteras fem lösningsprinciper vid formgivningen av den individuella arbetsplatsen. Lösningsprinciperna är:

1. Arbetscykler som ger fysisk och psykisk omväxling.
2. Att frikoppla man/maskinsystem – minskad bundenhet för individen.
3. Arbetsutvidgning genom integration av produktions- och sidouppgifter.
4. Möjligheter till personlig anpassning av arbetsplatser.
5. Sammanhang och överblick i arbete.

Dessa lösningsprinciper har nått betydande genomslagskraft så till vida att de i facktidskrifter, tekniska rapporter eller vid företagsbesök ofta anförs som delmotiv till att installera datorstyrda maskiner eller annan avancerad automation.

Våra fallstudier tyder dock inte på att mer intressanta arbetsuppgifter skulle ha tillskapats. NC-maskiner och PBB-system frikopplar operatören från maskinen (eller tvärtom), men det visar sig i de flesta fall mycket svårt att fylla operatörens väntetider med annat arbete. "Nya fabriker" understryker också nödvändigheten av att operatören får kompletterande uppgifter, något man tydligen i regel försummar ute på företagen.

I ASEA-studien ges bl a exempel på när maskinoperatören blir processövervakare, något som avskaffar korta arbetscyklar, gör dem mindre bundna till maskinerna samt skapar större sammanhang och överblick i arbetet – punkterna 1, 2 o 4 på "Nya fabrikers" lista. Sannolikt täcker den nya arbetsuppgiften även in punkten 3, "arbetsutvidgning genom integration av produktions- och sidouppgifter". Inte desto mindre konstaterar rapporten att

"arbetsmotivationen hos maskinskötarna inte blivit den önskade".

[1] Åberg, U, m fl: Nya fabriker. Den individuella arbetsplatsen och arbetsrollen - den nya formgivningen. SAF:s tekniska avdelning, Stockholm 1977.

En annan arbetsmiljöaspekt som uppmärksammats i samband med övergång till ny teknik och nya organisationsformer är arbetets sociala dimension. När organisationen förändras, påverkas även de löpande kontakterna under arbetets gång mellan de arbetande, vilket kan inverka på trivseln i arbetet. Betydelsen av sådana kontakter visar tendens att variera mellan olika slag av arbete. Den norska utredningen[1] konstaterar att

"för många slag av rutinarbete med låga krav på yrkeskunskaper finner man också att kontakt med kollegor uppges som en av de viktigaste källorna till trivsel i arbetet."

För verkstadsarbetet går det inte att urskilja någon entydig tendens ifråga om ökade eller minskade möjligheter till kontakter till följd av datorstyrd utrustning och datorstödda metoder. Vi har nyss konstaterat att maskinoperatörernas bundenhet till maskinerna minskat, något som ger ökad möjlighet till kontakt med arbetskamraterna. Dataeffektutredningen skriver också att nya former av lag- eller grupparbeten kan uppstå utifrån ett behov att samla olika kompetenser för att produktionen skall flyta jämnare. Dataeffektutredningen noterar därvid att yrkeskunskaperna hos deltagarna i gruppen här vid kan vidgas på ett positivt sätt liksom arbetsinnehållet.

Å andra sidan finns en generell tendens till utglesning på arbetsplatserna när allt mer automatiserade tillverkningsmetoder tas i anspråk och det direkta arbetet minskar i omfattning. Starkt formaliserade planeringssystem som MPS kan reducera behovet av kontakter. Den typ av ensamarbete i kontrollrum som blir allt vanligare inom processindustrin verkar inte ha någon direkt motsvarighet inom verkstadsindustrin. Däremot är det sannolikt att liknande effekter kan uppstå av det ökade skiftarbetet för vissa kategorier arbetare, i första hand maskinoperatörerna.

En annan aspekt som tas upp av dataeffektutredningen är de nackdelar ensamarbetet kan föra med sig på den fackliga verksamheten. Minskade kontakter mellan de arbetande hämmar kollektivkänslan, solidariteten och sammanhållningen på arbetsplatsen, något som allvarligt reducerar fackföreningarnas möjligheter att fungera.

15.2.3.6 Styrning av arbetsprocessen

Kravet på ett snabbt materialflöde har resulterat i att material- och produktionsplaneringssystem (MPS-system, se kapitel 4) utvecklats. Dessa kan uppvisa varierande grad av samordning av olika funktioner i förädlingsprocessen. Systemen behöver inte vara datorstödda men utvecklingen går dock i riktning mot att fler funktioner i MPS-systemen görs datorbaserade.

För att hålla ett jämnt flöde av produkter i arbete och en låg nivå på buffertlagren, krävs en effektiv koordinering av samtliga produktionsfaktorer, den mänskliga arbetskraften inberäknad. Här närmar vi oss också frågan huruvida de datatekniska tilllämpningarna bidragit till centralisering eller decentralicering av beslutsfattandet i organisationen. På den här punkten har vi inget eget beskrivande material och kan därför inte uttala oss om hur verkligheten ser ut i företagen. Dessutom är det besvärligt att föra diskussionen i termer av centralisering respektive decentralisering; begrep-

[1] NOU 1980:33

pen är dels starkt värdeladdade, och är dessutom ofta torftiga sammanfattningar på hur beslutsfunktionerna i ett företag är fördelade.

Beslutsfattandets fördelning är av central betydelse för arbetets karaktär och innehåll. Vi kan här endast peka på det allmänna sambandet att en förändring av teknik och arbetsorganisation också förändrar beslutsfunktionerna och beslutsområdena. Däremot kan vi inte säga någonting definitivt om förändringens natur. Dataeffektutredningen pekar på en förskjutning av beslutsfattandet uppåt i hierarkin. Bjørn-Andersen beskriver hur de mänskliga arbetsuppgifterna ges allt skarpare avgränsningar i datorbaserade system. Den på så sätt ökade formaliseringen är dock förenlig med en förskjutning av vissa typer (löpande) beslut nedåt i hierarkin.

En närbesläktad fråga är vidare på vilket sätt datatekniken påverkar organisationens flexibilitet.

Stora, komplexa datorstödda system tenderar att konservera den befintliga organisationen. Löpande rutiner är formaliserade och jämfört med traditionella "manuella" system, kan det var betydligt svårare att gå in och göra delförändringar i ett datorbaserat system. Den finns både ekonomiska och psykologiska skäl för att undvika ingrepp i ett system som man efter mycket möda fått att fungera. Den härigenom vållade stelheten medför inskränkningar i möjligheterna att påverka och löpande anpassa systemet till arbetsförhållandena, något som påverkar såväl företagsledning som anställda.

För de fall där man utformar sådana MPS-system, i framtiden eventuellt integrerade med CAD/CAM-system, och dessa på ett direkt sätt tillåts styra de olika arbetsprocesserna, finns det anledningar till farhågor. Såväl verkstadsarbetare som produktionsledning kan på grund av stelheten i systemen bli systemens "fångar", där olika avigsidor kan bli mycket svåra att rätta till.

Dataeffektutredningar konstaterar dessutom att systemen innebär ökad möjligheter till exakt mätning och kontroll av den enskildes och/eller lagets/gruppens arbetsprestationer, ofta på en mycket detaljerad nivå. Från arbetstagarorganisationerna har man starkt motsatt sig detaljerad kontroll av enskilda.

15.2.3.7 Förutsättningar för medbestämmande

Många datatekniska tillämpningar har till syfte att snabbt ta fram beslutsunderlag i form av information och beräkningar. Konsekvenser av olika handlingsalternativ kan enklare och snabbare beräknas, olika uppgifter kan lättare kallas fram osv. Detta kan även bidra till att förstärka de anställdas medbestämmande.

Å andra sidan kan utformningen av en datateknisk tillämpning eller system också reducera de anställdas reella möjligheter till att utöva sitt medbestämmande. Exempel härpå är de i föregående avsnitt beskrivna systemen som genom sin oerhörda komplexitet inte inbjuder till att gå in och anpassa eller modifiera.

Ett annat fall med likartade effekter är när ett företag av kostnadsskäl eller brist på egen personal för programvaruutveckling köper färdig standardpro-

gramvara från en leverantör. I den mån detta nödvändiggör organisationsförändringar eller utgör hinder för organisationsförändringar, reduceras möjligheterna för de anställda att påverka organisationen av arbetet.

När kunskapen om en arbetsprocess byggs in i ett datasystem kan resultatet bli att operatörernas processkunskap förskjuts till utrustningsleverantörer eller till andra befattningshavare inom organisationen. De senare kan återfinnas inom andra avdelningar och tillhöra andra fackliga organisationer. En sådan kompetensförlust kan förändra förutsättningarna för att utöva inflytande på verksamhetens fortsatta inriktning.

Vår slutsats blir därför att datatekniken i sig ger möjlighet till alternativa användningssätt. Det är emellertid viktigt att understryka att en datatillämpning kan leda till olika slags låsningar – tekniskt, ekonomiskt och psykologiskt – och därför lätt kan komma att spela en konserverande roll i förhållande till existerande organisationsformer. Därigenom försvåras en förändrings- och utvecklingsprocess, vilket även får betydelse för de företagsdemokratiska strävandena.

15.2.3.8 Löneformer

För samtliga yrken och förvärvsarbeten råder ett samband mellan å ena sidan arbetsuppgifter och arbetsorganisation och å andra sidan löneform. Sambandet kan vara mer eller mindre starkt. Det är svagt för tidavlönad personal vars inkomst, åtminstone på kort sikt, endast är avhängig den anställdes närvaro i tid och rum, i överensstämmelse med arbetsgivarens anvisningar. På längre sikt blir ofta det sätt på vilket den anställde utför sina arbetsuppgifter (eller snarare arbetsgivarens bedömning av hur han utför dem) delvis bestämmande för lönens storlek i så måtto att den anställde genom befordran, lönegradsuppflyttningar eller omorganisation kan få förändrad inkomst.

Klarare är sambandet för de löneformer som på olika sätt bygger på utförd arbetsprestation. Vanligen försöker man därvid kvantifiera prestationen i termer av antal bearbetade detaljer, expedierad ordervolym uttryckt i kg, etc. Löneersättningen står sedan i viss proportion till den på så sätt kvantifierade prestationen.

Vid rakt eller rent ackord varierar hela lönen med arbetsprestationen. Raka ackord kompletteras med en tidlön – timersättning – som fungerar som minimiersättning. Vanliga är också olika former av blandackord. Ett blandackord består av en fast del och en del som varierar med prestationen.

Individuellt ackord respektive gruppackord används då arbetsresultatet – exempelvis antal tillverkade enheter – kan hänföras till en enda persons prestation respektive det gemensamma resultatet av en arbetsgrupp.

Eftersom löneformernas utseende regleras genom lokala avtal, och därmed indirekt avspeglar bl a det enskilda arbetsställets produktionsinriktning och arbetsorganisation, finns det en rik flora av löneformer. Flertalet av

dessa bygger på någon eller några av de genomgångna principerna.[1]

Det individuella ackordet är nära besläktat med idéerna om den "vetenskapliga arbetsledningen" (Taylorismen) från 1800-talets slut, med dess analys av arbetsprocessens enskilda delar. Metoden är enkel att tillämpa vid funktionellt organiserad verkstad med långt driven specialisering av arbetsuppgifterna. Metod- och tidsstudier förenklas därigenom och därmed också ackordsättningen. Genom att varorna i arbete bildar kö framför de olika bearbetningsställena garanteras ett förhållandevis störningsfritt materialflöde, varför bearbetningsvolymen direkt blir beroende av operatörens arbetstakt.

Genom förändringar i såväl tillverkningsorganisation som maskinutrustning, förändras förutsättningarna för att tillämpa det traditionella ackordet.

Det primära syftet med flödesorienterad tillverkningsorganisation är att frigöra det rörelsekapital som finns bundet i bl a mellanlager. Reduceras lagren ökar emellertid störningsrisken i materialflödet, vilket i sin tur medför ökad osäkerhet i samband med ackordsättningen. Även om den anställde under väntetiden får en avtalad fastlön innebär detta vanligen en inkomstförlust. Som exempel kan nämnas att vid ASEA ersätts de anställda under planerad väntetid med 90 % av sina respektive genomsnittsförtjänster.

Då arbetskraftens sammansättning i moderna verkstäder förskjuts mot allt större andel indirekt arbetskraft, reduceras förutsättningarna för att tillämpa det individuella ackordet. Motivet för att man på många arbetsplatser behåller detta, trots att maskinsystemet snarare än operatören bestämmer arbetstakten, är att man från företagsledningens sida ser ackordet som en stimulans till att genom maskinunderhåll och förberedelsearbete minimera störningar i driften. Många gånger har dock de mättekniska svårigheterna i samband med individuella ackord medfört en övergång till gruppackord.

En konsekvens av minskad tonvikt vid arbetskraftens specialisering till viss maskinutrustning samt minskat krav på fullt maskinutnyttjande, är önskvärdheten av att operatörerna besitter kompetens på olika maskintyper. Därigenom kan större anpassningsförmåga till variationer i efterfrågan uppnås. Här motverkas emellertid utvecklingen direkt av det individuella ackordet, eftersom detta ekonomiskt premierar färdighet genom specialisering, d v s kunskapsdjup – inte kunskapsbredd. Om den anställde inte är beredd att reducera sin lön, vilket han förmodligen sällan är, kommer därmed inte den önskade arbets-/kompetensutvidgningen till stånd.

I de genomförda fallstudierna gavs bl a exempel på hur maskinoperatörer vid hårt specialiserade – och korta repetitiva arbetscyklar – föredrog att stanna kvar vid dessa framför mera omväxlande arbetsuppgifter, t ex genom jobb-rotation, arbetsutvidgning genom att kunna programmera sin egen maskin m m. Motivet härtill var att det hårt specialiserade operatörsjobbet

[1] Enligt en av SAF utförd studie av utbredningen av olika löneformer för arbetare inom *hela industrin* år 1980, tillämpas tidlön i 47 % och någon form av prestationslön i 53 % av totala antalet arbetstimmar. Av prestationslönetimmarna är 42 % att hänföra till individuella löneformer och 58 % till grupplöneformer. Tidlöner och grupplöneformer uppvisar en stigande utbredning, medan de individuella löneformerna minskar sin andel. Motsvarande tendens går att utläsa ur Metalls löneformsundersökningar.

avlönades med ackord, och att han/hon därigenom kunde komma upp i en högre inkomst än vid mer blandade uppgifter, svåra att ackordsberäkna.

Ett annat problem utgör skillnaden i lönesättning mellan direkt och indirekt arbetskraft, där de senare ofta har fast lön. Det tycks inte vara ovanligt att en operatör med ackordslön kommer upp i en högre genomsnittsförtjänst än de som har fast lön. Då den naturliga befordringsgången för en yrkeskunnig maskinoperatör är att bli ställare, reparatör m fl indirekt arbetskraft, motverkas arbetskraftens rörlighet av lönesystemet.

Som inledningsvis påpekades varierar löneformerna kraftigt mellan olika företag, vilket bl a avspeglar skillnader i arbetsorganisation. Vissa allmänna samband är emellertid värda att understryka.

1. Det individuella ackordet är framsprunget ur en arbetssituation som karaktäriseras av långt driven arbetsuppdelning och specialisering samt direkt sammankoppling mellan maskin och operatör. Där industrin p g a såväl nya organisationsformer som avancerade maskiner fjärmar sig från den traditionella arbetssituationen, blir det individuella ackordet ett allt sämre instrument för prestationslönesystemet.

2. Under 1970-talet har flertalet fackföreningar drivit krav på fasta tidlöner. Arbetsgivarsidan har blivit alltmer kritisk mot de individuella raka ackorden, samtidigt som man dock avvisat helt fasta tidlöner. Ofta har man från arbetsgivarnas sida förordat någon typ av premielön, d v s lönesystem med en högre fast del och en mindre rörlig del, baserad på ett vidare resultatmått snarare än något enkelt mått på produktionsvolymen.[1]

Som nämnts i avsnitt 1.2.1 utgör varje teknikförändring ett potentiellt hot mot den anställdes anställningstrygghet, lön och arbetsinnehåll. Genom de s k trygghetslagarna har hotet mot anställningstryggheten lindrats. Den lönevariation som följer av prestationslönesystemet riskerar däremot att förstärkas genom förändringar i teknik och organisation. Även om den anställde får behålla arbetet efter en sådan förändring, löper han risk att byta yrkeskategori. Detta medför ibland att han/hon få se sin inkomst reducerad. Det är givet att denna företeelse, där den förekommer, inte ökar de anställdas beredvillighet att acceptera respektive aktivt medverka till att snabbt och friktionsfritt införa ny teknik.

Intressant att notera är det japanska systemet för teknikförändring och strukturomvandling.[2] Den för västerlänningen förvånande friktionslöshet som präglar dessa förändringar brukar ofta förklaras med hänvisning till orsaker av mystisk/kulturell natur. Betydelsen av kulturella skillnader bör inte underskattas, men observeras skall att den japanska arbetaren åtnjuter såväl anställnings- som lönegaranti.

Det finns därför anledning att understryka nödvändigheten av att löneformerna löpande utvecklas och anpassas i överensstämmelse med utvecklingen av teknik och arbetsorganisation.

[1] Alarik B, m fl: Tre år med MBL – Erfarenheter från företag, stat och kommun. Arbetslivscentrum. Stockholm 1980.

[2] Se Ds I 1980:7: Industri- och forskningspolitiska program inom data- och elektronikområdet. DEK.

15.3 Teknik och sysselsättning

15.3.1 *Arbetsmarknaden*

15.3.1.1 Inledning

För att kunna bedöma effekterna på sysselsättningen av ny teknik behöver vi kunskap om hur arbetsmarknaden fungerar. I det följande skall kortfattat presenteras några teoribildningar kring arbetsmarknadens funktionssätt. Merparten av underlaget har hämtats i den norska rapporten "Marked for arbeid".[1] Därefter redovisas utvecklingen av arbetskraftens rörlighet på den svenska arbetsmarknaden under sextio- och sjuttiotalen, vilket hämtats från industriverkets höstrapport 1980.[2] Slutligen diskuteras hur teknikutvecklingen påverkar arbetsmarknadens funktionssätt.

15.3.1.2 Funktionssätt

Den traditionella sysselsättningspolitiken som huvudsakligen inriktades mot att parera konjunkturvariationerna hade sitt ursprung i ekonomiska modeller av arbetsmarknadens funktionssätt. Dessa teorier avser sysselsättningens totala *omfattning* och inte dess fördelning. Arbetskraften antas vara en homogen storhet, men med individuella olikheter i fråga om produktivitet vilket förklarar löneskillnaderna. Detta synsätt ligger till grund för den keynesianska konjunkturpolitiken där den *konjunkturellt betingade arbetslösheten* elimineras genom expansiv ekonomisk politik under recessionerna. På motsvarande sätt förhindras överhettningar på arbetsmarknaden med inflationistiska lönerörelser som följd genom en stram ekonomisk politik under högkonjunkturer.

Genom en skickligt avvägd ekonomisk politik kan en stabil situation präglad av full sysselsättning och balans i ekonomin upprätthållas. Den i princip enda arbetslöshet som kan förekomma är *friktionsarbetslösheten,* d v s den tid det tar för en arbetssökande att hitta ett (nytt) arbete. Friktionsarbetslösheten, som inte förorsakas av arbetsbrist, utan av bristande information, kan reduceras genom en aktiv arbetsförmedling.

Under senare år har det emellertid blivit allt vanligare att det parallellt med obesatta lediga jobb också finns arbetslöshet, s k *strukturell arbetslöshet.* Till skillnad från fallet med friktionsarbetslösheten är det här inte fråga om ett informationsproblem. I stället bottnar arbetslösheten i mer långsiktiga förändringar i ekonomin. Här ger inte generella stimulansåtgärder önskat resultat, utan arbetslöshetsfickor kvarstår. Däremot kan i sådana fall de generella åtgärderna bidra till att driva upp lönerna för de yrkeskategorier där råder brist på.

Traditionella ekonomiska modeller ger härvidlag ingen ledning. I stället har man genom sociologiska ansatser försökt att bättre förklara arbetsmarknadens utseende och funktionssätt. Dessa modeller har gemensamt att de släpper antagandet om en homogen arbetskraft och riktar uppmärksamheten mot sysselsättningens *fördelning* snarare än dess totala omfattning. I stället betraktas arbetskraften som en heterogen storhet som utifrån kön, utbildning, regional hemvist m m, formar mer eller mindre avgränsade delmarknader, mellan vilka arbetskraftens rörlighet är begränsad.

[1] Hanisch T., m fl: Marked for arbeid. Lønnsarbeider i velferdssamfunnet. Universitetsforlaget, Oslo 1980.

[2] Statens Industriverk: Industriutvecklingen i Sverige. Höstrapport 1980. SIND 1980:12.

15.3.1.3 Interna arbetsmarknader

Yrkena på de olika delmarknaderna avviker sinsemellan genom olikheter i fråga om karriärmöjligheter, lönenivå, prestige m m. Dessutom avviker delmarknaderna även ifråga om *funktionssätt.*

För att belysa detta skall begreppet "intern arbetsmarknad" införas. Den interna arbetsmarknaden existerar inom varje administrativ enhet – t ex en fabrik eller ett kontor – där löner och tillsättningar fastställs i enlighet med ett administrativt regelsystem snarare än på grundval av en ren tillgångs-/efterfrågemekanism.

Den interna arbetsmarknaden står i förbindelse med den externa – där marknadskrafterna dominerar – genom bestämda introduktionsjobb. Övriga poster på den interna arbetsmarknaden tillsätts genom intern rekrytering eller bestämda karriärvägar. Den interna arbetsmarknaden äger främst sin tillämpning på kvalificerade yrken, medan den externa arbetsmarknaden förknippas med okvalificerade yrken.

En huvudtes i teorin om den interna arbetsmarknaden är att de kvalifikationer som krävs av arbetskraften i första hand antas företagsspecifika. De färdigheter som erfordras inhämtas därför genom intern upplärning. För en arbetssökande med yrkeskunnande från tidigare anställningar bedöms denna bara vara av intresse i den mån upplärningstiden och -kostnaderna på den nya arbetsplatsen reduceras. I stället fästs avgörande vikt vid personliga egenskaper såsom punktlighet, pålitlighet, goda arbetsvanor etc.

Den interna inskolningen syftar inte endast till att förmedla de "tekniska" färdigheter som är nödvändiga för att tillfredsställande utföra arbetsuppgifterna. Upplärningen har i lika hög grad karaktären av en socialiseringsprocess, för att den nyanställde skall fungera i det sociala system som företaget utgör.

15.3.1.4 Arbetskraftens rörlighet

I industriverkets höstrapport 1980 analyseras arbetskraftens rörlighet under sextio- och sjuttiotalen. Diskussionen förs mot bakgrund av antagandet om en minskad rörlighet och därmed fördröjning av en önskvärd strukturomvandling. I rapporten understryks det nödvändiga i att skilja mellan brutto- och nettoförändringar i sysselsättningen. Vad som för industrins strukturomvandling är väsentligt är *nettoresultatet,* av den rörlighet som sker i båda riktningarna – *bruttoförändringarna.* Vad som här skall diskuteras är helt att hänföra till kategorin bruttoförändringar, eftersom vi inte närmare känner sambandet med nettoförändringarna.

Rapporten konstaterar en svagt vikande trend beträffande antalet *arbetsgivarbyten.* För närvarande ligger frekvensen vid 9–11 % av den totala sysselsättningen. Minskningen var dock starkast på sextiotalet, och har sedan dess legat på en relativt stabil nivå, om man räknar bort konjunkturella variationer.

Även antalet *yrkesbyten* kännetecknas av en nedgång. För männen inom yrkesområdet tillverkningsarbete uppmättes antalet yrkesbytare (mätt som procent av antalet förvärvsarbetande vid periodens början) under perioden

1960–65 till 33,9 %. Motsvarande tal för perioderna 1965–70 och 1970–75 var 31,7 % respektive 29,9 %. För kvinnorna, som dock endast utgör en dryg femtedel av de industrianställda är tendensen inte lika klar. Generellt byter kvinnorna yrke mera sällan än männen.

SIND anför följande orsaker till den observerade utvecklingen.

1. Antalet nyanmälda lediga platser har sedan mitten av sextiotalet minskat i ungefär samma takt som antalet arbetsgivarbyten. Beräkningar på AMS tyder på en stark samvariation mellan antalet arbetsgivarbyten och antalet nyanmälda lediga plater.
2. De interna arbetsmarknadernas roll är svårbedömd, då man inte har några statistiska belägg för att dessa skulle ha ökat i betydelse.
3. Genom den fortlöpande strukturomvandlingen och företagskoncentrationen har antalet arbetsställen minskat med 34 % under perioden 1966–78. Effekten därav är likaledes svår att bedöma.
4. Befolkningens "vilja" eller "benägenhet" att flytta har också minskat, något som gäller framför allt den geografiska flyttningen. Viktiga bakomliggande faktorer är ökat privat bostadsägande samt kvinnornas ökade deltagande i förvärvslivet.

Emellertid är nedgången i geografisk rörlighet betydligt mindre än vad som den allmänna debatten ger intryck av. En jämförelse av den geografiska rörligheten mellan de två högkonjunkturperioderna 1964–66 respektive 1974–76 pekar mot en svag minskning med sammanlagt 5 % för hela perioden. Hela nedgången behöver dock inte vara betingad av minskad vilja att flytta, utan också de övriga nämnda orsakerna kan ha spelat in.

Något samband mellan arbetskraftens rörlighet och de politiska reformer på arbetsrättens område som infördes under sjuttiotalet kan heller inte konstateras enligt SIND:s rapport.

15.3.1.5 Teknikens roll

Teknikutvecklingen påverkar arbetsmarknaden och dess funktionssätt i flera avseenden. Då ny teknik sällan är neutral med avseende på befintliga varor och produktionsprocesser påverkas strukturomvandlingen.

Den *strukturellt* betingade arbetslösheten tenderar därför att öka i tider av snabb teknisk utveckling. Strukturomvandlingen ställer krav på såväl arbetskraftens yrkesmässiga som geografiska rörlighet. Kravet på arbetskraften att flytta kan reduceras genom ökad rörlighet hos produktionskapitalet.

Däremot finns inget direkt samband mellan den *konjunkturellt betingade arbetslösheten* och teknikutveckling. Konjunkturarbetslösheten speglar istället hur väl den faktiska produktionskapaciteten utnyttjas. Det kan visserligen hävdas att teknikutvecklingen direkt påverkar produktionskapacitetens faktiska nivå. Konjunkturvariationerna speglar dock *variationerna* i kapacitetsutnyttjande, och det råder inget samband mellan dessas storlek och produktionskapacitetens absoluta nivå.

Snarare är förhållandet det omvända, nämligen att den konjunkturella arbetslösheten tenderar att minska i omfattning på grund av den tekniska utvecklingen. Detta följer av att maskinerna svarar för en allt större del av den direkta produktionen medan människornas arbete får alltmer indirekt karaktär. Variationer i efterfrågan får därför i första hand betydelse för

graden av maskinutnyttjande, medan en allt större del av arbetsstyrkan ingår i den kategori vars arbete och närvaro är nödvändig oavsett graden av maskinutnyttjande (förutsatt att inte produktionen inte helt upphör).

Även *friktionsarbetslösheten* tenderar att minska till följd av den tekniska utvecklingen. Som vi skall se i nästa avsnitt stimuleras de interna arbetsmarknadernas betydelse av den tekniska utvecklingen. Detta tenderar till att reducera antalet arbetsgivarbyten. Den datatekniska utvecklingen kan också reducera sökprocessens längd genom effektiviserad arbetsförmedling.

15.3.2 *Arbetskraftsstrukturen*

Nyss har vi konstaterat att de interna arbetsmarknaderna i första hand är förknippade med mer kvalificerade yrken. Mycket tyder på att det främst är de "bra" jobben som nyskapas, eller får vidgat innehåll av den tekniska utvecklingen. Därav följer att de interna arbetsmarknadernas betydelse ökar med den tekniska utvecklingen. Detta bidrar i sin tur att förstärka arbetsmarknadens segmentering och minska arbetskraftens rörlighet mellan olika delmarknader.

Hanisch[1] konstaterar att speciellt den vertikala rörligheten – där en anställd börjar sitt yrkesliv på ett okvalificerat jobb, och sedan byter marknadssegment genom att avancera till allt mer kvalificerade poster – förefaller att ha minskat. Bakgrunden till detta står till stor del att finna i det kraftigt expanderade offentliga utbildningsväsendet, som bl a fått till resultat att de s k långvägarnas karriärmöjlighet i stort blockerats genom att företagen nu kan rekrytera utbildad personal som går in på mellannivåer i hierakin.[2]

Dataeffektutredningens slutsatser om yrkesstrukturens utveckling pekar också mot att det främst är de "bra" jobben som nyskapas. Utifrån Metall/Verkstadsföreningens gemensamma lönestatistik, där de anställda gruppernas i tre nivåer, framgår klart att den högsta nivån – yrkesarbetarna – ökar sin relativa andel av den totala arbetsstyrkan medan den lägsta nivån minskar sin andel. Dataeffektutredningen redovisar också utvecklingen på yrkesnivå där tendensen är densamma. Av åtta yrkeskategorier bland verkstadsarbetarna, där såväl direkt som indirekt arbetskraft ingår, har under sjuttiotalet andelen yrkesarbetare ökat inom sju.

För att sammanfatta resultaten av arbetsmarknadens och yrkesstrukturens utveckling kan man säga att dessa stöder den s k *polariseringshypotesen*. Denna innebär i huvudsak att

- den tekniska utvecklingen i första hand *berikar innehållet* i de reltivt "bra" jobben

[1] Hanisch T., m fl: Marked for arbeid. Lønnsarbeider i velferdssamfunnet. Universitetsforlaget, Oslo 1980.

[2] Dessa påståenden kan tyckas stämma dåligt med iakttagelserna från fallstudierna i avsnittet om yrkeskunskaper. Där framkom i stället att systemet med utveckling från lärling till mäster fortfarande är livskraftigt. Emellertid måste vi hålla i minnet att de två till synes motstridiga slutsatserna inte avser samma sak. Iakttagelserna i fallstudierna gäller tillverkningsavdelningarna i visst slag av verkstadsindustri, medan Hanisch' påstående gäller arbetsmarknaden i dess helhet.

- den tekniska utvecklingen i första hand *ökar efterfrågan* på arbetskraft för de relativt "bra" jobben
- *barriärerna mellan delmarknaderna för arbetskraft ökar* i betydelse och därmed minskar den vertikala rörligheten.

Två saker måste understrykas i sammanhanget. När vi talar om den ökade polariseringen mellan olika yrkesgrupper menas *relativa* förändringar. Vi har inga belägg för att de "dåliga" jobben blir "sämre" än vad de varit.

Det är också väsentligt att notera att diskussionen endast avsett de *aggregerade* effekterna. Från avsnittet om yrkeskunskapernas utveckling vet vi att bilden på arbetsplatsnivå är mer mångfacetterad.

15.3.3 *Mot teknologisk arbetslöshet?*

Till de tidigare arbetslöshetsprefixen – konjunkturell, strukturell, friktions- – har på senare tid ett fjärde tillkommit. Med *teknologisk arbetslöshet* menas en undersysselsättning av långsiktig natur som uppstår på grund av fortsatt rationalisering i samband med ekonomisk stagnation. Med en annorlunda formulering kan man säga att teknologisk arbetslöshet uppstår när arbetsproduktiviteten ökar snabbare än produktionsvolymen. Efterfrågan kan därvid tillfredställas vid reducerat utnyttjande av arbete (och kapital), varvid arbetslöshet uppstår. Till skillnad från fallet med strukturell arbetslöshet, som syftar på en relativ tillbakagång inom vissa begränsade sektorer, finns det i fallet med teknologisk arbetslöshet inga expanderade sektorer som kan suga upp den friställda arbetskraften.

Det hävdas[1] att just datatekniken förorsakar teknologisk arbetslöshet p g a

- att den kan tillämpas inom nästan alla områden och verksamheter,
- att den syftar främst till rationalisering av befintlig produktion och produkter.

I de tidigare kapitlen har vi försökt att analysera betingelserna för användning av datorbaserad utrustning inom verkstadsindustrin. *Vi har därvid kommit att kraftigt poängtera betydelse av sådana faktorer som inte primärt har med datatekniken att göra* i samband med rationalisering av produktionsprocessen. Organisationsfrågor, produktens konstruktion m fl faktorer, spelar nyckelroller i samband med rationaliseringar, oavsett om dessa sedan sker med hjälp av datateknik eller inte. *Vi kan därför inte finna att datatekniken spelar en sådan ny och självständig roll i produktionsprocessens rationalisering, att de grundläggande samband mellan förändringar i produktionsvolym och produktivitet som vi känner sedan tidigare på ett avgörande sätt skulle ha förändrats.*

I en studie av den tekniska utvecklingens betydelse för förändringar i bl a sysselsättningen, konstaterar Eliasson att tekniska förändringar i nya anläggningar

a. på *lång sikt* i första hand återspeglas i förändringar av realinkomsten och produktionen per capita, medan sysselsättningen långsiktigt förblir oförändrad,

[1] Se t ex ASTMS:"Teknisk förändring, sysselsättning och behovet av kollektivavtal". Rapporten ingår i data- och elektronikkommitténs publikation "Datateknik, ekonomisk tillväxt och sysselsättning". Stockholm 1980. Liber Förlag.

b. på *kort sikt* däremot kan samma förändring påverka *sysselsättningen* i samband med den
c. *strukturförändring* som de tekniska förändringarna tvingar fram via marknaderna och som åstadkommer en förändrad fördelning av sysselsättningen mellan företag och marknader.

Den strukturomvandling som en inhemsk teknisk förändring (generellt eller i enstaka bransch eller ett enstaka företag) åstadkommer är dock liten jämfört med de effekter

d. *motsvarande* ensidiga *tekniska förändringar i utlandet* kan åstadkomma. Den framtvingade anpssningen blir inte bara större utan även långvarigare.[1]

Förvärrad arbetslöshet kan uppstå – och har uppstått i flera OECD-länder under senare år – till följd av tillbakagång inom vissa sektorer med friställningar av arbetskraft som resultat. Till skillnad från tidigare har dock inte expansionen i de "framgångsrika" branscherna respektive den offentliga sektorn varit tillräckliga för att absorbera de friställda. Motsvarande situation kan komma att uppstå i Sverige.

Den svaga expansionstakten skall främst ses mot bakgrund av underskotten i de industrialiserade ländernas bytesbalanser. Underskotten – med väsentlig orsak i att industriländerna ännu inte anpassat sig till de förändrade oljepriserna – tillsammans med den internationellt höga inflationen, har föranlett många regeringar att bedriva en ekonomisk åtstramningspolitik.

Ekonomisk stagnation och åtstramningspolitik är i många länder synonymt med arbetslöshet. Det *behöver* inte vara så, lika lite som ekonomisk tillväxt automatiskt garanterar arbete åt alla. Sysselsättningsläget beror såväl vid ekonomisk tillväxt som stagnation till stor del på den sysselsättningspolitik som förs. Ny teknik påverkar produktionsförutsättningarna i samhället och därmed också arbetets och inkomsternas fördelning. Detta äger rum i såväl tider av ekonomisk tillväxt som tillbakagång.

Något som likaså är viktigt att poängtera är att ianspråktagande av ny, produktivitetsbefrämjande[2] teknik positivt bidrar till den samhälleliga ekonomin; antingen genom snabbare tillväxt eller långsammare tillbakagång. Ur *samhällsekonomisk* synvinkel är det därför alltid motiverat att stimulera ianspråkstagandet av sådan teknik utveckling som ökar produktiviteten och sänker (de samhälleliga) kostnaderna.

För *enskilda medborgare eller grupper i samhället* är bilden inte lika entydig. Den mekanism för fördelning av arbete och inkomst som tillämpas i samhället är sällan neutral i förhållande till olika grupper. För vissa individer och grupper överväger därför fördelarna med ny teknik, medan andra

[1] Eliasson, G.: "Elektronik, teknisk förändring och ekonomisk utveckling". Uppsatsen ingår i "Datateknik, teknisk förändring och sysselsättning".
[2] Dvs sådan teknik som sänker kostnaderna för att framställa en viss vara eller tjänst. Det är i sammanhanget viktigt att notera att det gäller de *samhällsekonomiska* kostnaderna. De samhällsekonomiska kostnaderna brukar i allmänhet vara lika med de företagsekonomiska, men behöver inte vara det. Viss teknik kan sänka de företagsekonomiska kostnaderna men öka de samhälleliga, t ex genom misshushållning av allmänna tillhörigheter (miljön) och arbetskraften.

missgynnas. Desto viktigare funktion får därför fördelningspolitiken i tider av förändringar så att såväl omställningarnas bördor som frukter fördelas rättvist mellan medborgarna.

15.3.4 *Tillgången till yrkesarbetare*

Ett speciellt problem utgör bristen på yrkesarbetare i industrin. Vi har också tidigare kunnat konstatera att behovet av utbildad arbetskraft kommer att öka. Eftersom stora förhoppningar ställs till verkstadsindustrins framtida tillväxt, framstår bristen på yrkesskicklig arbetskraft som ett allvarligt hinder för expansion på ett område där Sverige i övrigt har goda produktionsförutsättningar.

I industriverkets höstrapport 1980 ingår ett avsnitt som belyser situationen. Rapporten konstaterar först att bristen på yrkesarbetare inte är ett konjunkturfenomen. Även om bristen accentueras under högkonjunkturer kvarstår den även under lågkonjunkturer. Den kvantitativa omfattningen av bristen på yrkesarbetare kan emellertid inte uppskattas. Därför är det inte heller möjligt att med säkerhet ange problemets svårighetsgrad.

Yrkesarbetarbristen kan grovt sett vara av två slag. En möjlig expansion av tillverkningsvolymen genom investeringar i exempelvis konventionella verktygsmaskiner omintetgörs på grund av brist på kompetenta operatörer. Genom att i stället investera i NC-maskiner kan man klara expansionen med hjälp av betydligt färre maskiner och därmed ett minskat nyanställningsbehov. Därigenom öppnas möjligheter att "hushålla" med yrkesarbetarna genom att låta dessa sköta t ex ställning m fl kvalificerade uppgifter och lämna de mera rutinmässiga operatörssysslorna till oskolad arbetskraft. Det senare är som vi redan sett också beroende på slag av NC-maskin, typ av tillverkning etc.

En annan situation där ökad mekanisering ligger nära till hands för att lösa en bristsituation, är där arbetsuppgiften i sig kräver yrkesarbetare, t ex svetsare, men där arbetssituationen är sådan att företaget har svårt att rekrytera respektive behålla arbetskraften. Exempel härpå är punktsvetsning i samband med storserietillverkning. Detta har varit standardfallet för många svetsrobotinstallationer.

Industriverket förklarar bristen på yrkesarbetare mot bakgrund av följande omständigheter:

1. En viktig principiell förklaring är att utbildningen till stor del sker internt inom företagen, som också står för kostnaden. Företagsutbildningsutredningen[1] konstaterar att 80 % av vidareutbildningen inom verkstadsindustrin år 1975 skedde i företagens egen regi. Den företagsekonomiska nyttan av utbildningsverksamhet – som enligt kapitel 18 är stor och stigande – tenderar alltid att vara lägre än den samhällsekonomiska, eftersom personalomsättningen medför att avkastningen av den gjorda utbildningsinvesteringen till en del kommer att tillfalla andra företag än det som bekostade utbildningen. Alla långsiktiga "investeringar i humankapital" tenderar därför från samhällsekonomisk synpunkt att bli för låga, i den mån företagen själva står för kostnaderna.
2. Företagsutbildningen inom verkstadsindustrin är betydligt längre räknat per deltagare, och mera kostsam för företagen, än inom den övriga delen av industrin.[1]

[1] SOU 1977:92.

3. Då löneskillnaden efter skatt mellan yrkesarbetare och övriga industriarbetare är relativt liten, kan detta medföra otillräckliga incitament för att genomgå yrkesutbildning.

Rapporten refererar också framförda farhågor att den långvariga bristen på yrkesarbetare redan skulle ha medfört en minskning av Sveriges komparativa fördelar vad gäller yrkesarbetarintensiv produktion. Dessa farhågor får dock inte stöd av de iakttagelser som data- och elektronikkommittén gjort vid studieresor i ett antal viktigare industriländer. Vid dessa har nämligen ingenting framkommit som skulle tyda på att situationen i Sverige skulle vara sämre än i övriga länder, (jämför vidare med kapitel 18). Det är också logiskt att vänta sig att övriga industriländer genomgår en motsvarande teknikutveckling som Sverige, och med samma effekter på yrkesstrukturen. Problemen i samband med utbildningens relativa längd och att den huvudsakligen bekostas av företagen, torde vara desamma i övriga industriländer.

Den tredje punkten betonar löneskillnaderna som inte tillräckligt stimulerar till yrkesutbildning. En relativ lönehöjning för kategorin yrkesarbetare gentemot andra grupper kan i viss utsträckning vara en sporre till yrkesutbildning. Emellertid saknas anledning till förhoppningar om att enbart detta skulle kunna avhjälpa bristen på yrkesarbetare. Som nämnts förekommer motsvarande bristsituation även i länder där löneskillnaderna är betydligt större än i Sverige.

En annan viktig orsak bakom svårigheterna att rekrytera personal sammanhänger med attitydfrågor i anslutning till industrin som arbetsplats. Vi betonade i avsnittet om specialiseringens risker (15.2.1.2), bl a den långsiktiga faran i att inte utforma arbetsplatserna med hänsyn till de människor som skall arbeta där. Reaktionen på dåliga arbetsförhållanden från de anställdas sida avspeglar sig i det längre tidsperspektivet i form av svårigheter för vissa verksamheter att rekrytera personal. Det är därför viktigt att en förändring kommer till stånd så att bristen på yrkesarbetare skall ha utsikter att lösas.[1]

15.4 Teknik och inflytande

15.4.1 *Teknikval och MBL*

En förändring i beslutsmönstret på arbetsplatserna ägde rum när medbestämmandelagen (MBL) trädde i kraft i januari 1977. Spelreglerna inom arbetslivet förändrades på flera viktiga punkter även om den grundläggande ansvarsfördelningen inte rubbades. Reformen öppnade nya vägar för de anställda att påverka sin arbetssituation, inte minst i samband med nyinvesteringar och organisationsförändringar.

I en rapport från Arbetslivscentrum[2] redovisas gjorda erfarenheter av några års tillämpningar av MBL. Förutom den relativt korta tidsperioden, begränsas erfarenheterna ytterligare av de svåra ekonomiska förhållanden som karaktäriserat främst näringslivet sedan lagens tillkomst. Sysselsättningen och inte arbetsmiljön har fått stå i centrum för de fackliga strävandena.

[1] I en på uppdrag av bl a Verkstadsföreningen och Metall genomförd attitydundersökning av skolungdomars inställning till arbete inom verkstadsindustrin, dras bl a följande slutsats: "För att rekrytera nya arbetare till verkstadsindustrin måste ..... lösningar utarbetas på problem kring arbetets monotoni, medarbetarnas personliga utveckling och medbestämmande" (Undersökningen publicerad i december 1980).

[2] Alarik B. m fl: Tre år med MBL – Erfarenheter från företag, stat och kommun. Arbetslivscentrum. Stockholm 1980.

Möjligheterna att vidta mer omfattande förändringar av arbetsorganisationen är ofta störst i samband med större investeringar såsom nybyggnad, ombyggnad eller inköp av maskiner. Emellertid är det enligt rapporten svårt för facket att avgöra om en marginell, löpande förändring – exempelvis ersättning av utsliten utrustning med ny – får väsentliga långsiktiga konsekvenser för de anställda. En "enkel" ersättningsinvestering kan vara första steget i övergången till en helt ny produktionsteknik i linje med en av företagsledningen uppgjord investeringsplan.

Rapporten pekar vidare på ett annat problem vilket sammanhänger med synen på beslutsfattandet som en i tiden begränsad beslutspunkt, där val sker mellan olika uppställda alternativ. Snarare är det faktiska förhållandet att beslutsfattandet i avgörande frågor är en lång, över tiden utdragen process. När tidpunkten infaller då de anställda skall välja mellan olika alternativ, är redan en mängd alternativ bortsorterade och många avgörande beslut fattade.

Många gånger sker ett löpande förändringsarbete på arbetsplatserna i samråd med de anställda utan speciellt tillsatta projektgrupper eller förhandlingar. I rapporten framhålls att den informella vägen ofta är ett spel på de starkare partens villkor.

Slutligen påminns i rapporten om den grundläggande restriktionen i de anställdas möjlighet att genom medbestämmande påverka bl a den produktionstekniska och arbetsorganisatoriska utvecklingen i en för dem önskvärd riktning. Begränsningen följer av att Sverige är integrerat i den västliga världens marknadsekonomi, där ny teknik och nya maskiner i stor utsträckning utvecklas inom multinationella koncerner, där svenska medbestämmandet och fackliga krav har marginell betydelse.

15.4.2 *Betydelsen av ett reellt inflytande för de anställda*

Vi skall här föra fram två argument som understryker nödvändigheten av delaktighet i beslutsprocessen för de anställda i samband med teknik- och organisationsförändringar. Därefter skall vi ange några vägar att inom medbestämmandelagstiftningens ram skapa större förutsättningar för ett reellt medbestämmande.

Att planera ett system innebär bl a att göra en modell av verkligheten, varför överensstämmelsen mellan modell och verklighet blir en kritisk faktor för hur systemet kommer att fungera. Den detaljerade kunskapen om arbetsprocessen eller delar av den finns hos de som direkt är verksamma i arbetsprocessen.

Vad gäller utformningen av mer omfattande datorbaserade system – exempelvis MPS-system – har en förändrad inriktning kunnat noteras under senare år. Man börjar överge tanken på totalsystem, i vilka datorn förutom registrering och bearbetning av data för styrning av olika steg i arbetsprocessen, också ägnar sig åt beslutsfattande mellan olika handlingsalternativ. Syftet bakom dessa system är att låta datorn ombesörja all den processtyrning som normalt handhas av de anställda.

Systemen var ett uttryck för övertygelsen att datorernas spektakulära kapacitet kunde ersätta arbetskraften. Vad som egentligen skedde var att man överlät på systemanalytiker och programmerare att (i bästa fall i samråd

med berör personal) i systemen bygga in alla de möjliga händelseförlopp, beslutsalternativ m m, som kunde inträffa i arbetsprocessen.

Systemarbetet tenderar i dessa fall blir mycket omfattande mätt i tid och personella resurser och systemen blir oformliga och svåra att överblicka och förstå. Detta leder vidare till system som är svåra att modifiera och därför tenderar att konservera en given organisationsform. Slutligen uppstår ofta fel p g a antingen systemfel eller på oförutsedda händelser i arbetsprocessen.

Dessa dyrköpta erfarenheter har ändrat systembyggnadsfilosofin så att ambitionen att automatisera långa händelseförlopp ändrats till att avse kortare processmoment, med fler möjligheter att löpande tillföra systemet information om processförloppet. Inriktningen går nu mot s k interaktiva system, som istället har karaktär av hjälpmedel för att ge underlag för de olika beslut som under arbetsprocessens gång måste fattas av processoperatörerna/processövervakarna. För att avsikterna med systemen skall kunna uppnås – d v s systemen faktiskt skall tjäna som hjälpmedel – är det nödvändigt att de som senare skall arbeta med systemet får ett avgörande inflytande på dess utformning.

Bl a beroende på hur formerna och omfattningen av medinflytandet kommer att utvecklas, kan olika utvecklingsmönster för produktionsteknik och arbetsorganisation tänkas. Data- och elektronikkommittén bedömer att ju större konsekvenser som den produktionstekniska utvecklingen medför för de anställda, desto hårdare krav på en reell delaktighet i beslutsprocessen kommer dessa att kräva för att acceptera teknikutvecklingen. Hur väl den nya tekniken kan anpassas till människans grundläggande behov, är av direkt betydelse för såväl teknikens spridningstakt som den långsiktiga produktivitetsutvecklingen.

Mot bakgrund av bl a de rekryteringsproblem som industrin konfronteras med, räcker det heller inte med att sätta ambitionen till att den nya tekniken inte skall försämra den enskildes arbetssituation. Det är tvärtom nödvändigt med en kvalitativ förbättring av arbetsförhållandena på många industriarbetsplatser för att svensk industri skall kunna utvecklas och hävda sig i ett internationellt sammanhang. Datatekniken – rätt tillämpad – kan bli ett viktigt instrument i denna utveckling.

Emellertid kan vi från föregående avsnitt sluta oss till att medbestämmandeprocessen ännu inte nått sådan grad av utveckling som potentiellt är möjlig. Med avseende på ny teknik och nya organisationsformer spelar bl a *kunskapsfaktorn* en betydande roll. Kunskapsfaktorn avser dels sådana produktionstekniska lösningar som uppfyller krav på goda arbetsförhållanden, samtidigt som näringslivets konkurrenskraft förstärks. Dels inbegriper kunskapsfaktorn även att ett sådant allmänt utbildningsbehov hos arbetstagarsidan tillgodoses, att denna i förhandlingar och projektgrupper skall kunna möta arbetsgivarsidan på likvärdig kunskapsnivå.

15.5 Sammanfattning

15.5.1 *Teknik och organisation*

Den tekniska utvecklingen medför att en allt större andel av det direkt fysiska arbetet utförs av maskiner. Dessa blir också allt mer komplicerade. Den

indirekta arbetskraften tenderar härvid att öka i både numerär och relativ betydelse medan en motsatt utveckling gäller för den *direkta* arbetskraften.

Den tekniska utvecklingen kan därför sägas påverka organisationsutformningen, men är inte enda bestämningsfaktor. Den tillverkade varan och dess marknadsförhållanden spelar också en betydande roll. Ekonomiska kalkyler och överväganden är naturligtvis väsentliga, men dessa är med nödvändighet ofullständiga alldenstund den långsiktiga kostnads-/intäktsbilden är okänd. I stället får produktionsledningens "filosofi", dvs den (medvetna eller omedvetna) bedömningen av den långsiktiga kostnads-/intäktsbilden, betydelse för organisationsutformningen.

Arbetsorganisationens utformning får direkt betydelse för de anställdas yrkeskunskaper. Generellt gäller att teknikutvecklingen och därtill hörande organisationsförändringar innebär förändrade arbetsuppgifter för den anställda. Därmed *förändras också kraven på yrkeskunnande.* Mot bakgrund av den svenska industristrukturen (internationellt sett hög andel verkstadsindustri med inriktning mot kvalificerade investeringsvaror i korta serier), får varje teknik- och organisationsförändring som syftar till eller resulterar i en urholkning av de anställdas allmänna yrkeskunnande på sikt negativa konsekvenser för industrins konkurrenskraft. De åtgärdsförslag som senare kommer att läggas fram kommer bl a vara inriktade mot att höja de anställdas yrkeskunskaper.

Industrirobotar och annan automatisk utrustning har i många fall förbättrat de anställdas *fysiska arbetsmiljö.* Hälsovådliga eller på annat sätt olämpliga arbetsplatser har kunnat elimineras. Denna utveckling hälsas med tillfredställelse, men får inte undanskymma att nya slag av miljöproblem samtidigt uppstår. Exempelvis tenderar reparatörernas arbetsmiljö att försämras med ökad automation.

Den tekniska utvecklingen på datorområdet kan också få effekter på *arbetstidens förläggning.* Användningen av t ex numeriskt styrda maskiner har medfört att vissa arbetsuppgifter utförs i två- eller treskift där man tidigare tillämpade enskift. Orsaken härtill är lönsamhetsskäl. Avancerad utrustning är dyr och kräver högre grad av maskinutnyttjande.

Vid sidan av den fysiska arbetsmiljön påverkas även de aspekter på arbetet som brukar kallas *arbetsinnehåll.* Arbetsmiljöproblem av typen stress, monotoni, ensamarbete m m, börjar uppmärksammas i större utsträckning – inte minst av produktionsledningarna inom industrin. Även om vi också på det här området funnit exempel där datateknikens införande bidragit till att berika arbetet, har vi också hittat exempel på motsatsen. Vanligt är också att tekniken löser ett problem (t ex stress) men samtidigt skapar ett annat (t ex tråkighet).

Datatekniken får betydelse för *styr- och beslutsprocesserna* i arbetslivet. Detta gäller i mindre utsträckning enstaka datorstyrda maskiner utan främst datorbaserade informationssystem, exempelvis MPS-system. Då beslutsfattandets fördelning är av central betydelse för dels arbetets karaktär och innehåll, dels organisationens flexibilitet, är det väsentligt att inte datatekniken används för automatiskt beslutsfattande utan för att tillhandahålla beslutsunderlag.

Förändrad teknik och arbetsorganisation får ofta direkt betydelse för

löneformerna. Det individuella ackordet är framsprunget ur en arbetssituation som karaktäriseras av långt driven arbetsuppdelning och specialisering samt direkt sammankoppling mellan maskin och operatör. Där industrin p g a såväl nya organisationsformer som avancerade maskiner fjärmar sig från den traditionella arbetssituationen, blir det individuella ackordet ett allt sämre instrument för prestationslönesystemet.

Under 1970-talet har flertalet fackföreningar drivit krav på fasta tidlöner. Även arbetsgivarsidan har blivit alltmer kritisk mot de individuella raka ackorden, samtidigt som man dock avvisat helt fasta tidlöner. Ofta har man från arbetsgivarnas sida förordat någon typ av premielön baserad på ett vidare resultatmått snarare än något enkelt mått på produktionsvolymen.

Den lönevariation som följer av prestationslönesystemet riskerar att förstärkas genom förändringar i teknik och organisation. Även om den anställde får behålla arbetet efter en sådan förändring kan han eller hon få byta yrkeskategori. Detta medför ibland att han/hon får se sin inkomst reducerad. Det är givet att denna företeelse, där den förekommer, inte ökar de anställdas beredvillighet att acceptera respektive aktivt medverka till att snabbt och friktionsfritt införa ny teknik.

Det finns därför anledning att understryka nödvändigheten av att löneformerna löpande utvecklas och anpassas i överensstämmelse med utvecklingen av teknik och arbetsorganisation.

15.5.2 *Teknik och sysselsättning*

Då ny teknik sällan är neutral med avseende på befintliga varor och produktionsprocesser, påverkas strukturomvandlingen. Detta får också effekter på sysselsättningen. Genom att studera teknikens inverkan på arbetsmarknaden och dess funktionssätt, kan vi härleda några generella effekter på sysselsättningen.

Den *strukturellt* betingade arbetslösheten tenderar att öka i tider av snabb teknisk utveckling. Strukturomvandlingen ställer krav på såväl arbetskraftens yrkesmässiga som geografiska rörlighet. Kravet på arbetskraften att flytta kan reduceras genom ökad rörlighet hos produktionskapitalet.

Variationerna i den konjunkturellt betingade arbetslösheten avspeglar det faktiska kapacitetsutnyttjandet inom produktionsapparaten. Med den tekniska utvecklingen tenderar maskinerna att svara för en allt större andel av den direkta produktionen. Variationer i efterfrågan får därför i första hand betydelse för graden av maskinutnyttjande. En allt större del av arbetsstyrkan kommer att tillhöra den indirekta arbetskraften, vars arbete är nödvändigt oavsett graden av maskinutnyttjande (så länge inte produktionen helt upphör). *Den konjunkturella arbetslösheten tenderar därför att minska,* en utveckling som även förstärks genom lagstiftningen på arbetsmarknaden.

Den tekniska utvecklingen stimulerar på flera olika sätt framväxten av de s k interna arbetsmarknaderna. Dels följer detta av att det i första hand är de relativt "bra" jobben som skapas av ny teknik, dvs sådana arbeten för vilka de interna arbetsmarknaderna har störst betydelse. Dels följer det också av att antalet arbetsgivare – genom strukturomvandling och företagskoncentration – absolut sett minskar, samt att en fraktion av totala antalet arbetsgivare

(koncerner) sysselsätter en stor och stigande andel av den totala arbetsstyrkan.[1] Dessa omständigheter bör bidra till en nedgående tendens även för *friktionsarbetslösheten.*

Det underlag som tagits fram om arbetsmarknadens och yrkesstrukturens utveckling stöder den s k *polariseringshypotesen.* Denna innebär i huvudsak att

- den tekniska utvecklingen i första hand *berikar innehållet* i de relativt "bra" jobben,
- den tekniska utvecklingen i första hand *ökar efterfrågan* på arbetskraft för de relativt "bra" jobben,
- *barriärerna mellan delmarknaderna för arbetskraft ökar* i betydelse och att den vertikala rörligheten därmed minskar.

En livligt diskuterad fråga är om och i så fall i vilken grad datatekniken skapar *teknologisk arbetslöshet,* dvs undersysselsättning av långsiktig natur. Enligt DEK finns det inget som talar för att den *totala sysselsättningsnivån i samhället* skulle förändras negativt genom införandet av ny teknik. Vi har konstaterat att ny teknik påverkar produktionsförutsättningarna i samhället och därmed arbetets och inkomsternas fördelning. Detta äger rum i såväl tider av ekonomisk tillväxt som tillbakagång. Det är därför viktigt att poängtera att sysselsättningsläget i båda fallen *till stor del beror på den sysselsättningspolitik som förs.* Det måste vidare framhållas att ianspråktagande av ny produktivitetsfrämjande teknik positivt bidrar till den samhälleliga ekonomin, antingen genom en snabbare tillväxt eller en långsammare tillbakagång. *Ur samhällsekonomisk synvinkel* är det därför alltid motiverat att stimulera sådan teknisk utveckling som ökar produktiviteten.

För *enskilda medborgare eller grupper i samhället* är bilden inte lika entydig. Den mekanism för fördelning av arbete och inkomst som tillämpas i samhället är sällan neutral i förhållande till olika grupper, ett förhållande som vi konstaterat också gäller tekniska förändringar. För vissa individer och grupper överväger därför fördelarna med ny teknik, medan andra missgynnas. Desto viktigare funktion får därför fördelningspolitiken i tider av förändringar så att såväl omställningarnas bördor som frukter fördelas rättvist mellan medborgarna.

Av särskilt intresse i sammanhanget är *bristen på yrkesarbetare* inom industrin. Detta är ett generellt problem bland industriländerna med flera bakomliggande orsaker. Att problemet med yrkesarbetarbrist inte är unikt innebär inte att det bör underskattas. Tvärtom är den yrkesskickliga arbetskraften en i synnerhet för verkstadsindustrin strategisk faktor, varför den framtida konkurrenskraften gentemot utlandet till en betydande del beror av hur problemet med yrkesarbetarbristen kan lösas.

15.5.3 *Teknik och inflytande*

Medbestämmandelagstiftningen har endast varit i tillämpning i några år, och det finns anledning att anta att formerna och innehållet fortfarande håller på att utvecklas. Samtidigt vill data- och elektronikkommittén understryka betydelsen av de anställdas medbestämmande, särskilt vad gäller frågor rörande teknik och arbetsorganisation. *Dels* motiveras detta av kompetens-

[1] Enligt en PM från industridepartementet svarade de 21 största verkstadsföretagen för 62 % av verkstadsindustrins sysselsättning år 1976. Motsvarande andel år 1971 var 56 %.

skäl. De vars arbete främst kommer att beröras, besitter ofta en specialkunskap på detaljnivå som är nödvändig att tillvarata för att en ny tekniktillämpning, systemuppbyggnad etc, skall bli effektiv.

Dels har vi redan vid flera tillfällen understrukit betydelsen av att utvecklingen inom teknik och arbetsorganisation blir sådan att den anpassas till människans grundläggande behov. Ett misslyckande på den punkten kommer att få direkta konsekvenser för såväl teknikens spridningstakt som för den långsiktiga produktivitetsutvecklingen. Mot bakgrund av de rekryteringsproblem som industrin konfronteras med, räcker det inte heller med att sätta ambitionen till att nya tekniken inte skall försämra den enskildes arbetssituation. En kvalitativ förbättring av arbetsförhållandena på många arbetsplatser blir nödvändig för att svensk industri skall kunna utvecklas och hävda sig i ett internationellt sammanhang.

Möjligheterna för de anställda att utöva direkt inflytande på organisationen av arbetet kommer här att vara en faktor av stor betydelse.

16 Kalkylering och finansiering

16.1 Motiv för investeringar i datorbaserad utrustning

Det primära motivet för investeringar i datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning är att befästa eller öka lönsamheten. Investeringar i avancerad teknik görs huvudsakligen av lönsamma företag för att dessa skall bli ännu mer lönsamma medan de företag som verkligen är i behov av rationaliseringar för att bli lönsamma sällan investerar i modern teknik.

Lönsamhetsmotivet vid investeringar i datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning grundas på många olika faktorer. Ett vanligt motiv är att reducera arbetskraftskostnaderna per producerad enhet, antingen i form av mindre antal anställda vid samma produktion eller en högre produktionsvolym med samma antal anställda. Även om förbättringar av arbetsproduktiviteten hittills varit den viktigaste förklaringsfaktorn finns det flera andra faktorer som ligger, eller borde ligga, till grund för investeringsbeslut. Flera av dessa "andra faktorer", t ex förbättringar av kapitalproduktiviteten, arbetsmiljön m m, har också under de senaste åren fått en allt större vikt i investeringskalkylen.

De olika motiv som ett investeringsbeslut grundas på är summerade i det följande.

1. *Reducera arbetskraftskostnaderna per producerad enhet.* Ofta är detta den enda kvantifierade intäktsposten i investeringskalkylen, vilket förklaras dels av att minskade arbetskraftskostnader vanligtvis är den största intäktsposten, dels att arbetskraften är den faktor som är enklast att kvantifiera.

2. *Reducera kapitalkostnaderna.*

– Kortare genomloppstid för varor i förråd, i arbete och i lager. Som framhållits tidigare finns det stora möjligheter att med datateknikens hjälp minska varornas genomloppstid. Denna kalkylpost har under de senaste åren blivit allt viktigare men problemet är att den är svår att kvantifiera i en förkalkyl.

– Effektivare maskinutnyttjande. Kortare stilleståndstider.

Datorstyrd tillverkningsutrustning kräver normalt mindre fabriksyta än vid konventionell tillverkning, varför ett effektivare utnyttjande av byggnader erhålles. Även kostnader för lagerlokaler reduceras om genomloppstiden för varor minskar.

3. *Förbättra arbetsmiljön.* I många investeringar, framför allt vad gäller industrirobotar, har ett av huvudmotiven varit att förbättra arbetsmiljön.

Bakom detta motiv ligger dock vanligtvis ett strikt lönsamhetsmotiv. Arbetsmiljön har förbättrats därför att det varit svårt att rekrytera och behålla arbetskraft eller att frånvaron vid det aktuella produktionsmomentet varit hög som en följd av dålig arbetsmiljö.

4. Vid viss typ av konstruktion och tillverkning är det näst intill *omöjligt att använda manuella metoder,* t ex bearbetning av komplicerade detaljer med mycket stora noggrannhetskrav t ex konstruktion och tillverkning av detaljer till flygplan, integrerade kretsar m m.

5. *Skaffa sig erfarenheter av ny teknik.* Man vet att tekniken på sikt kommer att få stor betydelse varför man investerar för att på ett tidigt stadium skaffa sig erfarenheter och kunskap.

Andra faktorer som dock snarare kan sägas vara effekter av än motiv för investeringar är:

6. *Mindre förbrukning av*

– råvaror. Användning av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning kan medföra mindre materialförbrukning, jämnare kvalitet och mindre kassation. Speciellt viktig är denna aspekt vid bearbetning av detaljer med högt förädlingsvärde eller då råvaran är dyr, t ex titan,

– förbrukningsvaror, t ex skärolja,

– energi. Som framgick i kapitel 2, är energikostnadernas andel av verkstadsindustrins saluvärde endast ca 1 % (motsvarande andel i den övriga industrin är ca 4 %). Det finns således inte mycket utrymme att öka lönsamheten genom att inrikta investeringarna mot energibesparande metoder. Då användningen av datorstyrd tillverkningsutrustning kan medföra högre maskinutnyttjande och mindre lokalbehov kan dock energikostnaden per producerad enhet komma att sjunka något. Normalt sett är dock intäktseffekterna så marginella att de inte påverkar investeringsbeslutet.

7. *Upprätthålla kapacitetsreserv,* t ex för tillverkning med begränsad bemanning under ett tredje skift. Detta motiv är emellertid inte entydigt. Lönsamheten för investeringar i såväl datorstödd konstruktions- som datorstyrd tillverkningsutrustning är mycket känslig för variationer i kapacitetsutnyttjandet.

Då företag fattar beslut om att investera i datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning sker det på grundval av flera av ovan redovisade faktorer. Att det sedan huvudsakligen är effekterna på arbetskraftskostnaderna som kvantifieras i investeringskalkylen har sannolikt medfört dels att den verkliga lönsamheten hos realiserade investeringar blivit större än vad som kalkylerats, dels att vissa investeringar ej realiserats eftersom man inte kvantifierat intäktseffekterna av övriga faktorer. I många fall torde vinsterna av de senare vara av minst samma storleksordning som besparingarna i arbetskraftskostnaderna.

Det är emellertid inte bara intäktssidan som missbedöms (underskattas). I många fall har lönsamheten uteblivit som en följd av att vissa viktiga kostnadsposter antingen inte medtagits eller undervärderats. Exempel på sådana kostnadsposter är kringutrustning, samt installations- och igångkörningskostnader.

16.2 Investeringskalkylering för datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning

Kalkylpraxis

Beslutsunderlag för investeringar utgörs främst av lönsamhetskalkyler. Det finns ett flertal olika kalkylmetoder varav de vanligaste är: hemtagningstiden (pay-off metoden), nuvärdesmetoden och internräntemetoden.

Det råder stora olikheter mellan olika företags val av kalkylmetoder och sätt att genomföra kalkylen. I en undersökning, som genomfördes 1976 vid Tekniska Högskolan i Linköping, fördelade sig frekvensen av olika metoder bland de undersökta företagen (57 st, börsnoterade) enligt följande:

1. Pay-off metoden 79 %
2. Nuvärdesmetoden 61 %
3. Internräntemetoden 54 %.

Som synes använder de flesta företag två metoder, varvid i allmänhet pay-off är andra-metod och utnyttjas som ett enkelt rangordnings- och likviditetstest. Av de båda övriga metoderna syns nuvärdesmetoden ha ökat snabbast i popularitet under 1970-talet.

Lönsamhetskraven i hemtagningstid ligger mellan 1 till 5 år med preferens för 3 år, kalkylräntekraven oftast mellan 15 och 20 % och internräntekraven mellan 20 och 30 %.

Omfattningen av investeringen spelar en viss roll för kravet på kalkyl, men vid belopp överstigande 50 000 kr är en formell kalkyl regel. Tillverkningsutrustning i allmänhet och även datorstyrd sådan lönsamhetskalkyleras av samma personer som gör den tekniska bedömningen av utrustningen. Dessa saknar i allmänhet formell ekonomisk utbildning (vanligtvis har de dock deltagit i företagsanordnade kurser i kalkylering). Till sin hjälp har man färdiga formulärer, kalkylblanketter, utarbetade av företagens ekonomiavdelningar. Datorstöd vid kalkyleringen är ännu inte vanligt.

Kalkylposter

De kostnads- och intäktsposter, som kvantifieras i en kalkyl är investeringsposter och driftposter. Därutöver gör man, på senare tid mera detaljerat, en kvalitativ värdering av faktorer, för vilka adekvata ekonomiska omräkningstal saknas, s k "ej kvantifierbara poster".

Exempel på kalkylposter är:

Investeringsposter

Utrustning:

Projektering
Grund- och kringutrustning
Skydds- och miljöutrustning
Utbildning
Installation, inkörning, ändring

Reservdelar
Restvärde.

Rörelsekapital:

Ämnesförråd
Produkter i arbete
Färdiglager.

Driftposter

Löner
Förbrukningsmaterial
Underhåll
Energi och lokaler
Genomloppstid för varor i förråd, i arbete och i lager
Kvalitet
Driftsäkerhet.

Av kalkylposterna är vanligtvis endast investeringen i grundutrustningen helt känd från början. Alla övriga poster är föremål för mer eller mindre noggrann skattning.

Svagheter hos kalkylmetoderna

Samtliga de kalkylmetoder för investeringar som här redovisats besitter påtagliga svagheter. Exempel härpå i tidigare nämnda metoder är:

Pay-Off: Betalningar efter hemtagningstiden beaktas ej liksom inte heller hur kostnads- och intäktsströmmarna fördelas under hemtagningstiden.

Internräntemetoden: Rangordningen mellan internräntorna för olika investeringsprojekt kan omkastas beroende på vilka gemensamma kostnader som medtagits eller utelämnats. Detta kräver mycket noggranna bestämmelser om vilka betalningar som skall vara med i kalkylen för att få en rättvisande bedömning.

Kapitalintensiva projekt kan, beroende på använd diskonteringsränta, missgynnas. Kortsiktiga projekt gynnas vid hög diskonteringsränta.

Nuvärdesmetoden: Denna metod är den i litteraturen mest rekommenderade. Svårigheten ligger framför allt i att fastställa kalkylräntan. Jämförelse av investeringar med olika livslängd och betalningsförlopp kan utfalla olika med nuvärdesmetoden respektive internräntemetoden. Nuvärdesmetoden bygger nämligen på antagandet att frigjort kapital kan återinvesteras till kalkylränta medan internräntemetoden förutsätter att man kan återinvestera till internräntan.

Kalkylsikt

Ekonomisk livslängd för verkstadsteknisk maskinutrustning räknas i kalkylsammanhang snarare till över än under 10 år. Under en period av teknikförnyelse kan så lång kalkylsikt vara vansklig. Även om livslängden är

rätt bedömd, är uppskattningen av framför allt intäkter näst intill omöjlig. Utrustningens teknikhöjd, d v s förmågan att vara konkurrenskraftig gentemot ny utrustning under större delen av livslängden spelar stor roll och borde vägas in.

Ofullständigheter i kalkylunderlaget

Lönsamhetskalkyler beaktar sällan hur den aktuella investeringen påverkar övriga moment i tillverkningskedjan. Situationen bedöms i allmänhet endast för ett begränsat tillverkningsavsnitt. Inom detta avsnitt är det främst arbetskraftsbehovet och arbetskraftskostnaderna liksom erforderlig kapacitet hos tillverkningsapparaten som är kända storheter. Följaktligen kommer de flesta kalkyler att grunda sin lönsamhet på ökad produktion och minskade kostnader för den i tillverkningen direkt sysselsatta personalen. Som tidigare framhållits kan emellertid de indirekta effekterna i tillverkningskedjan, t ex mindre kapitalbindningar i varor, vara väl så betydelsefulla som de direkta effekterna på arbetsproduktiviteten.

Indirekta kostnader bedöms ofta inte alls utan finns i kalkylen antingen som procentuella påslag eller som kvalitativa bedömningar under rubriken "övriga effekter". Eftersom användningen av datorstyrd tillverkningsutrustning bl a medför minskad arbetsinsats vid maskinen under processens gång, men ökad insats vid t ex tillverkningsförberedelser bör i vart fall ett annat procentpåslag användas än det som är normalt för konventionell utrustning.

Uppskattning av kalkylposter

Många av investeringskalkylens intäkts- och kostnadsposter är svåra att kvantifiera. Detta är särskilt påtagligt vid investeringar i ny teknik där det endast finns ringa erfarenhet av tidigare investeringars utfall. Vad gäller investeringar i datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning kompliceras kalkyleringen dessutom av svårigheter att kvantifiera kostnaderna för programvaror, organisationsförändringar, installation och anpassningsarbete. Dessa kostnader kan i vissa fall uppgå till storleksordningen 50 % av den totala investeringskostnaden. Vid investeringar i konventionell utrustning är dessa kostnader såväl låga som relativt enkla att uppskatta (man har stor erfarenhet från tidigare investeringar).

De kostnads- och intäktsposter som är av stor betydelse men svåra att kvantifiera i en kalkyl för datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning är exemplifierade nedan:

- Kapitalbindningar i varor och ämnen.
- Materialhanteringskostnader.
- Effekter på kvalitet och råvaror.
- Kostnader/intäkter i samband med förändrade produktionsflöden (organisatoriska förändringar).
- Kostnader för programvaruutveckling, installation, utveckling av kringutrustning, anpassning till befintliga maskiner.
- Restvärdet på utrustning för vilken det f n finns en begränsad andra-

handsmarknad. Detta gäller kanske inte i så stor utsträckning NC-maskiner men väl nyare utrustning som elektroniskt styrda industrirobotar, CAD-system m m.

Andra faktorer som bör vägas in i kalkylen är t ex det långsiktiga värdet av att introducera ny teknik (höja teknologinivån i företaget) liksom även effekter på arbetsmiljö och sjukfrånvaro.

Slutsatser

Kritik kan riktas mot gängse kalkylpraxis av investeringsprojekt. Särskilt vid kalkylering av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning ger de tillämpade kalkylmetoderna ofta ett oriktigt och osäkert resultat. Det är framför allt den långa kalkylsikten och svårigheten att kvantifiera de indirekta effekterna av datorstyrd tillverkningsutrustning, som kan leda till felslut.

Den senare svårigheten kommer naturligtvis att minska efter hand som erfarenhet byggs upp (efterkalkyler), men redan nu kan kalkylmodellerna modifieras och utformas så att osäkra faktorer kan varieras mellan ett sämsta och ett bästa fall, och inverkan på kalkylutfallet studeras. Detta går så mycket enklare om man transformerar kalkylblanketterna till datorprogram och utnyttjar de möjligheter som då erbjuds med t ex grafisk presentation. Med datorns hjälp kan man också simulera olika investeringsalternativ. Detta är en teknik som sannolikt blir allt viktigare vid kalkylering av avancerade datorbaserade tillverkningssystem. Även om det vid investeringar i enstaka datorstyrda maskiner föreligger vissa problem, är de marginella i jämförelse med investeringar i större datorstödda system. Beroende av valet på systemkomponenter kan ett system utformas på ett stort antal olika sätt. Exempel på variabler som bestämmer systemets utformning är:

- val av maskintyper,
- antal maskiner samt hur maskinerna ställs upp,
- typ av hanterings- och transportutrustning (industrirobotar, pallettransportörer, rullbanor m m),
- dimensionering och hastighet av materialflödet (beror av längden på bearbetningscykeln vid maskinerna, på transportsystemets längd m m),
- antal buffertlager mellan maskinerna; storlek på varje buffertlager,
- grad av flexibilitet och bemanning.

Ett konkret exempel på problem som måste lösas innan systemets utformning fastläggs är det antal palletter som skall ingå i systemet. Palletter är dyra och det är därför inte säkert att det är lönsamt att t ex dimensionera buffertlagren och systemet som helhet för ett obemannat tredje skift. Antalet palletter beror av antalet maskinstationer, längden på bearbetningscyklerna samt storleken på buffertlagren. Det sistnämnda är i sin tur beroende av vilken bemanning man väljer.

Denna och liknande frågeställningar skulle kunna analyseras med hjälp av simuleringsmodeller. Sådana modeller har tagits fram, dock huvudsakligen

av universitet och högskolor, för att testa och utvärdera olika systemutformningar ur teknisk synvinkel. Däremot har man inte kommit särskilt långt med simuleringstekniken för att analysera olika investeringskalkyler. I takt med en ökad inriktning mot allt mer komplexa system är det enligt DEK's mening angeläget att forskningsarbete och kunskapsuppbyggnad initieras på detta område. Här har branschorganisationer, branschforskningsinstitut samt universitet och högskolor en viktig roll att fylla.

16.3 Finansiering

16.3.1 *Olika finansieringsformer*

Investeringar kan finansieras på olika sätt:

- eget kapital
- lån; statliga och privata banker och kreditinstitut, obligationslån
- leasing
- avbetalning.

Vilken finansieringsform som väljs beror av flera olika faktorer: investeringens storlek, ny- eller ersättningsinvestering, om investeringen avser byggnader eller maskiner; företagets storlek, lönsamhet, soliditet, ägarform m m. Något entydigt kriterium för valet av finansieringsform finns ej. Detta gäller även vid investeringar i datorstyrd tillverkningsutrustning. I det följande ges en kort redovisning av olika finansieringsformer samt vissa generaliseringar vad gäller investeringar i datorstyrd tillverkningsutrustning.

Huvuddelen av de investeringar i datorstyrd tillverkningsutrustning som vi studerat har finansierats med *eget kapital.* Denna finansieringsform torde vara vanligast vid investeringar i enstaka maskiner.

Lånefinansiering förekommer sannolikt främst vid nyinvesteringar i byggnader och hela produktionslinjer. Företag som lånefinansierar sina investeringar kan välja mellan ett flertal olika låneformer och kreditinstitut.

- Banker. Förutom banklån med traditionella krav på säkerhet har flera banker under senare år inrättat särskilda fonder, t ex PK-bankens särskilda näringslivskredit och S-E Bankens utvecklingslån, som skall stödja nyetableringar samt utveckling av nya projekt. Kreditvillkoren för dessa fonder är mindre restriktiva vad gäller säkerhet än de konventionella lånen.
- Statliga banker, fonder och investmentbolag. Dessa banker och kreditinstitut har till uppgift att tillgodose näringslivets behov av långfristiga krediter samt att finansiera mer riskbetonade projekt till vilka de privata kreditinstituten normalt ej lämnar krediter. De viktigaste statliga kreditgivarna är:

• *Sveriges Investeringsbank AB.* Per 1978-12-31 hade investeringsbanken beviljat krediter och garantier om ca 6,4 miljarder kronor, varav drygt 38 % till verkstadsindustrin. Investeringsbanken ser till det totala kapitalbehovet och kan även gå in och finansiera programvaruutveckling. Investeringsbanken har ett nära samarbete med de regionala utvecklings-

fonderna, bl a genom de s k kombinationslånen. Fonderna kan bevilja krediter på 1,5 miljoner kronor varav investeringsbankens andel är 1 miljon kronor.

- *Regionala utvecklingsfonderna.* Bedriver långivning med högt risktagande till företagen inom respektive region. Fonderna har möjlighet att bevilja två olika typer av lån, rörelselån och utvecklingslån. Det förra är avsett för investeringar i maskiner och byggnader samt för rörelsekapital. Utvecklingslån (högst 3 miljoner kronor) beviljas för utveckling av nya produkter, processer och system. Fonderna disponerar under 1980/81 totalt 1 425 miljoner kronor.
- *Svenska Industrietableringsaktiebolaget (Svetab)* är ett investmentbolag som ingår i Statsföretagsgruppen. Till Svetab hör fyra regionala investmentbolag. Dessa kan gå in som minoritetsägare i företag som behöver kapital för att t ex starta en ny produktionslinje eller lancera en ny produkt. Bolagets engagemang i företagen är tidsbegränsade. När ett företag åter står på stabil grund skall majoritetsägaren kunna ta över investmentsbolagets andelar.
- *AB Industrikredit,* som ägs till lika delar av affärsbankerna och staten, har till uppgift att lämna långfristiga krediter till mindre och medelstora företag.
- *Fonden för industriellt utvecklingsarbete (Industrifonden)* inrättades 1979 med ett grundkapital på 300 miljoner kronor. Industrifonden skall i första hand medverka i finansieringen av större industriella utvecklingsprojekt. Industrifondens engagemang skall i princip koncentreras till större utvecklingsprojekt i företag med goda produktions- och marknadsförutsättningar och till projekt som har nått det skede då en stor del av den tekniska osäkerheten har eliminerats. Beträffande projektstorleken gäller att fonden inte medverkar i sådana projekt som kan finansieras av de regionala utvecklingsfonderna. Fondens engagemang i ett projekt får inte heller överstiga 50 miljoner kronor. Förutsatt att inget annat offentligt stöd utgår för ett projekt kan fonden finansiera upp till 50 procent av projektkostnaden. Detta betyder att projektens totala storlek kan ligga mellan ca 5 och 100 miljoner kronor.
- *Styrelsen för teknisk utveckling (STU)* är central förvaltningsmyndighet för initiativ och stöd till teknisk forskning och industriellt utvecklingsarbete. STU's insatser för produktutveckling inom näringslivet sträcker sig i huvudsak från idéprövning till framtagande av prototyper. Där STU's insatser slutar tar utvecklingsfonderna och industrifonden vid.
- *Norrlandsfonden, Regioninvest i Norr, lokaliseringsstöd via AMS, m fl.*

Leasing, som bedrivs av dels särskilda leasingbolag, dels maskinvaruleverantörer, är en finansieringsform som blivit allt vanligare. Mellan 1968 och 1976 har antalet större leasingsbolag ökat från 4 till 10 och verksamheten, uttryckt i leasingsobjektens anskaffningsvärde, har under samma period ökat från 79 till 1 731 miljoner kronor.

Leasing används huvudsakligen vid anskaffning av maskiner och bilar. Speciellt har leasing blivit en vanlig form för att finansiera datorinvesteringar.[1] Även verktygsmaskiner leasas i allt större utsträckning. Däremot är leasing av industrirobotar fortfarande relativt begränsad.

[1] De flesta större datortillverkare med IBM i spetsen har egen leasingverksamhet.

Vid leasing är det leasingbolaget som äger objektet men utnyttjanderätten upplåts till kunden. Fördelarna med leasing är:

- investeringen belastar inte leasetagarens soliditet,
- inga säkerheter krävs. Leasingobjektet är säkerhet,
- hela maskininvesteringen kan finansieras.

Leasingtiden varierar normalt mellan tre och sju år, bl a beroende på leasingobjektets ekonomiska livslängd (datorer 5 år, verktygsmaskiner 6–7 år). Leasingavgiften erläggs vanligen kvartalsvis i förskott. Avgiften motsvarar en effektiv ränta kring ca 16 % om diskontot är 8 %.

Avbetalning är en kreditform som inte är särskilt vanlig då det gäller maskininvesteringar i industrin.

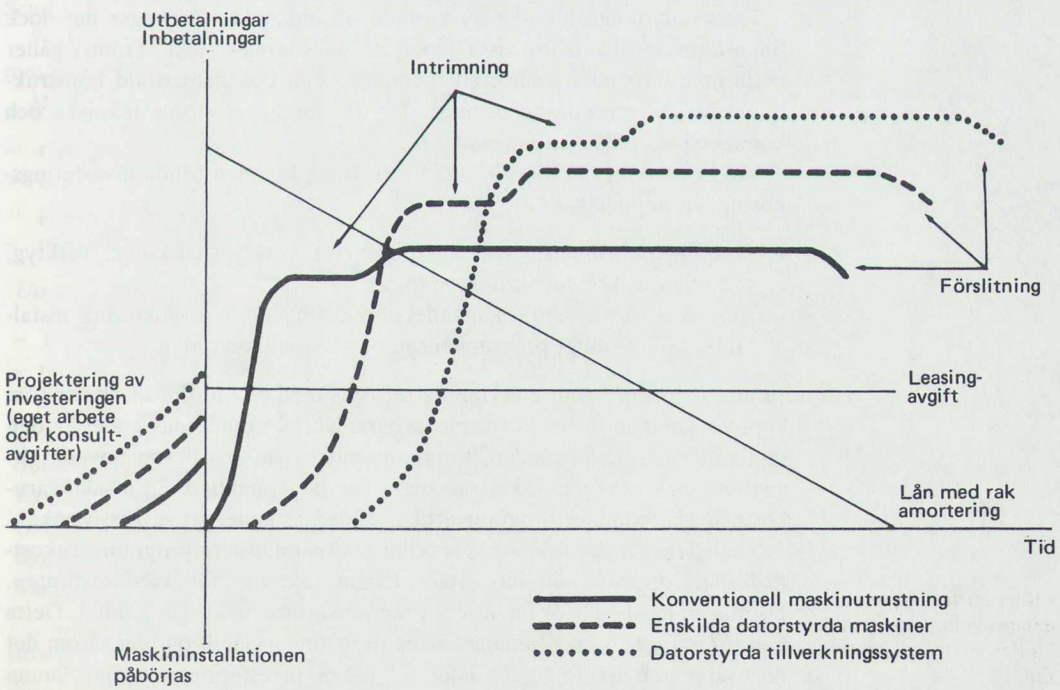
16.3.2 *Finansiella hinder vid investeringar i datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning*

I figur 16.1 visas en förenklad bild av ut- och inbetalningsströmmarna vid olika typer av maskininvesteringar.

De tre kurvorna representerar tre olika typer av maskininvesteringar. Den heldragna kurvan skulle kunna representera en investering i konventionell maskinutrustning, dvs maskiner som man redan har stor erfarenhet av. Om det t ex är fråga om en ersättningsinvestering lyfts den gamla maskinen ut och den nya maskinen installeras på relativt kort tid. Anpassningsarbetet är marginellt och den nya maskinen tas snabbt i drift.

Figur 16.1 Ut- och inbetalningsströmmar vid olika typer av maskininvesteringar.

Källa: DEK.



Den streckade kurvan representerar en mer komplicerad maskininvestering där det krävs en hel del utvecklings- och anpassningsarbete innan maskinen börjar lämna avkastning. Exempel på denna typ av maskiner kan vara numeriskt styrda verktygsmaskiner och industrirobotar.

Den prickade kurvan skulle kunna motsvara en investering i ett tillverkningssystem, där avancerade maskiner av olika slag ingår. Vid sådana investeringar åtgår mycket tid för att installera de olika maskinerna, anpassa maskinerna till varandra, utveckla kringutrustning, testa systemet m m. Det kan således ta relativt lång tid innan investeringen börjar ge överskott. Hur lång tid det tar innan tillverkningssystemet är installerat och intrimmat för fullt kapacitetsutnyttjande beror bl a på investeringens omfattning samt om företaget har erfarenheter av liknande investeringar.

Om man ser på ut- och inbetalningsströmmarna föreligger en dålig överensstämmelse, speciellt vid det tredje exemplet (den prickade kurvan i figur 16.1). För att företag skall kunna klara av sådana investeringar krävs god likviditet. Med leasing blir likviditetskravet inte lika stort men kan fortfarande medföra problem. Ur företagens synvinkel vore det fördelaktigare om utbetalningarna i större utsträckning kunde utformas så att de bättre motsvarade inbetalningsströmmarna. Hinder för detta utgör bl a bankernas och leasinginstitutens krav på säkerhet.

En investering kan som framgick av avsnitt 16.3.1 finansieras på ett flertal olika sätt och kapital kan anskaffas från såväl privata som statliga banker, kreditinstitut och fonder. Det statliga engagemanget på kreditmarknaden har blivit av allt större omfattning och är med sin inriktning mot långsiktiga och riskfyllda projekt ett viktigt komplement till det privata kapitalutbudet. Det finns därför fog att påstå att det allmänt inte finns någon brist på kapital eller utbudet av olika finansieringsformer.

Trots det rikliga utbudet av krediter av olika slag föreligger det dock finansieringsproblem för vissa typer av investeringsobjekt. Främst gäller detta investeringar i avancerad teknologi, som t ex datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning, där det föreligger större tekniska och kommersiella risker än normalt.

Vid investeringar i datorbaserad utrustning kan den totala investeringskostnaden uppdelas i:

- *maskinvarukostnader,* dvs kostnader för verktygsmaskiner, verktyg, styrenheter, kringutrustning m m
- *programvarukostnader,* som innefattar kostnader för projektering, installation, anpassning, programmering, test, utbildning m m..

Ju mer datorkraft som maskinerna utrustas med och ju fler maskiner som kopplas samman desto större blir programvarukostnadernas andel av den totala investeringskostnaden. Programvarukostnaderna består huvudsakligen av lönekostnader. Då dessa stiger betydligt snabbare än maskinvarukostnaderna kommer programvarukostnadernas andel att successivt öka.

Vanligtvis går det inte att låne- eller leasingfinansiera programvarukostnaderna,[1] eftersom de inte utgör någon säkerhet för kreditinstituten. Företagen måste därför finansiera programvarorna med eget kapital. Detta kan för många företag innebära stora problem, speciellt om det såsom det illustreras i figur 16.1, tar lång tid innan investeringen börjar lämna

[1] Bortsett från generella dataprogramvaror som "följer med" maskinvaran.

avkastning. Dock, vissa statliga kreditinstitut som Investeringsbanken, de regionala utvecklingsfonderna och Industrifonden ser till det totala kapitalbehovet och kan därför gå in och finansiera även programvarukostnader.

16.4 Kalkylexempel

16.4.1 *Investeringar i industrirobotar*

I det följande redovisas tre olika kalkylexempel som hämtats från Saab-Scania samt ett större och ett mindre verkstadsföretag. De tre exemplen ger en representativ bild av de kostnader, intäkter, lönsamhets- och sysselsättningseffekter som kan förväntas vid investeringar i industrirobotar. Samtidigt visar också de redovisade exemplen på de brister i företagens kalkylpraxis som vi kunnat konstatera. På kalkylernas intäktssida tas i stort sett endast upp beräknade arbetskraftsbesparingar. De indirekta effekterna på t ex kapitalbindningen i varor, produktkvalitet, arbetsmiljö etc anges endast kvalitativt under rubriken "övriga effekter".

Det skall också understrykas att de redovisade exemplen endast illustrerar investeringar i en maskin eller i mindre maskingrupper. Tillämpningarna är dessutom relativt välkända och ej särskilt komplicerade. Exemplen är därför inte representativa för investeringar i större tillverkningslinjer eller mer komplicerade maskinsystem.

Kalkylexempel 1

Automatiserad hantering av vevstakar för dieselmotorer vid Saab-Scania, Scania-divisionen.

Syftet med investeringen var att automatisera betjäningen av två dragdriftmaskiner. Tillverkningssystemet framgår av figur 16.2.

Motiv för investeringen:

- rationalisering
- förbättrad miljö (ca 60 oljiga vevstakar med en vikt av 7 kg skall bearbetas per timma)
- minskad frånvaro.

Utrustning:

– Två industrirobotar av fabrikatet Unimation,	ca 600 000 kr
– transportbanor	479 000 kr
– spånhanteringsutrustning	
Summa utrustningskostnad	1 079 000 kr
Eget utvecklingsarbete:	340 000 kr
(Det egna arbetet blev 150 000 kr dyrare än beräknat)	
Summa utrustning och installation:	1 419 000 kr

Investeringen finansierades helt med eget kapital, vilket är vanligt för denna typ av investering. Systemet installerades under semestern. Under den första

tiden kördes systemet med 65 % kapacitetsutnyttjande. Efter 3–4 månader var systemet intrimmat och kunde köras med fullt kapacitetsutnyttjande i två skift.

Investeringen beräknades ha en ekonomisk livslängd om 7 år.

Bemanning

	Före	*Efter*
Borrning av kolvtapphål	1 man	
Driftning	4 man	2 man
Ställare	1 man	0,5 man
Ersättare	1 man	
	7 man	2,5 man

Bemanningen före investeringen var 7 man. På grund av den höga frånvaron var 10 man registrerade för detta tillverkningsmoment. I kalkylen anges en besparing av 4,5 man per år.

Oljeförbrukning

Före investeringen åtgick 10 fat/månad. Efter investeringen sjönk förbrukningen till 2 fat/månad.

Årliga besparingar

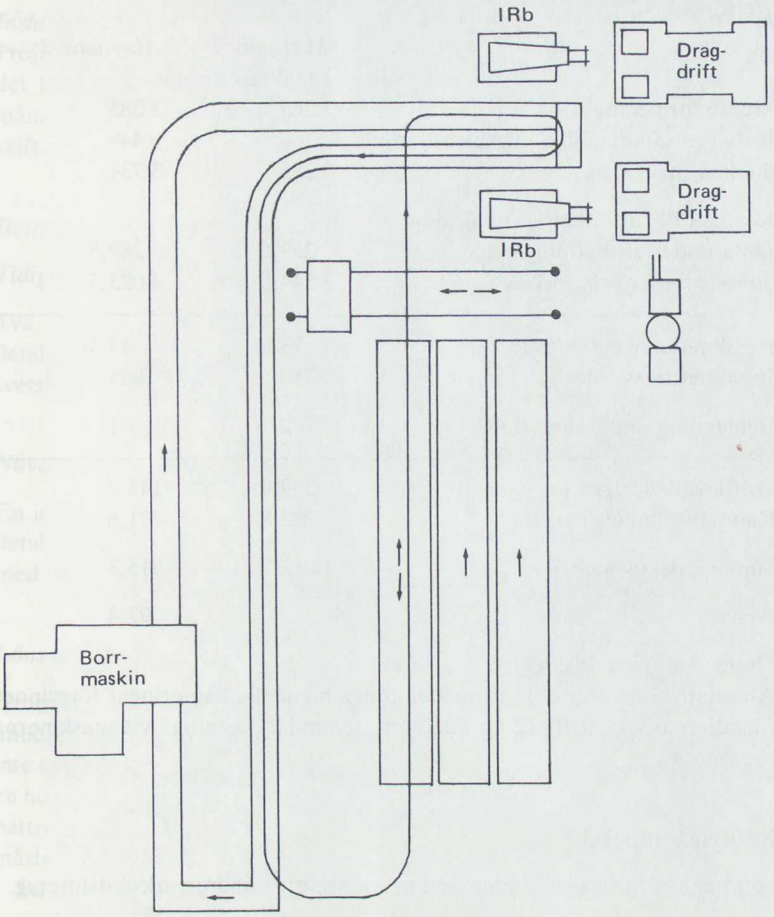
Arbetskraftskostnader	460 000 kr
Olja	40 000 kr
Summa besparingar	500 000 kr

Lönsamhet

Investeringen beräknades medföra en pay-offtid på 2,8 år och en internränta på 28 %.

Efterkalkyl

Investeringens lönsamhet har blivit avsevärt bättre än vad som kalkylerats. Som en följd av den höga orderingången har systemet körts i tre fulla skift mot beräknade två.



Figur 16.2 Tillverkningssystem för vevstakar, borrning, dragdriftning.

Källa: Saab-Scania.

Kalkylexempel 2

Jämförelse mellan två nyinvesteringsalternativ hos ett större verkstadsföretag.

Alternativ 1: Ett maskinsystem för bearbetning av detaljer efter svarvning. Systemet innefattar kuggfräsmaskiner, kugghyvelmaskiner m fl. Manuell betjäning av maskinerna.

Alternativ 2: Samma maskinkonfiguration som alternativ 1 men med den skillnaden att maskinerna betjänas av en industrirobot.

Kalkyl

	Alternativ 1	*Alternativ 2*
	1 000-tals kronor	
Maskinutrustning	3 285	3 285
Robot + sammanbindningsutrustning	–	449
Summa utrustning	3 285	3 734
Kostnad för installation, inkörning		
ränta under anskaffningstiden	259,5	289,5
Summa anskaffningsvärde	3 544,5	4 023,5
Beräknad användningstid	13 år	13 år
Beräknat restvärde	710	805
Bemanning, antal man/skift	2	1
Driftkostnader per år	289,9	143,7
Kapitalkostnader per år	722,8	771,6
Summa årskostnad	1 012,7	915,3
Årsvinst		97,4

Övriga kalkylerade effekter
Alternativ 2 medför dels att många tunga manuella hanteringar försvinner (detaljernas vikt är 10–12 kg), dels att "sekundär passning" vid maskinerna försvinner.

Kalkylexempel 3

Automatisk ljusbågsvetsning med robot hos ett mindre verkstadsföretag.

Tidigare metod:
Tidigare utfördes arbetet i en svängbar svetsfixtur där en laddare betjänade två svetsare som svetsade helt manuellt.

Problemen vid denna typ av tillverkning kan sammanfattas i fyra punkter:

1. Dålig arbetsmiljö för operatörerna; slitsamt för armar, axlar och ryggar. Operatörerna måste bära en tung hjälm för ljusbågskydd, problem med svetsrök.
2. Monotont arbete, mycket stort antal korta svetssträngar.
3. Svårigheter att rekrytera svetsare som är intresserade av denna typ av arbete (se punkt 2).
4. Kvalitet; glömda svetsar, ojämn inbränning m m.

Nuvarande metod:
En laddare som betjänar en ASEA svetsrobot. Laddaren styr robotens arbetscykel.

Finansiering
Utrustningen har finansierats med eget kapital.

Installation

Projekteringstiden uppgick till 8 månader. När utrustningen installerats tog det tre veckor innan alla anpassningar var gjorda. Under ytterligare en månad kördes utrustningen i ett skift. Därefter har utrustningen gått i två skift.

Bemanning, produktion och lönsamhet

Tidigare metod

Två svetsare och en laddare producerade 400 detaljer per 1-skift; 16,6 detaljer per timme och man. Dessutom fanns en "reservsvetsgrupp" med en svetsare och en laddare.

Nuvarande metod

En industrirobot och en laddare producerar 500 detaljer per 2-skift; 31,25 detaljer per timme och man. Produktionen per timme och man ökade således med 88 %.

Lönsamhet

Grundinvesteringen uppgick till 450 000 kronor. Pay-offtiden, som var underlaget för investeringsbeslutet, beräknades till 2,35 år. Då har hänsyn inte tagits till att golvutrymme sparats, att svetsutrustning friställts samt att en högre och jämnare kvalitet erhållits. Dessutom har mindre sjukfrånvaro, bättre arbetsmiljö och säkrare leveranser uppnåtts. Nackdelen är att tvåskift måste tillgripas

Företaget har efter denna investering installerat ytterligare tre robotar.

16.4.2 *Investeringar i CAD-system*[1]

I det följande redovisas några exempel på kalkyler avseende investeringar i CAD-system för konstruktion av kretskort i elektronikindustrin. Som framhölls i kapitel 5 är CAD-tekniken numera en etablerad teknik inom elektronikindustrin, åtminstone bland de större företagen. Det finns således inom denna bransch en relativt stor erfarenhet av CAD-system och de redovisade exemplen kan anses vara representativa för investeringar i CAD-system för kretskortskonstruktion.

Kalkylerna nedan utgår från konstruktion av två olika typer av kretskort:

Typ I, som är ett vanligt förekommande kretskort i elektronikindustrin.

Typ II, som är ett mer komplext kretskort och som huvudsakligen används i militära tillämpningar.

Mantiderna för konstruktion av de två kretskorten med olika metoder framgår av tabell 16.1.

Med ett enkelt CAD-system kan den mantid som åtgår för konstruktionsarbetet, inklusive ett antal ändringar, reduceras med storleksordningen

[1] Uppgifterna i detta avsnitt har hämtats från "Företagsekonomiska aspekter på CAD/CAM-system för elektrisk förbindningsteknik", IVF-resultat 78645.

Tabell 16.1 Mantider vid konstruktion av kretskort med manuella metoder, enkelt CAD-system och avancerat CAD-system

	Typ I		Typ II	
	Nykonstruktion	Ändringar	Nykonstruktion	Ändringar
Manuella metoder	215	37	374	85
Enkelt CAD-system	186	26	304	48
Avancerat CAD-system	97	15	124	30
Besparingar i mantid i jämförelse med manuella metoder, %				
– enkelt CAD-system	13 %	30 %	19 %	44 %
– avancerat CAD-system	55 %	59 %	67 %	65 %

Källa: IVF.

20–25 %. Med ett avancerat CAD-system ligger besparingarna närmare 70 %.

I tabell 16.2 redovisas en lönsamhetsbedömning för ett avancerat CAD-system. Beräkningsexemplet bygger till stor del på uppgifter från ett stort elektronikföretag.

Som framgår av tabell 16.2 är det i princip endast besparingar av lönekostnader som utgör investeringens intäkter. Kalkylen illustrerar med all tydlighet tidigare påtalade brister som föreligger vid kalkylering av

Tabell 16.2 Exempel på lönsamhetsbedömning för ett avancerat CAD-system. Tusentals kronor

Årliga kostnader	Manuella metoder	Avancerat CAD/CAM-system
Direkt lön för påverkade arbetsmoment inom konstruktion (44:–/tim)	850	275
Indirekt lön, administration (75:–/tim)	120	120
Indirekt lön, systemarbete (75:–/tim)	–	120
Lönebikostnad (45 % av ovanstående löner)	435	230
Total lön	1 405	745
Förbrukningsmaterial	15	15
Serviceavtal maskinvara	–	70
Lokalkostnad	30	20
Summa årskostnad	1 450	850
Årlig besparing		600
Investering (system, installation, utbildning)		1 700
Återbetalningstid		2,9 år

Källa: IVF.

utrustning såsom CAD-system. Både DEK's erfarenheter från Sverige och utländska undersökningar visar att företagen i allmänhet ej gör utförligare kalkyler.

16.4.3 *Internationella erfarenheter av investeringar i CAD-system*

Brittiska industridepartementet redovisade 1978 en utredning[1] som belyste vilka erfarenheter som gjorts beträffande användningen av CAD-system i Storbritannien och USA. Då många av utredningens slutsatser sannolikt också är giltiga för Sverige ges nedan en kort sammanfattning.

- Alla de företag som studerades byggde sina investeringsbeslut på förväntade besparingar av arbetskraftskostnaderna. Flertalet investeringsbeslut grundades emellertid mer på "an act of faith" än på konkreta kalkyler. Konstruktionsavdelningarna trodde att den genomsnittliga produktivitetskvoten var 4:1 men eftersom inga efterkalkyler hade gjorts kunde detta antagande ej beläggas.
- De undersökta företagen hade introducerat CAD-system av följande orsaker:
  a. verklig eller prognosticerad brist på konstruktörer
  b. reducerad produktframtagningstid
  c. högre produktivitet.
- I alla de amerikanska företagen som studerades tillämpades skiftarbete, antingen 2x8 timmars skift eller flexibla skift om totalt 20 timmar. Inga av företagen tillämpade skiftarbeten innan CAD-systemen installerades.
- För ett CAD-system med fyra terminaler som används i två skift och som gav en produktivitetskvot om 4:1 beräknade utredningen följande lönsamhetskalkyl:

Tabell 16.3 Genomsnittlig lönsamhet av CAD i USA och Storbritannien

	USA	Storbritannien
Investeringskostnad, £	210 000	238 000
Arbetslönen för en konstruktör, £	14 000	7 000
Återbetalningstid, år	1,1	2,2

Källa: Department of Industry, Mechanical Engineering and Machine Tools Requirement Board.

Lönsamheten är beroende av antalet terminaler i systemet, antalet skift, produktivitetskvoten, arbetslön för konstruktörer samt investeringskostnaden. I tabell 16.4 visas hur lönsamheten påverkas av förändringar i de tre förstnämnda faktorerna (uppgifterna avser Storbritannien).

[1] Department of Industry, Mechanical Engineering and Machine Tools Requirement Board: Computer Aided Design and Manufacture. Survey of available systems and scope for their application in mechanical engineering.

Tabell 16.4 Känslighetsanalys för lönsamhet av CAD-system

Metod för lönsamhets-beräkning	Antal skift			Produktivitetskvot			Antal terminaler		
	1	1,5	2	2:1	4:1	5:1	2	4	6
Återbetalningstid	5	3	2,2	19,2	2,2	1,6	3,9	2,2	1,7
Internränta, %	7	24	39	0	39	60	15	39	56
Kalkylränta, %	11	26	41	0	41	64	17	41	58

Källa: Department of Industry, Mechanical Engineering and Machine Tools Requirement Board.

17 Forskning och utveckling samt tekniskspridning

17.1 En översikt av Sveriges FoU-insatser

I IVA's utredning "Kunskap och konkurrenskraft" (1979) samt i den särskilda näringspolitiska delegationens betänkande "Vägar till ökad välfärd" (Ds Ju 1979:1) återfinns utförliga redovisningar och analyser av de svenska FoU-insatserna samt jämförelser med motsvarande satsningar i utlandet. Här ges därför endast en kort översikt av de svenska FoU-investeringarnas omfattning och utveckling. Därefter följer en diskussion kring FoU-insatser inom området datorstödd konstruktion och tillverkning.

De svenska FoU-investeringarna uppgick 1975 till ca 1,8 % av BNP. De relativa FoU-kostnaderna i Sverige är av samma storleksordning som i Frankrike och Japan. Exempel på länder som satsar mer respektive mindre än Sverige är USA och Storbritannien respektive Norge, Italien och Finland.

Under första delen av 1970-talet ökade de svenska FoU-investeringarna mycket snabbt. Ökningen förklarades huvudsakligen av kraftigt ökade FoU-investeringar i industrin. Sverige ligger i detta avseende tillsammans med USA främst bland OECD-länderna.

De snabbt växande FoU-investeringarna inom industrin har huvudsakligen finansierats av industrins egna medel. Bland OECD-länderna är Sverige det land där industrin har högst andel egenfinansierad FoU.[1]

I tabell 17.1 redovisas de svenska FoU-kostnadernas utveckling under perioden 1971–1977, fördelade på finansieringskällor och utförande organ.

[1] Källa: IVA: Kunskap och konkurrenskraft, sid 95 ff.

Tabell 17.1 Kostnader och finansiering av FoU utförd i Sverige 1971 och 1975 samt uppskattning för 1977. Miljoner kronor, löpande priser

År	1971		1975		1977 uppskattning	
Finansieringskälla:						
Statens stöd (direkt och via anslag från organ av forskningsrådstyp) till grundläggande forskning vid universitet och högskolor	680	(24 %)	1 185	(22 %)	1 550	(22 %)
Sektoranknutna FoU-organisationer	570	(20 %)	1 040	(19 %)	1 350	(19 %)
Näringslivet	1 520	(52 %)	2 940	(54 %)	3 975	(55 %)
Privata icke-vinstgivande organ (stiftelser, fonder samt utländska finansieringskällor)	120	(4 %)	250	(5 %)	300	(4 %)
Totalt	2 890	(100 %)	5 410	(100 %)	7 175	(100 %)
Utförande organ:						
Universitet och högskolor	710	(25 %)	1 340	(25 %)	1 800	(25 %)
Sektoranknutna FoU-organ	410	(14 %)	520	(10 %)	600	(8 %)
Näringslivet inklusive kolletiva forskningsinstitut	1 770	(61 %)	3 550	(65 %)	4 775	(67 %)
Totalt	2 890	(100 %)	5 410	(100 %)	7 175	(100 %)

Anmärkning: Eftersom forskning och forskarutbildning inte särskiljs i anslagshänseende och inga noggranna uppskattningar om verksamhetens fördelning finns är omfattningen av FoU vid universitet och högskolor mycket osäker.
Källa: IVA, Kunskap och konkurrenskraft.

17.2 FoU inom området datorstödd konstruktion och tillverkning

17.2.1 *Inledning*

Datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning utvecklas, produceras och används huvudsakligen inom verkstadsindustrin, varför denna bransch svarar för merparten av FoU-insatserna.

Datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik innefattar ett flertal olika teknikområden, främst konstruktions- och tillverkningsteknik, mekanik, maskinteknik, elektronik och informationsbehandling. Vad som begränsar utvecklingstakten är främst svårigheten att koordinera kunskaperna från de olika teknikområdena, inte minst mot bakgrund av att dessa utvecklas i olika snabb takt.

Den centrala teknikkomponenten i *tillverkningstekniken,* vare sig denna är datorstyrd eller inte, är mekaniken. Denna blir därför i hög grad styrande för utvecklingstakten även vad gäller datorstyrd tillverkningsteknik. Den

snabba tekniska utvecklingen inom data- och elektronikområdet kan endast i mindre utsträckning kompensera begränsningar i mekaniken. *Konstruktionstekniken* bygger däremot i det närmaste helt på informationsbehandling varför datatekniken och elektroniken blir styrande för konstruktionstekni-kens utveckling.

Forskare, tekniker och användare inom den mekaniska industrin har ofta bristfälliga kunskaper i elektronik. Samtidigt har elektronikingenjörer relativt ringa kunskaper i mekanik och produktionsteknik. Denna brist på tvärtekniska kontakter och kunskapsutveckling verkar hämmande för utvecklingen av datorstyrd tillverkningsteknik. Emellertid börjar nu meka-nisterna i allt större utsträckning använda elektroniken som redskap och byggstenar i sin verksamhet.

FoU inom området datorstödd konstruktion och tillverkning bedrivs av följande branscher och organisationer:

- Verkstadsindustri
  - Elektronikindustri
  - Verktygsmaskinindustri
  - Teknikledande företag inom övrig verkstadsindustri
- Forskningsinstitut och branschorganisationer
  - Sveriges Mekanförbund
  - Institutet för verkstadsteknisk forskning (IVF)
- Universitet och högskolor
  - Tekniska högskolor
  - Datatekniska linjer vid universiteten.

Några sektoranknutna FoU-organ, såsom inom energi-, telekommunika-tions-, försvarsområdet m fl finns inte vad gäller tillverkningsteknisk FoU.

17.2.2 *Finansieringskällor*

FoU inom området datorstödd konstruktion och tillverkning finansieras och bedrivs huvudsakligen inom industrin. Tonvikten ligger emellertid mer på utveckling än forskning. Hur stora satsningar som industrin gör är svårt att uppskatta. FoU-arbetet bedrivs huvudsakligen inom elektro-, transportme-dels- (exklusive varv) samt maskinindustri. Under 1975, då industrins FoU-investeringar uppgick till 4 125 miljoner kronor, svarade dessa bransch-er för 23 %, 23 % respektive 18 % av hela industrins FoU-investeringar. Endast en mindre del torde emellertid ha avsett datorstödd konstruktions-och tillverkningsteknik.

Statens stöd till FoU består dels av anslag till industrin, högskolor, forskningsinstitut m fl via styrelsen för teknisk utveckling (STU), dels av den verksamhet som bedrivs vid universitet och högskolor. Omfattningen av STU's stöd redovisas i avsnitt 17.2.2.1.

De resurser som via statsbudgeten avsätts till FoU vid universitet och högskolorna är basresurser som krävs för att kunna bedriva såväl doktorand-utbildning som forskning. Basresurserna till de tekniska fakulteterna har realt sett sjunkit under de senaste åren.[1] För det projektbundna FoU-arbetet är de tekniska fakulteterna i mycket stor utsträckning beroende av anslag

[1] Källa: IVA: Kunskap och konkurrenskraft.

från STU och forskningsråden. Speciellt gäller detta FoU inom området datorstödd konstruktion och tillverkning. Utan anslag från STU skulle det vid högskolorna knappast kunna bedrivas en FoU-verksamhet värd namnet.

Under 1975 uppgick drifts- och kapitalkostnaderna för FoU vid de tekniska fakulteterna till totalt 315 miljoner kronor. Av detta belopp svarade utbildningsdepartementet för 209 miljoner kronor (66 %), 76 miljoner kronor (24 %) var anslag från STU och 30 miljoner kronor (10 %) var gåvor, ersättning från uppdragsforskning m m. Huvuddelen av utbildningsdepartementets anslag används dock för att finansiera forskarutbildningen (basresurser) varför den externa finansieringen, främst från STU, är av mycket stor betydelse för högskolornas möjligheter att bedriva långsiktiga och mer omfattande FoU-projekt.

Staten stöder också FoU-arbete genom ett särskilt skatteavdrag som uppgår till 10 % av forskningskostnaderna (basavdrag) samt 20 % av dessas ökning i förhållande till föregående år. Detta avdragssystem gäller till utgången av 1981. En särskild utredning har tillsatts för att utforma förslag till hur FoU-investeringar skall beskattas då nuvarande system upphör.

17.2.2.1 STU's stöd till datatekniska tillämpningsprojekt inom området konstruktions- och tillverkningsteknik

Under femårsperioden 1973/74 – 1977/78 beviljade STU projektstöd om totalt 105 miljoner kronor till produktionsteknisk forskning och utveckling. Ca 40 % av projektstödet har anvisats till forskningsinstitutioner och 60 % till industriellt utvecklingsarbete. I tabell 17.2 redovisas hur projektstödet har fördelats på branscher.

Tabell 17.2 Projektstöd inom området produktionsteknik, 5-årsperioden 1973/74 – 1977/78. Miljoner kronor, löpande priser

	73/74	74/75	75/76	76/77	77/78	Summa
Verkstadsindustri	5,8	7,7	8,3	11,3	11,9	45,0
Grafisk industri	1,0	1,5	2,0	1,8	2,2	8,5
Skogsmekanisering	0,9	1,8	2,0	2,6	2,4	9,7
Byggnadsindustri	0,9	1,0	1,0	1,1	1,8	5,8
Järn- och stålindustri	1,2	1,8	1,9	2,2	3,2	10,3
Tekoindustri	2,4	2,2	0,9	1,2	2,9	9,6
Sågverksindustri	2,5	2,5	2,8	1,8	1,5	11,1
Plast- och gummiindustri	0,2	0,8	0,7	0,9	1,4	4,0
Glasindustri	–	–	–	0,4	0,4	0,8
Summa	14,9	19,3	19,6	23,3	27,7	104,8

Källa: STU.

Verkstadsindustri

Verkstadsindustrin svarade under femårsperioden 1973/74 – 1977/78 för 43 % av det totala projektstödet inom behovsområdet produktionsteknik. Av verkstadsindustrins projektstöd gick 53 % till forskningsinstitutioner och 47 % till utvecklingsprojekt inom industrin.

Den största anslagsmottagaren för produktionsteknisk forskning och utveckling är Institutet för verkstadsteknisk forskning (IVF), som under perioden 1973/74 – 1977/78 erhöll 42 % av det totala projektstödet till verkstadsindustrin, se tabell 17.3. Stödet till IVF utgår dels som anslag för enskilda projekt, dels genom avtalsbundna ramprogram, som till 49 % finansieras av STU och till 51 % av verkstadsindustrin genom Stiftelsen för verkstadsteknisk forskning.

Tabell 17.3 Stöd till verkstadsindustrins FoU, 5-årsperioden 1973/74 – 1977/78

Projektområde	Milj kr	%
IVF-avtalsbundna ramprogram	19,0	42
Automatisering	8,9	20
Produktionsutrustning, inkl viss automatisering	7,0	15
Komponentutveckling för ovanstående	5,3	12
Metodutveckling	4,8	11
Summa	45,0	100

Källa: STU.

Fram t o m 1978/79 har STU satsat drygt 20 miljoner kronor inom området datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik, se tabell 17.4. Av detta belopp har ca hälften gått till forskningsprojekt av mer grundläggande karaktär, huvudsakligen vid högskolor, medan den andra hälften avsett industriella utvecklingsprojekt. Som exempel på mer omfattande projekt som STU stött kan nämnas:

- ett forskningsprogram inom området datorstödd konstruktion och produktion vid tekniska högskolan i Stockholm (KTH), Linköpings tekniska högskola (LiTH) och IVF (CAD/CAM-gruppen KTH, LiTH, IVF),
- industrirobotforskning vid LiTH,
- två industriella samarbetsprojekt avseende CAD/CAM-system med Saab-Scania respektive konsultföretaget Svensson & Hjelm som projektledare,
- ett industriellt samarbetsprojekt i Norrbotten avseende utveckling av modern teknologi för hål- och planbearbetning med CNC-styrd fleroperationsmaskin, institutionen för bearbetningsteknik vid Luleå tekniska högskola (LuTH).

I DEK's rapport "Datateknik och industripolitik" (SOU 1980:17) finns en mer detaljerad förteckning av de forskningsprojekt som erhållit finansiellt stöd från STU.

Tabell 17.4 STU's stöd till FoU inom området datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik 1972/73–1978/79, 1 000-tals kronor

	72/73–75/76	76/77	77/78	78/79	Summa[a]
Forskning:					
CAD/CAM	764	751	1 490	1 467	7 099
NC-, CNC-, DNC-maskiner			37	704	1 126
Industrirobotar			350	388	911
Övrigt inkl datorstyrda transportsystem	445	90	224	516	2 006
Summa forskning	1 209	841	2 101	3 075	11 142
Industriellt utvecklingsarbete:					
CAD/CAM	205	617	986	480	2 438
NC-, CNC-, DNC-maskiner	300	435	25	749	1 725
Industrirobotar	459	1 222	466	915	3 276
Övrigt inkl datorstyrda transportsystem			460	2 741	3 864
Summa industriellt utvecklingsarbete	964	2 274	1 937	4 885	11 303
Summa totalt	2 173	3 115	4 038	7 960	22 445

[a] I summan är inkluderade anslag, som beslutats t o m oktober 1979 avseende budgetåren 1979/80, 1980/81 och 1981/82.
Källa: STU, DEK.

STU's stöd till produktionsteknisk FoU inom verkstadsindustrin kommer att öka kraftigt under 1980-talet. Enligt STU's långtidsbudget beräknas stödet uppgå till ca 260 miljoner kronor under perioden 1980/81 – 1984/85. Merparten av detta belopp kommer att satsas på projekt inom området datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik.

Mellan STU och Stiftelsen för verkstadsteknisk forskning, som representeras av Sveriges Mekanförbund, har upprättats ett nytt ramavtal beträffande verkstadsteknisk forskning. Enligt detta avtal skall STU och stiftelsen under perioden 1980/81 – 1984/85 satsa 46 respektive 48 miljoner kronor i ett kollektivt forskningsprogram innehållande följande nio temaområden:

Produktion med begränsad bemanning
Metodinriktad tillverkning
Automatisk montering
Snabbare produktframtagning
Materialutnyttjande och nya material
Elektronik och mikrodatorer
Kvalitetstyrning och produktsäkerhet
Gjuteriteknik
Metodutveckling

Huvuddelen av forskningsprogrammet kommer att genomföras av IVF.

17.2.3 *Utförande organ*

17.2.3.1 Universitet och högskolor

Högskolornas FoU-arbete inom området datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik bedrivs huvudsakligen vid de maskintekniska utbildningslinjerna.

Omfattning

För närvarande bedrivs ett 20-tal forskningsprojekt inom området datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik vid fyra av de fem tekniska högskolorna. Forskningsverksamheten är emellertid främst koncentrerad till tekniska högskolan i Stockholm (KTH) och Linköpings tekniska högskola (LiTH).

Finansiering[1]

Forskningsprojekten finansieras huvudsakligen genom anslag från STU. Speciellt gäller detta för projekt av mer grundläggande art. Vid mera målinriktade projekt förekommer det att även industrin bidrar till finansieringen.

Forskning inom området datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik kräver tillgång till mycket dyrbar utrustning: datorstyrda verktygsmaskiner, industrirobotar, datorstödda konstruktionssystem, minidatorer, olika typer av mätinstrument m m. Den nuvarande utrustningsstandarden är i flera avseenden otillfredsställande.

För att höja utrustningsstandarden, som är en viktig förutsättning för forskningens kvalitet, räcker det emellertid inte med tillfälliga resursförstärkningar. Utvecklingen inom området går mycket snabbt och anskaffad utrustning blir snabbt föråldrad. Högskolorna borde därför få tillämpa en avskrivningsplan för utrustning som överensstämmer med industrins avskrivningspraxis.

Samordning av forskning inom Sverige

Någon övergripande plan för den produktionstekniska forskningen vid de tekniska högskolorna föreligger inte. I huvudsak torde det vara så att varje högskola på eget initiativ påbörjar forskningsprojekt utan att dessa är relaterade till projekt vid andra högskolor eller till ett långsiktigt forskningsprogram. Mot bakgrund av bl a de stora utrustningsbehov som krävs för avancerad produktionsteknisk forskning borde denna utformas med utgångspunkt i ett långsiktigt nationellt forskningsprogram.

Ett annat skäl till varför forskningen i högre utsträckning bör samordnas är produktionsteknikens stora industripolitiska betydelse. Avancerad produktionsteknik blir allt viktigare för industrins konkurrenskraft. Om svensk industri även i fortsättningen skall ligga på "fronten" vad gäller avancerad teknik är det viktigt att forskningen får en sådan omfattning och inriktning att industrin snabbt kan tillämpa forskningsresultaten.

[1] Finansieringen av högskolornas utrustning för FoU diskuteras mer ingående i kapitel 18.

Då forskningsprojekten vid högskolorna huvudsakligen finansieras av STU finns det möjligheter att i samband med resurstilldelningen i större utsträckning samordna högskolornas forskning. Med det ramprogram som STU nu lagt fast för den produktionstekniska forskningen har förutsättningarna ökat för en mer långsiktig och samordnad forskningsverksamhet.

Forskning och forskarutbildning

Verkstadstekniska ämnen vid högskolorna har i dag små möjligheter att kvantitativt mäta sig med industrins forskningsverksamhet. Högskolornas viktigaste uppgift har blivit att producera forskarutbildade personer och även för detta är resurserna små. Antalet handledningstimmar per doktorand är av storleksordningen 30 timmar per år.

En stor del av de forskare/doktorander som är anställda av högskolorna har tjänster som är kombinerade med institutionstjänstgöring (undervisning), vanligtvis 1 000 timmar/år. Det återstår då 600 timmar till egna studier och forskning. Rena forskartjänster är mycket sällsynta (dock förekommer det att tidsbegränsade forskartjänster kan tillsättas i STU-stödda projekt).

För närvarande bedrivs forskningen vid de tekniska högskolorna huvudsakligen som ett led i doktorandutbildningen. Detta innebär att en eller flera doktorander arbetar i ett projekt som så småningom leder fram till doktorsavhandlingar. Efter avlagd examen blir p g a tjänstekonstruktionen forskarna ofta arbetslösa vid högskolorna och får i stället söka sig till industrin där de kan fortsätta sin forskning. Det senare är i och för sig ett utbildningsmål och inte en nackdel men om forskarna i allt för snabb takt lämnar högskolan finns stora risker att den kompetens som byggts upp inom forskningsprojektets ram försvinner. Kvar blir den dokumentation som gjorts genom interna skrifter, doktorsavhandlingar samt utrustning som framtagits inom forskningsprojektets ram.

Genom den bristande forskningskontinuiteten återgår kunskaperna där till mera grundläggande nivå inom forskningsområdet och förmågan att fortsätta forskningen inom projektområdet är inte självklar. Detta kan innebära att den teknologiska kunskapsnivån endast långsamt kan höjas inom högskolan och att forskningen där får ett mer kunskapsinhämtande än kunskapsutvecklande syfte.

Ett sätt att förstärka FoU-verksamheten och samtidigt få till stånd ett ökat samarbete med industrin är att skapa högskoleanknutna utvecklingscentra vars verksamhet främst är inriktade mot industriellt utvecklingsarbete. Sådana centra skulle kunna medföra dels en förstärkning och bättre koordinering av högskolornas forskning, dels ett närmare samarbete med industrins FoU-verksamhet.

Forskningscentra av den karaktären som här avses finns i flera länder, USA, Japan, Västtyskland, Norge m fl, se kapitel 21 och "Datateknik och industripolitik" (SOU 1980:17). Det som i Sverige närmast motsvarar sådana forskningscentra är Institutet för verkstadsteknisk forskning (IVF). Dess resurser och verksamhetsinriktning är emellertid inte anpassade för att bedriva sådan verksamhet som här beskrivits.

17.2.3.2 Kollektiva forskningsinstitut

Institutet för verkstadsteknisk forskning (IVF), som bildades 1964, är ett kollektivt forskningsinstitut med Sveriges Mekanförbund och STU som huvudmän. IVF's uppgift är att bedriva tillämpad forskning inom det verkstadstekniska området. Detta ska ske i nära samverkan med verkstadsindustrin, universitet och högskolor samt andra institut. IVF's forskningsprogram bedrivs inom ramen för femårsavtal som sluts mellan huvudmännen.

IVF har ca 75 anställda varav drygt 60 tekniker. Verksamheten vid IVF är organiserad i fem sektioner varav fyra är lokaliserade till Göteborg. Forskning kring datorstödd produktion förekommer både i Göteborg och i Stockholm. Den sektion som utför större delen av denna forskning är placerad vid Tekniska högskolan i Stockholm. Denna sektion har ca 15 anställda.

IVF's verksamhet täcker hela det verkstadstekniska området: maskinteknik, smidning, svetsning, ytbehandling, plåtbearbetning, elektronik, kvalitetsteknik, konstruktionsteknik, produktionssystem m m.

När IVF initierar ett forskningsprojekt tillsätts en särskild stödkommitté med representanter från industrin. IVF uppskattar att ca 1 000 personer från industrin deltar i IVF's och Mekanförbundets verksamhet. Detta sker genom utskotts- och kommittéarbete, erfarenhetsförmedling m m. Ca 10 forskare vid högskolorna är dessutom engagerade i IVF's forskningsprojekt.

IVF's verksamhet är främst inriktad mot att sammanställa och referera nya forskningsresultat samt erfarenheter från forskningscentra och de ledande företagen inom verkstadsindustrin (tekniskspridningsrollen). Forskningsresultaten publiceras i serien "IVF- och Mekanresultat".

I viss utsträckning bedriver IVF också "eget" FoU-arbete, men som en följd av begränsningar i såväl personella som laborativa resurser är det arbete som avser utveckling av ny utrustning, system eller processer av mindre omfattning. Trots detta har IVF genomfört ett antal utvecklingsprojekt som varit av betydelse för industrin.

I IVF's utskott och kommittéer deltar huvudsakligen representanter från de stora företagen. Även om den information som IVF producerar kan vara av intresse även för de mindre och medelstora företagen torde dessa främst vara intresserade av att få hjälp med att lösa specifika problem och inte med en allmän kunskapsuppbyggnad.

Även bland de större företagen finns det företrädare som menar att verksamheten i större utsträckning borde inriktas mot eget avancerat utvecklingsarbete.

Verkstadsindustrin utgör inemot hälften av svensk tillverkningsindustri. Med hänsyn till verkstadsindustrins stora betydelse för svensk industri är det anmärkningsvärt att inte större kollektiva forskningsresurser avsatts för att garantera en framförhållning i denna viktiga bransch.[1] Som jämförelse kan nämnas att skogsindustrin, vars förädlingsvärde uppgår till knappt hälften av verkstadsindustrins förädlingsvärde (1977), till sitt förfogande har ett branschforskningsinstitut (Svenska träforskningsinstitutet, STFI) med ca 330 anställda.

[1] Dock skall framhållas att verkstadsindustrins totala FoU-insatser är väsentligt högre än för andra branscher. Verkstadsindustrin svarar för ca 70 % av industrins FoU-kostnader. Vad som konstaterats ovan avser därför endast de kollektiva FoU-insatserna.

17.2.3.3 Industrin

Huvuddelen av FoU-arbetet avseende datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik utförs av industrin. Omfattningen av industrins FoU-arbete inom området är svår att uppskatta då det innefattar flera olika verksamhetsområden: komponentteknologi, datorteknologi, apparatteknologi, mekanisk teknologi m m. De största FoU-satsningarna görs av de ledande utrustningstillverkarna:

- ASEA (styrsystem, industrirobotar)
- Saab-Scania (styrsystem, datorer)
- Electrolux (industrirobotar)
- Volvo (industrirobotar, datorstyrda transportsystem)
- SATT-Elektronlund (styrsystem)
- CE Johansson (mätutrustning)
- SMT-Pullmax (numeriskt styrda verktygsmaskiner)
- SAJO (numeriskt styrda verktygsmaskiner)
- Lidköpings Mekaniska Verkstads (numeriskt styrda verktygsmaskiner)
- Bygg & Transportekonomi (datorstyrda transportsystem).

Även stora användare av datorstyrda tillverkningssystem, Volvo, Sandvik, Bofors, Atlas-Copco, Alfa Laval m fl, bedriver visst utvecklingsarbete.

Bortsett från några få allmänna projekt, som t ex det internordiska projektet "Geometriska produktmodeller" är det sällsynt med något organiserat FoU-samarbete mellan tillverkare, mellan användare eller mellan tillverkare och användare. När FoU-verksamheten är inriktad mot produktutveckling är det kanske inte förvånande om tillverkarna av konkurrensskäl inte samarbetar. Däremot borde det finnas utrymme för ökat samarbete vad gäller användningen av avancerad produktionsteknik.

Mellan tillverkare av komplementvaror, t ex styrsystem och verktygsmaskiner, föreligger dock visst samarbete men detta avser huvudsakligen försäljningen.

De svenska tillverkarna och användarna har hittills varit framgångsrika att snabbt tillgodogöra sig den nya tekniken. I takt med att utrustningarna blir allt mer avancerade och komplexa (utrustningarna får större datorkraft samt ansluts till datorstyrda system) kommer de nödvändiga kostnaderna för forskning och utveckling att öka kraftigt. Det blir därför allt mer angeläget att svensk industri dels ökar sina FoU-insatser, dels i ökad utsträckning organiserar samarbete mellan företag samt med högskolor och forskningsinstitut.

17.2.3.4 Samarbete industrin – högskolor – kollektiva forskningsinstitut

Som framhållits i de föregående avsnitten förekommer det mycket lite konkret samarbete mellan ovan rubricerade intressenter. Visserligen finns det ett flertal olika referens- och styrgrupper, kommittéer m m där information utbyts och projekt följs upp. Man är från olika håll informerad om varandras aktiviteter och man samarbetar i projekt som har allmän karaktär; t ex frågor som gäller kalkylering, standardisering, definitioner m m.

IFV har, som tidigare framhållits, f n varken resurser eller den inriktning som krävs för att i större omfattning kunna samarbeta med industrin vad gäller konkret utvecklingsarbete.

Som framgick av avsnitt 17.2.3.1 är det relativt få projekt som högskolorna bedriver i samarbete med industrin. Även uppdragsforskning vid högskolorna är i det närmaste obefintlig.

Industrin verkar se högskolorna mer som en källa för personalrekrytering än som en forskningsresurs. Vad beror då detta på? Från industrins sida framhålls ofta följande problem:

1. Högskolorna har för små resurser och arbetar för långsamt.
2. Högskolorna arbetar för långsiktigt.
3. Brist på tvärtekniskt forskningsarbete.
4. Oklarheter vad gäller sekretesskydd och upphovsrätt till forskningsresultaten.

De problem som listats ovan är inte unika för det verkstadstekniska området. Trots detta kan man konstatera att det finns områden där industrin och universiteten och högskolorna har ett betydligt bättre samarbete; medicin, medicinsk teknik, läkemedel, kemi m fl. Gemensamt för dessa områden är dock att det finns stora statliga forskningslaboratorier samt att antalet potentiella användare i industrin är begränsat.

17.2.3.5 Internationellt samarbete

Med stöd från Nordisk Industrifond bedriver högskolor och verkstadstekniska forskningsinstitut i Norden ett antal samarbetsprojekt. I vissa projekt deltar även industriföretag. I tabell 17.6 nedan redovisas de nordiska samarbetsprojekt som stöds av bl a Nordisk Industrifond.

Tabell 17.6 Nordiska samarbetsprojekt inom det verkstadstekniska området

Projekttitel	Projektdeltagare	Projekt-kostnad, milj Skr	Projekt-tid, år
Gasmetallbågsvetsning (adaptiv styrning)	– IVF, Sverige – Svejsecentralen, Danmark – NTH/SINTEF, Norge – Statens Tekn Forsk ningscentral, Finland	2,7	2,5
Geometriska produkmodeller	– Sentralinstitutt for Industriell forskning (SI), Norge – SINTEF – IVF, KTH, LiTH, Sverige – Dansk Teknisk Högskola (DTH) – Nordiska industriföretag	12	4
Bearbetningstekniska förutsättningar för ökad automatisering vid skärande bearbetning	– IVF – SINTEF – DTH – Finlands Metallindustris Centralförbund	3,4	3

Källa: Nordisk Industrifond.

De svenska högskolorna och IVF har också samarbete (informationsutbyte) med utomnordiska högskolor och forskningsinstitut, bl a

- Computer Aided Manufacturing – International (CAMI), USA
- Stanford University, USA
- Cambridge University (CAD-group), Storbritannien
- International Institution for Production Engineering Research (CIRP).

Inom området datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik har de svenska företagen ett relativt begränsat internationellt samarbete, bortsett från normala leverantör/kundförhållanden.

17.3 Tekniskspridning

17.3.1 *Några begrepp*

När ett företag börjar använda en ny produktionsmetod är detta ett led i en teknisk omvandling vars olika faser utgörs av

- utvecklingsarbete som baseras på en ny teknik,
- uppfinning i form av en tekniskt fungerande prototyp,
- innovation i form av den första kommersiella användningen,
- spridning av tekniken till andra företag,
- avveckling på grund av att ännu nyare teknik utvecklats.

Det är viktigt att hålla isär uppfinning och innovation; uppfinning syftar på det tekniska nytänkandet medan innovation syftar på det kommersiella nytänkandet.

En uppfinning föregår vanligen en innovation, men är varken en nödvändig eller tillräcklig förutsättning. Gränsdragningen mellan begreppen är inte knivskarp – en innovation är ofta förknippad med ett visst tekniskt nytänkande och en uppfinning har ofta ett kommersiellt inslag. I diskussionen om tekniskspridning avser vi faserna "innovation" och "spridning till andra företag".

För att göra diskussionen om eventuellt samhälleligt stöd till tekniskspridning en smula klarare, kommer ytterligare en distinktion att göras. Vi skall skilja mellan dels tekniskspridning med avseende på teknikdjup, dels tekniskspridning med avseende på teknikbredd.

Med *teknikdjup* menas innovationsfasen samt spridning till de *teknikledande företagen*. Med *teknikbredd* menas spridningen till övriga företag.

17.3.2 *Tekniknivån i svensk industri*

Allmänt kan konstateras att svensk verkstadsindustri internationellt sett ligger väl framme vad gäller såväl tillverkning som användning av datorstyrd tillverkningsutrustning. Användningen av datorstyrd tillverkningsutrustning har dock hittills varit koncentrerad till ett fåtal stora teknikledande företag.

Trots att användningen av datorstyrd tillverkningsutrustning fortfarande inte är så utbredd bland de små och medelstora företagen ligger de sannolikt

minst lika långt framme som motsvarande företag i våra konkurrentländer. Även vad gäller datorstödd konstruktionsutrustning ligger svensk industri väl framme även om vi inte har någon inhemsk produktion.

Varför ligger Sverige då så långt framme vad gäller såväl tillverkning som användning av datorstyrd tillverkningsutrustning? De viktigaste orsakerna torde vara:

- En allmänt hög teknologisk nivå i den svenska industrin.
- Höga lönekostnader och avgifter baserade på lönekostnaderna.
- Gynnsamma skatte- och avdragsregler som stimulerar kapitalinvesteringar.
- Fackföreningarnas relativt positiva inställning till rationaliseringar.
- Verkstadsindustrins storleksstruktur. Andelen storföretag är internationellt sett mycket hög.

17.3.3 *Organisationer och institut som främjar spridning av ny teknik*

Till viss del kan kanske också den relativt stora användningen av datorstyrd tillverkningsutrustning förklaras av att en rad organisationer och institut verkat för att sprida kunskap om den nya tekniken samt för att underlätta dess införande. De organisationer och institut som direkt eller indirekt stimulerar spridningsprocessen är:

"Djup"
IVF
Högskolor
Tillverkare, leverantörer och konsulter
STU (huvudsakligen finansiellt stöd)
Industrifonden.

"Bredd"
IVF/Mekanförbundet
SIFU
STF/Ingenjörsutbildning
Yrkestekniska högskolor, tekniska gymnasier
Tillverkare, leverantörer och konsulter
Teknisk service som vissa stora företag ger åt sina underleverantörer
Regionala utvecklingsfonderna (huvudsakligen finansiellt stöd)
Arbetsmarknadens parter.

Verksamheterna vid dessa organisationer och institut är emellertid dåligt koordinerade och insatserna för att aktivt bedriva FoU-arbete, utvecklingsarbete och konsulthjälp skulle kunna förstärkas avsevärt. De uppräknade organisationerna och instituten utgör emellertid en god grund på vilken en effektivare organisation för tekniskspridning och -utveckling kan byggas.

17.3.4 *Offentlig upphandling*

Inom åtskilliga områden har offentlig upphandling spelat en nyckelroll för den tekniska utvecklingen. För Sverige i tiden närliggande exempel kan

nämnas det statliga engagemanget i ASEA-Atom eller Ellemtel vilket bidragit till att ny teknik kommit till praktisk tillämpning. I vilken omfattning satsningarna på kärnenergi respektive telekommunikationsområdet stimulerat den produktionstekniska utvecklingen kan vara svårt att bedöma. Det råder emellertid ingen tvekan om att denna form av offentlig teknikupphandling medfört *indirekta* positiva effekter även på den produktionstekniska utvecklingen.

Det militära området är ett annat exempel på där statliga beställningar av tekniskt avancerad utrustning varit en motor i den produktionstekniska utvecklingen.

Ifall staten önskar stimulera den produktionstekniska utvecklingen – i allmänhet eller i viss riktning – kan det dock vara en omväg att gå över upphandling av t ex tekniskt avancerade produkter. I stället bör det vara lämpligare att *direkt* stödja utvecklingen av ny produktionsteknik.

I kapitlet om industri- och forskningspolitiska åtgärder i andra länder (kapitel 21), ges exempel på hur detta kan ske bl a i form av nationella projekt. Även STU's ramprogram är exempel på detta.

17.3.5 *Industriella utvecklingsprojekt – nationella projekt*

Till FoU-arbete hänförs vanligtvis det arbete som innebär att utveckla en produkt eller produktionsprocess från idé till prototyp. Detta arbete karaktäriseras framför allt av tekniska risker.

Nästa steg i utvecklingsfasen är att omsätta FoU-resultaten i industriella tillämpningar; tillverkning av nya produkter samt användning av nya produktionsutrustningar och metoder. Även i detta arbete förekommer tekniska risker, t ex som en följd av att ny utrustning måste anpassas till äldre utrustning eller att de första exemplaren av den nya utrustningen är behäftade med tekniska brister.

De största riskerna är emellertid av kommersiell karaktär. Företagen binder upp sina investeringar i en ny teknik vars lönsamhet är mycket svår att förutse. Det är därför naturligt att många företag avvaktar tills man fått mer erfarenhet, t ex från de företag som först investerat i den nya tekniken. Å andra sidan skaffar sig de företag som framgångsrikt inför ny teknik ett försprång i förhållande till sina konkurrenter.

Ofta tar det mycket lång tid innan ett framgångsrikt laboratorieprojekt når industriell tillämpning. Tidsskillnader på fem år eller mer är i dessa sammanhang inte ovanliga. Sedan flera år tillbaka har man på laboratorienivå arbetat med t ex sensorutrustade industrirobotar. Utvecklingen av metoder och tekniker där olika typer av utrustning (industrirobotar, NC-maskiner, transportutrustning m m) integreras till datorstyrda system är andra exempel. Först nu börjar vissa av resultaten bli industriellt tillgängliga.

Med nationella industriella utvecklingsprojekt avses industripolitiska satsningar där resultaten bedöms få stor betydelse för en hel bransch eller hela industrin. Projekten är ofta förknippade med stor kommersiell risk varför staten i många fall helt eller delvis finansierar projekten. Vanligtvis sker utvecklingsarbetet hos företag i samarbete med forskningsinstitut och högskolor.

Syftet med de nationella projekten är att påskynda den kommersiella tillämpningen av ny teknik. Om projektet lyckas kan den inhemska industrin få konkurrensfördelar. Om projektet å andra sidan misslyckas har man ändå vunnit värdefulla erfarenheter. Man har lärt sig var problemen finns och utvecklingsinsatserna kan därför styras mot dessa problemområden.

I nationella projekt deltar huvudsakligen de teknikledande företagen. Genom att stimulera dessa företag att internationellt sett ligga på teknologifronten hoppas man att resultaten snabbare skall spridas till övriga industrin. För att uppnå detta kan även särskilda program för tekniksprid-ning initieras i anslutning till de nationella projekten.

Inom det verkstadstekniska området har vissa länder, främst USA och Japan, initierat nationella projekt, se vidare kapitel 21. I Sverige förekommer inte sådana projekt inom det verkstadstekniska området men väl inom andra områden (energi, medicinsk teknologi m fl). Detta har flera förklaringar:

- Svårigheter att få till stånd samarbete mellan företag samt mellan företag och högskolor och forskningsinstitut.
- Det finns (med några få undantag) inga kvalificerade statliga beställare av avancerad tillverkningsteknologi.
- Med undantag av varvsindustrin och datorindustrin har verkstadsindustrin hittills varit ringa uppmärksammad i industripolitiken.
- Det har inte funnits statliga organ, kreditinstitut o dyl, som kunnat gå in och satsa kapital med den omfattning och risk som här krävs.

Genom tillkomsten av Industrifonden (1979) har det dock skapats förutsättningar för att finansiera nationella projekt.

Med hänsyn till verkstadsindustrins stora betydelse för svensk ekonomi är det enligt kommitténs mening angeläget att inom denna bransch skapa förutsättningar för ett kraftigt ökat tekniskt och industriellt utvecklingsarbete. Med snabbt stigande energikostnader, ett växande betalningsbalansunderskott, låg eller t o m minskad tillväxt i vissa av våra basindustrier, måste verkstadsindustrin expandera om målsättningarna i den ekonomiska politiken skall kunna realiseras. Visserligen ligger svensk verkstadsindustri redan i dag tekniskt sett långt framme, men det räcker inte. Med utgångspunkt från de relativt gynnsamma förutsättningar som föreligger måste åtgärder sättas in för att även i fortsättningen upprätthålla en gentemot utlandet hög teknisk nivå.

18 Utbildning

18.1 Utbildningssystemets roll och behov

Utbildningsbehov och -möjligheter inom data- och elektronikområdet har behandlats av ett flertal utredningar under de senaste åren t ex Elektronikindustrin i Sverige (SIND 1979:6 och SIND 1980:20), Vägar till ökad välfärd (Betänkande av särskilda näringspolitiska delegationen, Ds Ju 1979:1), Sysselsättningsutredningen (SOU 1979:24), Lärarutbildningsutredningen (SOU 1978:86), Kunskap och konkurrenskraft (IVA 1979) m fl. Listan på utredningar kommer snabb att utökas i takt med att nu verksamma utredningar (t ex den referensgrupp för forskning och utbildning inom dataområdet som tillsatts av UHÄ) och arbetsgrupper färdigställer rapporter inom utbildningsområdet.

Vad är då orsakerna till att man från olika håll ägnar så stor uppmärksamhet åt utbildningsfrågorna inom data- och elektronikområdet? När nu ämnet behandlats av så många utredningar under så lång tid kan man också fråga sig varför man ständigt återkommer till utbildningsfrågorna. Har inte de tidigare utredningarna resulterat i nödvändiga åtgärder?

Vi skall i det följande diskutera och försöka besvara de frågeställningar som rests ovan.

Kunskapsutveckling och kunskapsspridning spelar en central roll inom industriella verksamhetsområden som är under snabb tillväxt och utveckling. Datateknik och elektronik är onekligen ett sådant område. Dessutom har detta teknikområde en särskild dimension som en följd av att det i snabbt takt tränger in i praktiskt taget alla samhällssektorer och påverkar såväl arbetslivet som vår fritid. Den viktigaste aspekten är emellertid att tillgången till såväl bred som djup kompetens spelar en stor roll för vår *internationella konkurrenskraft*. Denna påverkas på två sätt. Dels som en följd av att datorer och elektronik i ökad utsträckning kommer att ingå både i produkter och produktionsprocesser, dels genom att elektronikindustrin i sig är en bransch med *stor tillväxtpontential* som kan kompensera nerdragningar i andra för Sverige mindre lönsamma företag och branscher.

Den svenska verkstadsindustrin har utvecklats till en av de mest avancerade i världen främst genom ett högt ianspråkstagande av kapital (automatisering) samt ett högt tekniskt kunnande hos personalen. Kapital och sådan kunskap som är "inbyggd" i kapitalet (maskiner) kan emellertid lätt flyttas mellan olika länder vilket i stor utsträckning också skett under det senaste decenniet. Det tekniska kunnandet som avser produktionsproces-

sens uppbyggnad och organisation liksom den kunskap som man säljer som ett komplement till en produkt är en produktionsfaktor som inte lika lätt kan kopieras och överflyttas till andra länder. Med den ökade rörligheten hos kapitalet blir därför *kunskapsfaktorn alltmer det avgörande konkurrensmedlet.*

Under det senaste decenniet har flera branscher såsom varv, teko, järn- och stål, gruvor m fl på kort tid tvingats minska såväl sysselsättning som produktionsvolym. För att uppnå balans i samhällsekonomin måste detta kompenseras genom att frigjorda produktionsresurser styrs över till mer expansiva sektorer, framför allt till verkstadsindustrin. Vad gäller produktionsfaktorn kapital (investeringar) kan anpassningen ske relativt snabbt och friktionsfritt. Däremot är det en smärtsam och tidsödande process för arbetskraften att flytta över från en bransch till en annan. Yrkeskunskap går förlorad samtidigt som brist på ny kunskap föreligger. Den takt med vilken arbetskraft från krympande företag och branscher kan erhålla anställning i andra företag och branscher är självfallet beroende av var dessa finns och vilket arbetskraftsbehov de har. Men det beror också på i vilken omfattning och hur snabbt samhället ställer upp med utbildingsinsatser som tillgodoser industrins behov av yrkesutbildad arbetskraft. På såväl kort som lång sikt är *utbildningen ett av samhällets viktigaste medel för att underlätta strukturomvandlingen.*

Den snabba tekniska utvecklingen inom data- och elektronikområdet får effekter på yrkesstrukturen. Efterfrågan på vissa yrkeskategorier kommer att reduceras samtidigt som nya yrkeskategorier kommer att efterfrågas. Inom många yrken kommer dessutom nya yrkeskunskaper att efterfrågas. Detta kommer att ställa stora krav på att utbildningen både till sitt innehåll och dimensionering snabbt anpassas till de förändrade behov som tekniken medför.

Kraven på yrkeskunskap ökar inom många yrken. För bara några decennier sen kunde ungdomar med enbart folkskola erhålla anställning som t ex springpojke (-flicka) för att sedan avancera i företaget. I dag är detta knappast möjligt. Människor utan yrkesutbildning eller "rätt" typ av yrkesutbildning får allt svårare att finna anställning. Den strukturella arbetslösheten ökar. Det "bisarra" är att även under en lågkonjunktur då arbetslösheten ökar har t ex verkstadsindustrin svårigheter att rekrytera vissa typer av utbildad arbetskraft.

Med detta har vi något berört frågan varför samhället fäster så stor vikt vid utbildningssystemet. Emellertid skall framhållas att vad som ovan beskrivits endast avser en av utbildningssystemets två huvuduppgifter, nämligen att ge människor en utbildning som svarar mot arbetsmarknadens behov. Den andra huvuduppgiften är att ge varje individ en kunskapsbas som gör det möjligt för honom/henne att utveckla sin egen förmåga och person. Det stora problemet för utbildningssektorn är just balanseringen mellan att utbilda "specialiserade produktionsfaktorer" å ena sidan och kritiskt tänkande "generalister" å andra sidan. Sannolikt är det denna avvägning som till stor del förklarar att utbildningen ständigt upplevs som otillräcklig.

I den följande redovisningen kring utbildningssystemets omfattning och inriktning diskuteras utbildningsfrågorna endast i relation till arbetsmarknadens, speciellt verkstadsindustrins, behov av utbildad arbetskraft.

Under både 1960-talet och 1970-talet har man från såväl industrins som andra samhällssektorers sida framhållit att utbildningen inom datateknik, elektronik och annan jämförbar yrkesutbildning släpat efter både kvalitativt och kvantitativt. Den utbildning som grundskolan och gymnasieskolan ger i datateknik och maskinteknik anses från industrihåll ligga flera år efter industrins tekniknivå.

Varför har då utbildningens innehåll en så långsam anpassning till de behov som finns i industrin och andra sektorer och varför utbildas det inte tillräckligt många inom s k "bristyrken"? För att börja med den sista frågan kan konstateras att det för vissa utbildningslinjer/-nivåer finns färre utbildningsplatser än vad som motsvaras av samhällets efterfrågan. Generellt sett tycks detta dock inte vara ett stort problem. I tider av högkonjunktur är efterfrågan på arbetskraft alltid större än utbudet.

Det verkliga problemet är att för vissa bristyrken, t ex verkstadstekniker, blir inte alla tillgängliga utbildningsplatser besatta. Att så är fallet beror delvis på brister i utbildningssystemet, t ex att man inte givit tillräcklig information om karriärmöjligheter m m. Förklaringen till att ungdomen inte söker sig till vissa utbildningslinjer, trots att industrin efterfrågar personal med sådan utbildning, torde dock främst bero av sådana faktorer som att företagen inte i tid redovisar sina framtida rekryteringsbehov och vilka utbildningskrav man ställer, löneformer och lönenivå relativt andra yrkeskategorier, arbetsmiljö, arbetsinnehåll samt allmänhetens attityder till vissa yrken.

Den inverkan löneformer, lönenivå och arbetsmiljö har på industrins möjligheter att rekrytera arbetskraft har tidigare diskuterats i kapitel 15. Beträffande de attityder som finns till vissa yrken, t ex uppfattningen att verkstadsarbete är tråkigt, smutsigt, bullrigt samt att det socialt har låg status, är något som är ett resultat av hela samhällets värderingar. Detta är emellertid attityder som kan och bör förändras.

Vad gäller företagens bristande planering avseende framtida rekryteringsbehov kan konstateras att det alltid kommer att uppstå brister om företagen fortsätter att i bästa fall meddela sina behov ett par månader i förväg. Det tar dock 2–4 år att grundutbilda en verktygstekniker. Många företag kanske menar att det ej är möjligt att ha så lång planeringshorisont. Emellertid är det ju så att åtminstone de stora företagen har rullande investeringsplaner om ca fem år. Dessa innefattar bl a planerade maskininvesteringar. Då det krävs människor för att installera, övervaka, programmera och betjäna maskinerna borde företagen kunna beräkna sina personalbehov i samma utsträckning som sina behov av maskinanskaffning. Information om det framtida rekryteringsbehovet måste dessutom nå fram till utbildningsanordnarna så att utbildningen till sitt innehåll och omfattning kan dimensioneras därefter.

Beträffande eftersläpningen i utbildningens innehåll kan man också här peka på att utbildningssystemet inte i tid erhåller signaler från industrin avseende de förändringar som är nödvändiga. En annan orsak är att det föreligger trögheter i själva utbildningssystemet som delvis förklaras av att skolan har flera finansiärer och huvudmän. För de brister som konstaterats vad gäller fortbildning av lärare i ämnen som förändras snabbt, utveckling av nya kurser, för ämnet nödvändig utrustning m m bör utbildningsmyndighe-

terna och statsmakterna ta på sig ansvaret. Det skall t ex inte behöva ta sju år för en utredning att lägga fram förslag om datorn i skolan.

Vi skall i det följande återkomma till de problem och brister som redovisats ovan.

18.2 Avgränsningar

Som framgick av inledningen till föregående avsnitt har ett flertal utredningar nyligen behandlat utbildningsfrågorna inom data- och elektronikområdet. Vi vill särskilt framhålla SIND's utredning, Elektronikindustrin i Sverige, som gjort en bred kartläggning och probleminventering avseende utbildningsutbud och -behov inom data- och elektronikområdet. Vi anser inte att det krävs någon ytterligare redovisning av detta område. I stället skall vi i det följande avsnittet ge en kort sammanfattning av SIND's resultat. Därefter följer en redovisning av utbud, efterfrågan och problem vad gäller den verkstadstekniska utbildningen. Tonvikten kommer att läggas på beskrivningar av de krav som ställs på denna utbildningslinje som en följd av industrins ökade användning av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning.

Vad gäller behovet av verkstadsteknisk utbildning har vi relaterat detta till dels företagens behov av utbildad personal, dels till de anställdas och de fackliga organisationernas behov att skaffa sig kunskap om vad den datorstödda konstruktions- och tillverkningstekniken får för effekter på arbetsmiljö, arbetsorganisation, arbetsinnehåll m m.

För en djupare analys av utbildningsbehov och -utbud inom det verkstadstekniska området hänvisar vi till den rapport som läggs fram av dataeffektutredningen.[1] Denna utredning, som arbetar parallellt med DEK, har till uppgift att studera frågor som rör sysselsättning, arbetsmiljö och utbildning.

18.3 Sammanfattning av SIND's kartläggning av utbildningsutbud och -behov inom data- och elektronikområdet[2]

I det följande redovisas en sammanfattning av de resultat och slutsatser angående problem, utbildningsbehov och utbud som anges i SIND's utredningar "Elektronikindustrin i Sverige. Del 1. Komponenter och utbildning" samt "Del 2. Elektronikanvändningen i verkstadsindustrins produkter" (SIND 1979:6 och SIND 1980:20). Det skall framhållas att utgångspunkten för SIND's arbete endast har varit det industripolitiska perspektivet. Utbildningsbehoven har därför endast relaterats till företagens rekryteringsbehov.

Utbildning i elektronik och datateknik på olika nivåer

I *grundskolan* finns idag varken något orienterings- eller specialämne typ "datalära". Kursplaner och kursinnehåll har inte alls förändrats. Då teknikfronten har fortsatt att skjutas snabbt framåt har detta inneburit att

[1] Industrins datorisering – effekter på arbetsmiljö och sysselsättning (SOU 1981:17).

[2] Den redovisning som här ges av SIND's utredning har i vissa avseenden kompletterats med information som DEK erhållit efter det SIND's utredningar färdigställts.

eftersläpningen blivit allt mer påtaglig under de senaste åren.

Inom vissa av *gymnasieskolans tekniska linjer* har elektroniken och datatekniken dock givits ett betydande utrymme. Detta gäller främst delar av den tele-tekniska varianten av den el-tekniska grenen. Inom andra delar av denna gren och – än mer uttalat – andra el-inriktade grenar har, från såväl utbudssidan (skolan) som efterfrågehåll (industrin), kunnat konstateras att data- och elektronikområdet är dåligt intäckt. Stora begränsningar har också konstaterats för mer renodlade maskin-mekaniklinjer.

Gymnasieskolans kurser är i hög grad bestämda av ett på central nivå fastställt innehåll. Det är därför angeläget att den centrala skolmyndigheten SÖ kontinuerligt anpassar läroplanerna inom framför allt de tekniska områdena, med hänsyn till förändringarna i dessa ämnen. Datatekniken och elektroniken kommer under 1980-talet att, som framgått tidigare, bli det av de tekniska ämnen som kanske utvecklas snabbast och som får de största effekterna på arbetslivet i stort. Vid sidan av ett stort behov av en allmänt ökad flexibilitet i kursanpassningen inom gymnasieskolans tekniska grenar, kan mer speciellt framhållas de nu konstaterade förnyelsebehoven inom olika el- och maskintekniska grenar vid sidan av den teletekniska varianten.

På *högskolenivå* innehåller grundutbildningen inom det tekniska/naturvetenskapliga området särskilda grenar avdelade för elektronik- eller datateknisk inriktning eller möjligheter till sådana specialiseringar inom närliggande grenar. Intresset från de studerande, i de fall kurser av detta slag är frivilliga, är ofta stort. Dessa förhållanden har också visat sig gälla inom maskinlinjen.

Möjligheterna att lokalt på högskolor och institutioner förändra och anpassa sina kursplaner med hänsyn till t ex teknikförändringar eller särskilda behov hos företagen i högskoleregionen, är formellt sett goda. Här har också kunnat konstateras att man inom de olika tekniska högskolorna – och då de här främst aktuella grenarna elektro och maskin – specialiserar sig på olika delområden. Härigenom finns således de formella förutsättningarna för en successiv anpassning av kurser och kursinnehåll till elektronikens och datateknikens utveckling. Samtidigt är emellertid kursförnyelse och kursrevideringar förknippat med stora resursinsatser (främst lärartid) som många gånger avsevärt försvårar en nödvändig förnyelse. Industriverket har inte haft möjlighet att närmare studera just denna fråga, men anser sig ha kunnat observerat en påtaglig och till synes befogad oro inom högskolesektorn för de mycket knappa resurserna för sådan löpande kursförnyelse.

Vidareutbildning (påbyggnadsutbildning) och *fortutbildning* (förnyelseutbildning) inom data- och elektronikområdet är idag omfattande. Ett viktigt undantag i detta avseende är dock lärarfortbildningen. För personer med normalt grundskole- eller gymnasieutbildning i botten, svarar AMU- och KOMVUX-verksamheterna vid sidan av företagens interna utbildning för de kvantitativt sett största insatserna. Vid sidan härav finns en rad privata eller offentliga institutioner som arbetar inom området. Främst märks här industriverkets enhet för företagsutveckling (SIFU), vilken årligen har inemot 5 000 kursdeltagare inom områdena elektronik och datorteknik.

Kraven på vidarutbildningsverksamheterna gäller dels personal som redan besitter viss elektronik-datateknisk kunskap, dels personal med maskin-

mekanikbakgrund. Vidareutbildningsbehovet finns på flera nivåer. De största behoven återfinns dock inom kategorierna grundskolutbildade och gymnasie-/institutsingenjörer, medan däremot situationen för ingenjörer med högskoleutbildning framstått som annorlunda och bättre. För den senare kategorin – som utgör en mer begränsad grupp – finns många gånger också särskilda möjligheter att vid högskolorna förnya och bygga på sin tidigare utbildning.

Enligt SIND framstår åtminstone följande slutsatser som särskilt viktiga för vidareutbildningssektorns del:

- Antalet utbildningsgivare är mycket stort. Såväl den samlade utbildningsvolymen som de olika kurserna som ges tycks i stort sett tillgodose de behov som finns i verkstadsindustrin. Däremot föreligger det brister vad gäller *samordningen mellan företagens behov av utbildning och kursgivarnas utbud.* Många gånger förekommer, enligt såväl företags egna som utbildningsgivares bedömningar, att man skickar anställda på "fel" kurser. Kursen visar sig inte passa till företagets speciella behov och/eller den kursdeltagandes förutsättningar. Det förefaller vara lika vanligt att man kommer på alltför avancerade kurser som på alltför ytliga kurser.
- Det måste vara en strävan att, främst med hänsyn till den mindre och medelstora industrins behov, organisera verksamheten så *lokalt* som möjligt.
- Verksamheten måste inrymma *många nivåer* i kvalitativt hänseende – från enkla, allmänorienterade kurser/informationsdagar till relativt avancerade kurser i programmering och konstruktion inom mikroelektronikområdet.

Vidareutbildning inom företagen har en betydande omfattning. Inom verkstadsindustrin erhöll under 1975 närmare 40 % av de anställda någon form av utbildning. Utbildningstid per anställd uppgick till ca 50 timmar.[1] Av den totala utbildningsvolymen skedde 80 % i företagens regi medan resten var extern utbildning. Inom de större företagen, med väl fungerande utbildningsavdelningar, sköts det mesta internt. Hos de mindre företagen sker utbildningen i större utsträckning i extern regi.

Under lågkonjunkturen 1976–1978 ökade sannolikt utbildningsinsatserna kraftigt bl a som en följd av ökade subventioner från samhällets sida.

Lärarutbildningen och *skolornas utrustningsbehov* är de två områden som SIND anser vara mest eftersatta vad gäller datateknisk och elektronisk utbildning.

Den organiserade fortbildningen av ämneslärare och andra aktuella lärare inom området datateknik-elektroni är idag mycket begränsad. Detta förhållande har flera orsaker.

Delvis är det en ersättningsfråga. En stor del av den kursverksamhet som skulle kunna vara aktuell för lärarna pågår under ordinarie terminstid, varför ledighet med rätt till B-avdrag måste sökas. Rätt till B-avdrag medges av länsskolnämnden. Ofta avslår dock nämnden sådana ansökningar med motiviering att kursen inte är nödvändig för den aktuella lärarens verksamhet. Detta förhållande sammanhänger i sin tur nära med läroplanernas formella utformning. De största svårigheterna uppkommer här för lärare utan direkt verksamhet i elektronikutbildning.

Delvis är det också en fråga om tidigare resursuppbindning. Mycket av de fortbildningsmedel som står till SÖ's förfogande är bundet till utbildning som betingats av förändringar i organisation eller arbetssätt. Därmed blir

[1] Källa: Företagsutbildningsutredningen. Det skall observeras att utbildningsdeltagandet varierade kraftigt med ålder och utbildningsbakgrund. Personal i åldern 25–44 år med eftergymnasial utbildning erhåller betydligt mer utbildning än andra personalkategorier.

resurserna för fortbildning i enskilda ämnen mer begränsade.

Delvis kan det vara en fråga om många lärares motvilja mot att delta i kurser under sommarferierna. Från lärarnas fackliga organisationer hävdas det som en princip att all vidareutbildning skall ske på ordinarie arbetstid.

Lärarutbildningsutredningen (LUT) anser i sitt betänkande det nödvändigt att organisationen för lärarnas fortbildning förändras och att resurserna ökas.

Av vad som framkommit i industriverkets utredningssarbete *framstår lärarfortbildningen inom data- och elektronikområdet som en mycket viktig förutsättning för den inhemska kunskapsspridningen inom området.* Industriverket finner därför LUT:s förslag om vidgade fortbildningsmöjligheter mycket välgrundade.

Industriverket menar dock att de tider som aktualiserats för fortbildningen – tio dagar per år på ordinarie arbetstid – knappast kan ge det kontinuerliga kunskapstillskott som erfordras med hänsyn till data- och elektronikområdets utveckling. Ett tillskott på endast fem dagar utöver fem befintliga framstår som ett alltför begränsat tillskott. Vidare finns erfarenhetsmässigt en tendens att ofta samma enskilda lärare regelbundet deltar i kursverksamhet, medan andra lärare aldrig deltar i sådan verksamhet. *Industriverket ifrågasätter därför effekten av en utvidgad fortbildningsmöjlighet byggd endast på frivilligt deltagande.* Helt säkert undanröjer dessa ökade fortbildningsmöjligheter vissa tidigare hinder för deltagande i kurser. Likväl torde först ett system för *obligatorisk kunskapsförnyelse* innebära tillfredsställande omfattning på fortbildningen.

Inom elektroniken och datatekniken är det ytterst angeläget att LUT's förslag förverkligas. Få ämnes- och teknikområden torde just nu och under det kommande decenniet utvecklas och förändras så fort och vinna sådan snabb utbredning som detta område. Härigenom finns ett avgörande motiv att *prioritera detta område i direkt eller indirekt berörda ämneslärares forbildning.*

Utrustningsförhållandena har naturligen en central roll i all utbildning. Genom elektronikens och datateknikens mycket snabba tekniktillväxt intar utrustnings- och apparatfrågan här en kanske mer central fråga än inom många andra teknikgrenar. Samtidigt bör dock observeras att inte endast den "fysiska" utrustningen – hårdvaran – har en viktig roll. Även mjukvaran – system och program – har en stor betydelse.

Utrustningstillskotten till högskolorna sker i huvudsak på följande vägar:

1. Årliga kostnadsramar till universitet och högskoleämbetets (UHÄ) disposition under anslaget Inredning och utrustning av lokaler vid högskoleenheterna m m. För bå 1979/80 uppfördes en ram om 58 miljoner kronor som, sett i löpande priser, motsvarade en genomsnittlig avskrivningstid av ca 15 år för *all* utrustning vid högskoleenheterna. Motsvarande ram för bå 1980/81 uppgår till 70 miljoner kronor. UHÄ-ramarna är främst avsedda för utrustning för den grundläggande utbildningen och basutrustning för forskning.
2. Särskilda kostnadsramar under samma anslag för större utrustningsprojekt främst i samband med ny- och ombyggnader.
3. Kostnadsramar till forskningsrådsnämndens (FRN) disposition för mer dyrbar

forskningsutrustning. För bå 1979/80 och 1980/81 har ramar uppförts med 15 miljoner kronor resp 25 miljoner kronor.

4. Styrelsen för teknisk utveckling (STU) har ett utrustningsanslag om ca 14 miljoner kronor, varav ca 70 % fördelas till högskolor och kollektiva forskningsinstitut. Storleksordningen 75 % av anslaget utgår som utrustningslån. Utrustning kan dessutom finansieras via projektanslagen.
5. Indirekta utrustningstillskott genom att utomstående organisationer finansierar utrustningsinköp vid forskningsprojekt.
6. Avställd utrustning som skänks eller säljs till lågt pris av enskilda företag.

För upphandling av utrustnig inom angivna kostnadsramarna 1–3 ovan disponerar utrustningsnämnden för universitet och högskolor (UUH) 115 miljoner kronor under bå 1980/81. UUH har härutöver beställningsbemyndigande för ytterligare 180 miljoner kronor. Utrustningstillskott från enskilda företag är av marginell omfattning. Ofta är också utrustningen tekniskt föråldrad, om än i fullgott användbart skick. Utrustning som anskaffas för särskilt finansierade forskningsprojekt inom elektronik- och datorområdet är endast till begränsade delar och för vissa utrustningstyper av reell betydelse.

Den största tillskottsposten för kontinuerlig utrustningsförnyelse finns synbarligen i det löpande programanslaget till respektive högskola. Högskolan svarar själv (genom sin styrelse) för fördelningen på utbildningslinjer.

Industriverket värderar inte närmare hur dessa fördelningsprinciper slår med hänsyn till just elektronik- och datateknikområdet, men konstaterar att förnyelsetakten inte motsvarar detta teknikområdes utvecklingstakt.

I remissyttrande på SIND's utredning säger UUH att de avskrivningstider på 3–5 år, som SIND anser vara önskvärda, har inte på långt när kunnat uppnås inom de kostnadsramar som hittills anvisats. Om man skulle prioritera anskaffningen av elektronisk utrustning inom tillgängliga kostnadsramar, skulle de redan för långa avskrivningstiderna för övrig utrustning förlängas.

Forskningsrådsnämnden (FRN) har uppskattat den genomsnittliga åldern på högskolornas *forsknings*utrustning till ca 20 år. Man arbetar nu med att på väsentliga punkter nedbringa genomsnittsåldern till 10 år. På *gymnasieskolans tekniska grenar* är utrustningstillgången i vissa fall god. Däremot konstaterar SIND att vid skolor med T-linje utan årskurs 4 saknades i flertalet skolor möjligheter till praktisk datorutbildning. Under senare delen av 1970-talet har dock gymnasieskolan fått ett kraftigt tillskott av datorutrustning och enligt DEK's mening är utrustningsförhållandena nu relativt tillfredsställande. I petita för 1981/82 kommer SÖ att begära medel för ytterligare modernisering och komplettering av utrustning till en nivå som svarar mot de utrustningslistor som upprättats för de nya läroplanssupplementen.

Arbetsmarknadens behov

Under de kommande åren kommer det att ske förskjutningar i kraven på såväl nytillskottet av utbildad personal till företagen som den i företagen verksamma personalen. I mycket hög grad har dessa diskussioner fokuserats kring de teknisk-naturvetenskapliga områdena.

Det finns kanske därför skäl att särskilt uppmärksamma den "artskillnad" som finns mellan å ena sida flertalet tekniska/naturvetenskapliga ämnesområden och andra utbildningslinjer. Något förenklat kan det uttryckas så att behoven och förändringskraven inom de tekniska områden hänförs i hög grad till ett *kvalitativt förnyelsebehov*, medan inom andra områden behov och krav ofta uppkommer mer utifrån *kvantitativa brister*.

Härigenom görs en viktig åtskillnad mellan ämnesområdet teknik å ena sidan och övriga ämnen å den andra. De tekniska utbildningslinjerna måste ges särskild flexibilitet. Förmågan att förändra, anpassa och vidareutveckla kursutbud, utrustning och lärarkader måste vara särskilt väl utvecklad. För detta talar inte bara förekomsten av kvalitativa snarare än kvantitativa förändringar, utan även den hastighet varmed detta område jämfört med andra förändras.

Sysselsättningsutredningen har, utifrån material från statistiska centralbyrån, närmare studerat balansen mellan utbud och efterfrågan för olika utbildningsgrupper fram till 1990.

Sysselsättningsutredningen konstaterar för tiden fram till 1990 ett växande överskott på ungdomar med enbart grundskoleutbildning. Man förväntar sig likaledes ett stort överskott från gymnasiala utbildningslinjer, särskilt inom områdena humanistisk och social utbilding. Behovet av arbetskraft som troligen ej kan tillgodoses med yrkesutbildade personer finns inom områdena vård, bygg- och anläggning samt processteknik.

Näringspolitiska delegationen pekar på ett under de närmaste åren kraftigt avtagande elevantal inom gymnasieskolans N- och T-linjer.

Prognoser för efterfrågan och utflöde av utbildad arbetskraft – enligt nuvarande trender – har ställts mot varandra. Utflöde och behov visar sig i stort balansera varandra för högskoleutbildade naturvetare och tekniker. Det beräknade utflödet från gymnasieskolan ligger något över rekryteringsbehovet. Av detta finns möjlighet att dra den försiktiga slutsatsen, att dimensioneringen av det totala utbildningssystemet – ej säkert enskilda teknikområden – är tillfredsställande.

Företagsutbildningsutredningen inriktade sig mot behovet av förnyelse och utveckling av kompetensen hos de enskilda företagen. Utredningen konstaterar att det inom vissa yrken sedan lång tid varit brist på utbildad personal. Utredningen konstaterade att ca 20 procent av samtliga företag (över 20 anställda) under senare år – fram till 1977 – haft problem att rekrytera personal med viss utbildning. Särskilt stora svårigheter har funnits för större företag och inom vissa branscher, bl a verkstadsindustrin. I ungefär hälften av dessa företag angavs att man anställt personal utan för befattningen önskvärd utbildning. När detta skett har företagen oftast själva anordnat utbildning. De yrken som i svaren angavs utgöra största problemen (år 1975) avsåg området mekanik, maskinarbete och produktionsteknik på annan än hög nivå.

För att närmare studera relationen mellan utbildningsutbud och arbetsmarknadens behov genomförde SIND en undersökning bland såväl elektronikföretag som företag inom den mekaniska verkstadsindustrin.[1]

För *samtliga elektronikföretag* kunde konstateras att inget sak- eller kompetensbehov bedömdes som extremt eller ens särskilt svårt att få tillgodosett. Självfallet pekades på flera enskilda problem, dock inget av en

[1] Benämningen får i det följande stå för hela den del av verkstadsindustrin som inte är elektronikindustri.

sådan natur att det kan rubriceras som en allvarlig lucka i kompetenstillflödet.

Bland sakområdena visades ett över hela fältet lika stort och påtagligt intresse för mikrodatorkompetens. Man avsåg då här snarare en ökad teknisk förståelse för mikrodatorns inre funktionssätt än tillämpningsorienterad eller översiktlig kännedom. Ett annat uttalat behov kunde noteras inom området programmering.

Hos de mest *avancerade elektronikkomponentföretagen* förelåg stora kapacitetsbrister på konstruktionsområdet. En viktig faktor härvid, har visat sig vara en begränsad tillgång till personer med utbildning i avancerad kretskonstruktionsteknik. Problemet har uteslutande varit hänförligt till dessa företag.

Påfallande är hur de större elektronikföretagen på egen hand eller i samarbete med andra organiserat såväl påbyggnadsutbildning för nyanställd personal som videreutbildning av den redan verksamma personalen. Dessa utbildningsverksamheter inrymmer såväl produktbundna kurser som mer allmängiltiga, kunskapsuppbyggande kurser.

De små elektronikföretagen redovisar mycket skilda uppfattningar. Många är nystartade företag, varvid även de anställda och deras grundutbildning inte är särskilt gamla. Tekniknivån i företagen är också ofta mycket hög. Flera företrädare pekar också på att man i viss utsträckning rekryterar mycket kvalificerad personal från de större företagen. Vidareutbildningsbehovet tillgodoses huvudsakligen genom enskilda initiativ.

För de egentliga elektronikföretagen har således kunnat konstateras en – i utbildnings- och forbildningshänseende – förhållandevis tillfredställande situation. Bland de brister som påtalats återfanns sammanfattningsvis följande:

- Begränsad tillgång till yrkesutbildad personal på eller strax under gymnasienivå; för litet datatekniskt- och elektroniskt kunnande.
- Behov av ökad teknisk förståelse av mikrodatorns funktionssätt hos verksam personal.
- Behov av ökad programmeringshjälpmedel och -kompetens hos verksam personal.

Inom *den mekaniska verkstadsindustrin* är bilden naturligen drastiskt annorlunda än för elektronikindustrins företag. Utbildningsbehov och utbildningsproblem kompliceras här av att det enskilda företagets samlade kompetens inom elektronik- och datateknikområdet är mycket lägre, liksom av att spridningen i kompetens mellan enskilda företag är avsevärt mycket större.

Om man endast ser till utbildningsförhållandena, så karaktäriseras *de mindre och medelstora verkstadsföretagen* i hög grad av traditionella småföretagsproblem. Kostnader och framför allt, tid för personal i kursverksamhet utgör ett mycket vanligt hinder för en önskvärd förnyelse av kunskaperna i företaget. Ett annat ofta vanligt småföretagsfenomen gäller det stora beroendet av leverantörer av produktionsutrustning, när det gäller att tillföra företaget ny kunskap. I valet mellan att i produkterna ta in elektroniken och datatekniken som en "svart låda" eller genom egen

kompetensuppbyggd, skiljer sig inte de små företagen från de stora – båda exemplen finns.

En grupp små företag synes stå mer eller mindre ofrivilligt vid sidan av elektronikens och datateknikens framväxt. Det har pekats på svårigheter och oförmåga att både följa och förstå den tekniska utvecklingen på området. Svårigheterna att, av traditionella småföretagsskäl, bevaka teknikutveckling, delta i kursverksamhet och att pröva sin egen ställning inför ny teknik upplevs som mycket stora *även* om en klar önskan finns att bättre ta del i den nya teknikens möjligheter. Inom denna företagskategori återfinns snarare ett informationsbehov än ett regelrätt utbildningsbehov.[1]

De större mekaniska verkstadsföretagen präglas av en mer genomtänkt och också genomförd utbildningspolitik inom elektronik- och datateknikområdet. Detta ter sig naturligt med de finansiella, personella och andra förutsättningar som ett stort företag normalt har. Likväl kan den strategi man här valt innebära att man lägger sig på en "ambitionsnivå", där elektronikkompetensen precis som hos många små företag köps utifrån.

För företag som arbetar efter "svart låda"-strategin verkar sällan finnas problem (i utbildningshänseende) vare sig i konstruktions-, monterings- eller serviceledet. För de företag som i stället väljer att bygga upp egen kompetens ställs helt andra krav. De problem som kan noteras här blir – som väntat – mycket snarlika de problem som möter de egentliga elektronikföretagen. Ett problem är att rekrytera och vidareutbilda större kadrer av teknisk personal på gymnasie- och institutingenjörsnivå. Likaså uppkommer stora utbildningsbehov för viss kollektivanställd personal. För företag med geografiskt utbredd eller kundanpassad försäljning noteras också krav på kompetensuppbyggnad i serviceledet. Normalt gäller det i dessa fall mekanister med ingen eller ringa kunskap om elektronik och datateknik.

För att lösa de rekryteringsproblem som elektronikanpassningen innebär för verkstadsindustrin kan förstärkningar av grundutbildningen bara på mycket *lång sikt* ge betydande tillskott till den samlade kunskapen vid företagen. De som årligen nyutexamineras och nyanställs utgör endast en liten del av "beståndet" av t ex anställda tekniker. Det tar förhållandevis lång tid innan ny teknik och nya kunskaper på detta sätt fått utbredning i företaget.

Sådan grundutbildning bedrivs på olika nivåer – högskolor, gymnasier, grundskolan. Samtliga dessa utbildningsnivåer genomgår i dag en process som innebär ökad anpassning till mikroelektronikens utveckling. Dock föreligger vissa problem som har att göra med hastigheten i denna anpassning.

De kunskapsproblem som noterats för den mekaniska verkstadsindustrins elektronikanpassning, har emellertid i mycket hög grad varit hänförliga till behov av kunskapstillskott i ett *kort perspektiv*. Utbildningsbehoven har varit främst av den arten, att vidareutbildningen av den stora gruppen redan anställda måste prioriteras. Även om enskilda nyanställda kunnat föra in och delvis sprida sina kunskaper om ny teknik, så är det aldrig tillräckligt. De tidsperspektiv i vilka teknikintroduktionen och kunskapsuppbyggnaden ska ske, kräver att i första hand de redan anställda tillförs nya kunskaper.

Sammanfattningsvis kan SIND's utredningsresultat sägas vara följande:

[1] Även inom organisationer finns liknande informationsbehov. Det stöd på 2,5 miljoner kronor som FRN och STU givit till bl a organisationer för information kring datortekniken ("Datakraften i samhället") är ett bra exempel på hur en bredare informationspridning kan främjas.

Arbetsmarknadens behov

- I stort sett föreligger balans mellan efterfrågan och utbud av personal med datateknisk utbildning. De brister som föreligger är främst hänförliga till olika specialområden och inte till utbildningssystemet i dess helhet.
- Den största bristen på yrkesutbildad personal finns på eller strax under gymnasienivå.
- Brist föreligger för vissa "smalare" yrkeskategorier, t ex konstruktörer av integrerade kretsar och programmerare.
- För den mekaniska verkstadsindustrins anpassning till elektronikutvecklingen är tillskottet av kunskap genom vidareutbildning av befintlig personal det mest angelägna området.

Utbildningens innehåll och kvalitet

Även om utbildningssystemet i stort verkar vara dimensionerat efter arbetsmarknadens behov konstaterar SIND att det föreligger allvarliga brister i utbildningens innehåll och kvalitet.

- Grundskolan saknar kurser i datalära.
- Det kursutbud som ges på gymnasieskolan är stelt och anpassas inte tillräckligt snabbt till arbetsmarknadens behov. På högskolorna har man klarat detta bättre bl a som en följd av att man lokalt har kunnat ändra och anpassa sina kursplaner.
- SIND konstaterar mycket stora brister vad gäller lärarnas möjligheter till fortbildning. Här föreligger ett antal institutionella hinder som måste undanröjas. SIND anser dels att fortbildningen skall vara obligatorisk, dels att ämnen med snabb teknisk utveckling skall prioriteras.
- SIND konstaterar också brister vad gäller tillgång till modern utrustning, speciellt hos högskolorna.

18.4 Verkstadsteknisk utbildning – dimensionering och innehåll

18.4.1 *Gymnasieutbildning*

Dimensionering

Inom gymnasieskolan ges verkstadsteknisk utbildning främst inom den fyraåriga tekniska linjen, maskinteknisk gren samt inom den tvååriga verkstadstekniska linjen. Antalet utbildningsplatser inom den förra uppgår till ca 1 500 medan den senare har ca 7 000 platser. Därtill kommer verkstadsteknisk utbildning som ges av AMU och YTH. Enligt Verkstadsföreningens prognoser behöver verkstadsindustrin nyanställa ca 18 000 personer per år under de närmaste åren, varav ca 5 000 yrkesarbetare. Man kan således konstatera att antalet utbildningsplatser väl svarar mot industrins efterfrågan. Problemet är i stället att få tillgängliga utbildningsplatser besatta.

Mellan 1979 och 1980 ökade antalet behöriga förstahandssökande till den verkstadstekniska linjen med närmare 40 %. Trots detta uppgick antalet behöriga förstahandssökande endast till ca 70 % av antalet tillgängliga utbildningsplatser.

Den ökade tillströmningen till verkstadsteknisk utbildning kan vara ett resultat av dels den informationskampanj som arbetsgivare och fackliga organisationer genomfört, dels att attityden till verkstadsarbete sakta håller på att förändras. Mot bakgrund av de allt större ekonomiska problemen i samhället, har industrins behov av yrkesutbildad arbetskraft allt mer kommit i förgrunden.

Huvudansvaret för att denna trend vad gäller rekrytering till verkstadsteknisk utbildning skall bestå och t o m förstärkas ligger på industrin och de fackliga organisationerna. När ungdomarna om två år är färdiga med sin utbildning måste de finna anställning annars får detta snabbt effekter på den framtida rekryteringen till den verkstadstekniska linjen. Industrin måste dessutom relativt andra sektorer kunna erbjuda god arbetsmiljö, berikande arbetsinnehåll samt sist men inte minst konkurrensmässiga löner.

Såväl SIND som DEK konstaterar således att utbildningssystemet i stort sett tycks vara väl dimensionerat för verkstadsindustrins behov av personal med datateknisk, elektronisk eller verkstadsteknisk utbildning. Detta är emellertid en slutsats som motsägs från industrihåll där man sedan länge hävdat att det föreligger stora problem med att rekrytera arbetskraft med ovan nämnda utbildningsprofil. Hur skall man då förklara denna motsägelse? Sannolikt är det så att båda uppfattningarna är korrekta men att man sett problemen från olika utgångspunkter. DEK ser frågan på aggregerad nivå, med allt vad det innebär av aggregeringsfel. Industrin däremot relaterar frågan till dels ett kortare perspektiv, dels till vissa yrkeskategorier.

Många företag har bevisligen svårigheter att rekrytera arbetskraft. Enligt DEK beror detta primärt på andra faktorer än att utbildningssystemet skulle vara underdimensionerat. Exempel på sådana faktorer är:

- *Rekryteringsproblem till utbildningslinjerna.* Diskuterades ovan.
- *Regional obalans.* I vissa regioner kan det finnas överskott på utbildad arbetskraft medan det i andra finns underskott.
- *Avgång.* En viss del av t ex de som utbildar sig i verkstadsteknik söker sig efter utbildningen till andra yrken.
- *Innebörden av "rekryteringsproblemet".* För att få en uppfattning av företagens rekryteringsproblem borde man jämföra det totala rekryteringsbehovet per år i verkstadsindustrin med det antal som verkligen rekryteras. Sannolikt bottnar "rekryteringsproblemet" också i de kompetenskrav som företagen uppställer. Självfallet är det mer attraktivt att anställa en färdigutbildad person med yrkeserfarenhet än en person som måste genomgå utbildning i företaget.

DEK har inte underlag till att närmare förklara varför det föreligger ett uttalat efterfrågeöverskott på vissa personalkategorier trots att utbudet i vissa fall tycks överstiga denna efterfrågan. En lämplig ansats för att undersöka dessa förhållanden närmare vore att empiriskt studera arbetskraftsbehovet och dess sammansättning i ett antal verkstadsföretag och se hur detta behov har tillfredsställts. Av tidsskäl har DEK inte haft möjlighet att göra en sådan undersökning men vi vill understryka att för såväl industrin som arbetsmarknadspolitiken är dessa frågor av så stor vikt att en utredning med denna ansats borde göras.

SIND's och DEK's utredningar har främst varit inriktade mot att relatera det totala utbildningsutbudet till grova uppskattningar av efterfrågan på arbetskraft. Då vi inte vet hur denna efterfrågan är sammansatt kan vi inte

heller peka ut var problemen ligger. Påståendet att utbildningsutbudet i stort sett överensstämmer med näringslivets behov av utbildad arbetskraft kan mycket väl dölja allvarliga rekryteringsproblem vad gäller vissa yrkeskategorier, företag eller regioner.

Innehåll

Trots att NC-tekniken introducerades i Sverige i början av 1960-talet och nu nått en relativt stor spridning i verkstadsindustrin har detta inte hittills satt några djupare spår i den verkstadstekniska utbildningen. Varken inom gymnasieskolans tvååriga linjer eller inom den fyraåriga tekniska linjen ingår NC-tekniken i läroplanerna. I vissa skolor har man dock på lokalt initiativ meddelat teoretisk undervisning i NC-teknik inom ramen för andra ämnen.

SÖ har emellertid nyligen beslutat att revidera läroplanerna inom den verkstadstekniska linjen. NC-tekniken kommer att införas som ett delmoment i både årskurs 1 och 2. I den första årskursen omfattar delmomentet 20 lektioner NC-teknik av orienterande karaktär. I den andra årskursen finns utrymme för 45 lektioner för såväl teoretisk fördjupning som praktiska övningar. Det senare kan dock endast ske i den takt skolorna kan anskaffa maskiner. Denna utbildningsinsats kan inte jämställas med en operatörsutbildning men den kan utgöra en god grund för en gymnasieutbildad verkstadsmekaniker inför en framtida sådan utbildning.

I förslaget till den nya läroplanen för den verkstadstekniska linjen sägs beträffande delmomentet numerisk styrning:

Årskurs 1

Eleven skall genom sina studier

- skaffa sig en grundläggande orientering om NC-teknik och industrirobotar,
- orientera sig om produktion i NC-maskiner samt om programmerares och operatörers arbetsuppgifter samt
- orientera sig om arbetsgången vid programmering och skaffa sig viss kännedom om programmeringsspråket.

Årskurs 2

Eleven skall genom sina studier

- skaffa sig kunskap om numeriskt styrda maskiner,
- skaffa sig vidgad kunskap om programmering av numeriskt styrda maskiner,
- skaffa sig grundläggande färdighet i programmering och bearbetning i en enklare typ av numeriskt styrd maskin.

Mindre och medelstora företag anställer vanligtvis inte programmerare eller NC-specialister. Det är därför angeläget att de som nu går i gymnasieskolan får grundutbildning i NC-programmering och NC-bearbetning. Sannolikt är detta en av de viktigaste åtgärderna för att främja teknikens spridning till mindre och medelstora företag.

Ett annat skäl till att modernisera utbildningen är att man därigenom kan förbättra rekryteringen till den verkstadstekniska linjen.

Även om vi anser att utbildning inom NC-teknik och annan datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik bör förstärkas får syftet inte bli att utbilda eleverna till t ex NC-specialister. Det viktigaste är att eleverna får en grundläggande utbildning inom detta teknikområde liksom inom andra för verkstadstekniken centrala områden: maskinteknik, materialteknik, matematik m m. Det förra får ej ske på bekostnad av de senare. De nya läroplanerna som SÖ utarbetat uppfyller de krav på grundutbildning som kan ställas. Specialutbildning inom t ex NC-teknik bör eleverna få antingen i särskilda kurser för vidareutbildning eller hos de företag där de kommer att anställas.

Tillgång till utrustning

Inom den verkstadstekniska utbildningen är utrustningstillgången i många fall mycket otillfredsställande. Ytterst få skolor har t ex tillgång till NC-maskiner. Detta får självfallet konsekvenser för utbildningens kvalitet. Om de praktiska övningarna i NC-teknik enligt de nya läroplanerna skall kunna genomföras måste utrustningsanslagen öka.

NC-maskiner, industrirobotar och annan datorstödd utrustning är dyra i inköp. De blir dessutom relativt snabbt omoderna. Även om det ur undervisningssynpunkt vore motiverat att varje skola hade en egen NC-maskin skulle investeringskostnaderna sannolikt bli alltför höga. Om man betänker att ett företag vanligtvis måste använda en NC-maskin i två skift för att den skall bli lönsam kan det synas orimligt att en skola anskaffar en NC-maskin à 0,5–1 miljon kronor som kanske används i snitt en timma per dag.

Tillgången till dyrbar datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning måste sannolikt lösas på annat sätt. Man måste här tillåta okonventionella och lokala initiativ, t ex

- att skolorna köper in maskintid hos lokala företag,
- leasing av utrustning,
- där så är möjligt låta högskolor och gymnasieskolor dela på utrustning,
- ett antal gymnasieskolor och AMU-centers i en region köper in en gemensam NC-utrustning som sedan flyttas enligt ett visst schema mellan skolorna. Vissa typer av utrustning, t ex datorer för NC-programmering, kan med fördel samutnyttjas då utrustningen är tillgänglig via terminal. Här borde skolorna försöka träffa något centralt avtal med en eller flera maskintillverkare.
- anskaffa maskiner som kan användas som både konventionella och numeriskt styrda verktygsmaskiner.

Vilket alternativ man än väljer är det angeläget att skolornas tillgång till modern maskinutrustning snabbt förbättras. SÖ borde enligt DEK kartlägga vilka resurser som krävs härför och samtidigt underlätta lokala initiativ.

Fortbildning av lärare

I ämnen med snabb teknisk utveckling spelar lärarfortbildningen en avgörande roll för utbildningens kvalitet. Som framgick av SIND's utredning är fortbildningen av lärare inom de tekniska ämnena mycket eftersatt. I dag omfattar den obligatoriska fortbildningen fem dagar, varav två normalt avsätts för varje lärares ämnesområde. Fortbildningen är av samma omfattning oberoende av om ämnet är latin eller datateknik.

Inom den obligatoriska fortbildningen finns det inte för varje ämne fastlagt vilka kurser som skall gås igenom. Lärarna kan normalt fritt välja mellan olika aktiviteter vilket minskar möjligheterna att nå alla lärare med ett visst fortbildningsutbud.

Som framhålls i SIND's utredning räcker det inte med att bara utvidga nuvarande fortbildningsmöjligheter. Fortbildningen måste göras obligatorisk. Lärare skall inte behöva satsa fritid och egna pengar för att följa utvecklingen inom sina ämnen. Vidare finns det flera skäl som talar för att fortbildningen differentieras med hänsyn till olika ämnen. Sådana ämnen där det sker en snabb kunskapsförnyelse bör ges större fortbildningsresurser än andra ämnen.

Fortbildning inom det verkstadstekniska området skulle på ett relativt enkelt sätt kunna anordnas i t ex SIFU's regi. SIFU har idag en omfattande kursverksamhet som är riktad mot industrin. Dessa kurser håller hög standard och ligger på en teknologisk nivå som svarar mot industrins behov. SIFU's kurser skulle därför väl kunna fylla den verkstadstekniska linjens behov av kunskapsförnyelse.

Enligt en undersökning som utförts av dataeffektutredningen[1] har det endast i enstaka fall hänt att verkstadstekniska lärare givits tillfälle att bevista SIFU-kurser. Trots ett uttalat önskemål från lärarna finns det enligt länskolnämnderna inte ekonomiska resurser att låta enskilda lärare deltaga i SIFU-kurser.

Lärare kan med vissa villkor erhålla ledighet med B-avdrag för studier under en termin eller ett läsår. Ofta är emellertid dessa studier inte särskilt målinriktade med hänsyn till ämnet. Ledighet för kontinuerlig fortbildning inom berörda lärkategoriers fackområden är däremot starkt begränsat för att inte säga helt obefintligt. Detta är enligt DEK något som snarast borde förändras. För att få till stånd en planenlig fortbildning inom fackområdet bör i första hand nuvarande fortbildningsresurser omprioriteras. Sannolikt krävs det dessutom totalt sett en förstärkning av resurserna för fortbildning.

Enligt vad DEK erfarit kommer regeringen att lägga fram en proposition angående lärarfortbildningen som innebär att man i större utsträckning kommer att prioritera resurserna mot områden där de största behoven finns. Statsmakterna skall, enligt propositionen, kontinuerligt fastställa planer för fortbildningens inriktning. Av de ca 200 miljoner kronor som årligen är tillgängliga för personalutbildning kommer kommunerna att erhålla medel för fortbildningens genomförande medan staten har ansvaret för inriktningen samt för att anordna kurserna.

I propositionen kommer man *inte* att föreslå obligatorisk fortbildning som flera utredningar har föreslagit. Inte heller lär det bli fråga om några ökade resurser för fortbildningsverksamheten.

[1] SOU 1981:17.

18.4.2 *Högskoleutbildning*

Inom högskolan meddelas verkstadsteknisk utbildning med tonvikt på datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik främst vid maskintekniklinjen. Andra linjer med anknytning till detta område är elektroteknik-, datateknik- och driftteknikerlinjerna.

Maskintekniklinjen vid landets tekniska högskolor är i fråga om elevantal den största grenen bland de tekniskt-naturvetenskapliga ämnena. Totalt tas varje år in över 800 nya elever. Även om det inom vissa specialområden föreligger brist på civilingenjörer kan man i stort säga att utbildningsutbudet motsvarar industrins efterfrågan.

Likaså vad gäller utbildningens innehåll och kvalitet svarar högskolan upp till de behov som industrin har. Vad gäller elektronik, datateknik och datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik är detta ämnen som fått allt större betydelse i maskintekniklinjens kursinnehåll.

Högskolorna har formellt goda möjligheter att förändra och anpassa sina kursplaner med hänsyn till såväl teknikförändringar som behov från den lokala industrin. Begränsningarna ligger härvid främst i brist på lärarresurser som kan genomföra kursrevideringar.

Endast en bråkdel av ny teknik utvecklas i Sverige. Det är därför angeläget att vi har en effektiv teknikbevakning gentemot utlandet. Detta sker idag främst genom tidsskrifter, konferenser o dyl. För att ytterligare effektivisera teknikbevakningen borde enligt vår mening högskolorna få större möjligheter att dels anställa utländska lärare och gästforskare, dels låta studenterna förlägga en viss del av studiegången vid utländska högskolor.

Den största bristen i högskoleutbildningen inom här berörda ämnesområden ligger på utrustningssidan. Som SIND konstaterat föreligger stora skillnader mellan förnyelsetakten för högskolans utrustning och teknikområdets utvecklingstakt. De avskrivningstider som används är i praktiken mycket långa vilket innebär att högskolan arbetar med utrustningar som för länge sedan utrangerats i industrin.

DEK delar SIND's uppfattning att man måste börja med att göra en noggrann genomgång av vilken utrustningsförnyelse som krävs vid högskolorna. Ambitionen bör vara att högskolan bör arbeta med redskap som har samma teknologiska nivå som den teknikledande industrin.

Det räcker emellertid inte med tillfälliga resursförstärkningar. För att få tillstånd en kontinuerlig förnyelse måste rimliga avskrivningstider fastställas.

Om högskolornas utrustningar skall förnyas enligt den ambitionsnivå som skisserats ovan krävs det väsentligt större resurser än vad som idag är tillgängligt. Mot bakgrund av vad vi sagt om kunskapsfaktorns betydelse för den svenska industrins konkurrenskraft anser vi det vara en angelägen investering. De nödvändiga investeringsökningarna kan dock begränsas genom t ex leasingavtal med maskinleverantörer eller genom att högskolor och verkstadsskolor delar på utrustning. För skolor som befinner sig på samma ort är detta normalt inget problem. För geografiskt åtskilda skolor skulle det vara möjligt att låta delar av maskinparken ambulera.

För ämnen där det krävs mer betydande investeringar i utrustning är det nödvändigt att de olika högskolorna specialiserar sig så att en viss typ av

utrustning koncentreras till en högskola. Detta förutsätter dock att en övergripande plan för högskolornas utbildnings- och forskningsverksamhet utarbetas. Någon sådan plan existerar inte idag varför det inte är ovanligt att utrustning till högskolorna allokeras efter mer kortsiktiga forskningsinriktningar.

Som framgick av avsnitt 18.3 uppgår samhällets investeringar i utrustning vid gymnasier och högskolor till ett par tre hundra miljoner kronor per år. Ett problem vid utrustningsanskaffning är att det finns flera huvudmän och finansiärer vars verksamhet brister dels vad gäller koordinering, dels vad gäller långsiktig planering. Om man skulle se högskolornas utrustningsanskaffning med industrins planeringshorisont för investeringar, d v s ca fem år, är det fråga om utrustningsanskaffningar för över en miljard kronor. Det är således så stora belopp att man inte borde bortse från utrustningsanslagens industripolitiska betydelse.

Självfallet skall högskolorna anskaffa den bästa och billigaste utrustningen. Detta hindrar dock inte man noggrant prövar om inte utrustningarna kan anskaffas från svenska tillverkare. Om någon sådan ej skulle finnas borde man pröva om man skulle kunna lägga ett utvecklingsuppdrag för utrustning hos något svenskt företag. Detta förutsätter återigen att högskolorna och anslagsgivarna för utrustning dels koordinerar sin verksamhet dels arbetar med långsiktiga program för utrustningsinvesteringar. De myndigheter som fördelar utrustningsanslag till gymnasieskolor och högskolor borde i större utsträckning koordinera verksamheten med STU och industrin. De senare bör framför allt på ett tidigt stadium få information om vilken utrustningsanskaffning som planeras för skolorna.

18.4.3 *Vidareutbildning och fortbildning*

Inom ämnesområden som genomgår snabb teknisk utveckling finns särskilt uttalade behov av vidareutbildning och fortbildning. Den kunskap som förvärvats i grundutbildningen kan snabbt förlora aktualitet.

Datateknik och elektronik är sannolikt det område där behoven av vidareutbildning och fortbildning är störst. Den tekniska utvecklingen inom detta område går så snabbt att t o m grundutbildningen brister i aktualitet.

Vidareutbildning och fortbildning av redan anställd personal bedrivs huvudsakligen av de företag där personalen är anställd. I viss utsträckning utnyttjas även ett antal olika privata utbildningsanordnare; maskinleverantörer, branschorganisationer och privata utbildningshus.

Även samhället har flera olika utbildningsinstitutioner för denna utbildningsverksamhet; arbetsmarknadsutbildning (AMU), KOMVUX, yrkestekniska högskolor (YTH) och SIFU. Vad gäller arbetsmarknadsutbildningen kan denna vara förlagd antingen till företag eller till särskilda utbildningsenheter, s k AMU-center.

Internutbildning hos företag

Sveriges Verkstadsförening genomförde under 1979 en undersökning beträffande rekrytering och utbildning av NC-operatörer, programmerare och underhållspersonal.[1] Av undersökningen framgår att nästan tre fjärdedelar av NC-operatörerna har rekryterats från det egna företaget där de arbetat vid konventionella maskiner.

De övriga operatörerna rekryterades i ungefär lika stor omfattning från avdelningar med andra arbetsuppgifter i företaget som utifrån, efter utbildning utanför företaget. Den stora andelen operatörer, som tidigare sysslat med konventionell bearbetning i det egna företaget, kan delvis förklaras med att numeriskt styrda produktionsenheter ofta anskaffats för att ersätta konventionella maskiner och att operatörerna helt enkelt följt med för att sköta den nya utrustningen.

Tre kategorier anställda utbildas, nämligen operatörer, programmerare och underhållspersonal. Utbildningen anordnas, förutom av det egna företaget, av bl a maskin- eller systemleverantörer. Fördelningen på dessa utbildningsanordnare vid rekryteringen framgår av tabell 18.1.

Tabell 18.1 Utbildningen av skilda personalkategorier – fördelning på olika kursarrangörer

Personalkategori	Andel (%) utbildade av		
	Det egna företaget	Maskin- eller systemleverantören	Annan kursarrangör
NC-operatörer	74	24	2
Programmerare	37	60	3
Underhållspersonal	46	50	4

Källa: Sveriges Verkstadsförening, Verkstäderna nr 15, 19 november 1980.

Det har egentligen bara varit det egna företaget och maskin- eller systemleverantören, som ombesörjt utbildningen för dessa yrkesgrupper. Övriga anordnare av utbildning har endast svarat för en marginell del. Värt att notera är företagens dominerande roll som utbildare av operatörer, medan det väger mera jämnt mellan företaget och maskin- eller systemleverantören som utbildare av underhållspersonal. Leverantören svarar däremot för den största delen av programmerarutbildningen. Denna skillnad kan bero på att utbildningarna för programmerar- och underhållspersonal jämfört med operatörsutbildningen är mer komplexa och maskinspecifika samt på att maskin- och systemleverantören har bättre utbildningsresurser inom dessa områden. Den här skisserade bilden skiljer sig emellertid vid jämförelse mellan olika företag genom att andelen utbildade inom det egna företaget, där man har en väl etablerad NC-produktion, är betydligt större än i företag med ett fåtal NC-maskiner.

Enligt den här beskrivna utbildningssituationen har gruppen annan utbildningsanordnare inte gett något större bidrag till antalet färdigutbildade i NC-teknik. Detta kan förklaras med att undervisningen i detta ämne hittills inte haft någon större omfattning inom det allmänna skolsystemet.

[1] Verkstadsföreningens undersökning är redovisad i tidningen Verkstäderna nr 15, 19 november 1980, varifrån detta avsnitt har hämtats.

Leverantörsutbildning, branschorganisationer och särskilda utbildningshus

De förstnämnda är av naturliga skäl främst inriktade mot utbildning av respektive leverantörs egna maskinsystem. Som framgick av tabell 18.1 svarar leverantörerna också för huvuddelen av utbildningen av programmerare och underhållspersonal.

Branschorganisationer som Sveriges Mekanförbund och särskilda utbildningshus som STF-Ingenjörsutbildning erbjuder såväl breda utbildningsprogram typ "state of the art" som specialistinriktade kurser.

SMT, ASEA och Saab-Scania är de största leverantörerna av NC-maskiner, styrsystem och industrirobotar. Dessa tre företag hade under 1980 en utbildningsvolym omfattande ca 10 000 elevdagar (inemot 3 000 kursdeltagare) inom det verkstadstekniska området. ASEA hade dessutom ca 10 000 elevdagar inom områdena datateknik och processteknik. STF Ingenjörsutbildning, som fortbildar yrkesverksamma ingenjörer, genomför kurser och konferenser med över 10 000 deltagare per år.

Offentliga utbildningsanordnare

SIFU bedriver en fortbildningsverksamhet särskilt anpassad till de mindre företagen, men kurserna har också stor efterfrågan från stora företag. SIFU's kurser vänder sig främst till de redan yrkesverkssamma. Trots att huvuddelen av kursdeltagarna endast har grundskola som utbildningsbakgrund är fortutbildningen förhållandevis kvalificerad.

SIFU's kurser är korta och koncentrerade. Kurstiden är, med några få undantag, högst en vecka. Andra utmärkande drag för SIFU's kurser är att de kontinuerligt uppdateras för att hålla hög aktualitet samt att kurser kan anordnas lokalt för ett eller flera företag i en region. I tabell 18.2 redovisas utbildningsstatistik för de sektioner inom SIFU som meddelar undervisning i datateknik och datatekniska tillämpningar.

De företag DEK varit i kontakt med har givit mycket positiva omdömen angående SIFU's verksamhet. Enligt vår mening har SIFU en viktig uppgift att fylla när det gäller företagens fortbildningsbehov, inte minst hos mindre företag som ej kan ordna fortbildning i egen regi. Som vi tidigare framhållit borde SIFU's kurser även bevistas av andra än företagsanställda, t ex lärare vid gymnasieskolor.

SIFU's verksamhet finansieras till ca 70 % av kursavgifter. Resten är bidrag från staten. Kursavgifterna, som varierar mellan 500 och 3 000 kr, är låga om man tar hänsyn till kompetenskraven på lärarna, de fåtaliga kursgenomförandena, behovet av handledare, speciella lokaler och installationer samt dyrbar utrustning vid de praktiska övningarna. Kursavgiften är emellertid en mindre andel av fortbildningskostnaden för företagen. Frånvaro från arbetet samt rese- och uppehållskostnader är mer betungande än kursavgiften. Priskänsligheten är emellertid stor hos mindre företag som tvekar inför helt kostnadstäckande kursavgifter redan innan de övervägt totalkostnaderna. Större företag vågar däremot inte i samma grad riskera att deras specialist inte är fullt kompetent i sin funktion.

Arbetsmarknadsutbildningen (AMU) har kurser för NC-operatörer och för

Tabell 18.2 Antal kurser och kursdeltagare vid de SIFU-sektioner som meddelar undervisning i datateknik och datatekniska tillämpningar, budgetåret 1979/80

Sektion	Kurser	Deltagare
Verkstadsteknik	145	2 480
Elteknik	417	7 970
Processteknik	81	1 600

Källa: SIND's anslagsframställning 1980/81.

underhållspersonal i NC-teknik. F n bedrivs sådan utbildning endast vid två AMU-centra, Jönköping och Västerås. Inom kort kommer NC-operatörsutbildning även att ges i Göteborg och Norrköping.

AMU-kurserna är relativt korta påbyggnadskurser med inriktning endast mot NC-teknik. Kursdeltagarna måste därför redan tidigare ha skaffat sig god kunskap i den grundläggande tekniken. De olika utbildningsvägarna framgår av figur 18.1.

En central slutsats i SIND's utredningar är att *i ett kort perspektiv måste verkstadsindustrins kompetensuppbyggnad inom elektronik i första hand ske genom vidareutbildning av redan anställd personal.* Som framgått av det ovanstående gäller samma förhållande inom det verkstadstekniska området.

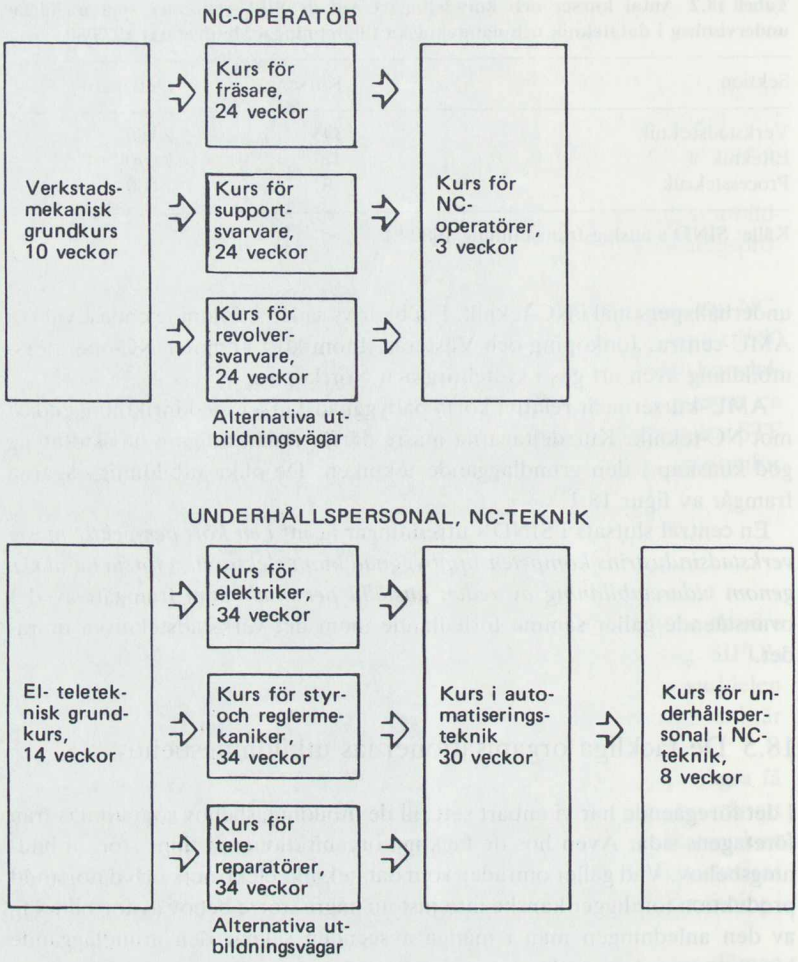
18.5 De fackliga organisationernas utbildningsbehov

I det föregående har vi enbart sett till de utbildningsbehov som uttalas från företagens sida. Även hos de fackliga organisationerna finns stora utbildningsbehov. Vad gäller områden som datateknik, elektronik och datorstödd produktion föreligger kanske inte just nu några större behov av fortbildning av den anledningen man i många avseenden saknar den grundläggande kompetensuppbyggnaden inom dataområdet.

Datatekniken kommer att innebära betydande förändringar i produktionen. Även om antalet anställda totalt sett inte kommer att reduceras som en följd av datatekniken vet vi att den kommer att få stora effekter inom vissa yrkeskategorier och för arbetsinnehåll och arbetsmiljö.

Som visats i den här utredningen tar det relativt lång tid från det beslut om investeringar i datorstyrd tillverkning tagits tills investeringen realiserats. Vi har också visat att automatiseringen sker stegvis. För de fackliga organisationerna är det ett stort problem att man inte har kunskap varken för att utvärdera investeringens effekter eller kunna påverka utvecklingen. Visserligen har man vissa möjligheter att påverka enskilda maskininvesteringar men man har svårt att sätta in detta i ett större investeringssammanhang.

Datatekniken ställer krav på nya yrkeskunskaper och som ett led i automatiseringsutvecklingen kommer många människor att få byta arbetsuppgifter. I och för sig är detta inget nytt. Detta är en process som har pågått under hela 1900-talet. Vad som ger datatekniken en särskild dimension i det här avseendet är att den tekniska utvecklingen gått så snabbt och att kunskapen varit begränsad till ett fåtal människor. Den oro människor



Figur 18.1 AMU-utbildning för NC-operatörer och underhållningspersonal.

Källa: Verkstäderna 19, november 1980.

känner för datatekniken är sannolikt ett resultat av det sistnämnda. Vad gäller användningen av datorstyrd tillverkningsutrustning är det DEK's erfarenhet att den största oron finns hos företag som ännu inte investerat i denna typ av utrustning.

Svensk fackföreningsrörelse har varit mycket positiv till rationaliseringar. I många avseenden har man t o m varit drivande. Svensk industris konkurrenskraft bygger på högt kapitalutnyttjande och kunnigt yrkesfolk. Om svensk ekonomi skall klara de problem som vi ställs för under 1980-talet krävs ytterligare satsningar på rationalisering. Då detta kommer att innebära omställningar är det ett nödvändigt krav att de fackliga organisationerna får möjligheter att dels utvärdera konsekvenserna, dels kunna påverka utvecklingen. Detta förutsätter en betydligt snabbare och mer omfattande kompetensuppbyggnad hos de fackliga organisationerna. En förutsättning för att anpassningen till den nya tekniken skall gå så friktionsfritt som möjligt är att de människor som påverkas av tekniken har sådana kunskaper att de kan påverka det sätt på vilket tekniken tillämpas.

18.6 Internationella jämförelser

I samtliga västeuropeiska länder och USA föreligger brist på såväl yrkesutbildade verkstadsarbetare som specialister inom datateknik och elektronik, speciellt programmerare. Bristen på vissa yrkesekategorier är så akut att tillväxten hos många företag blir lidande.

I USA anser man att bristen på yrkesutbildad arbetskraft nu är den största i industrins historia. Det amerikanska försvarsdepartementet har beräknat att under de närmaste fem åren kommer det att föreligga en brist på 250 000 maskinoperatörer. För att överkomma denna brist måste företagen i allt större utsträckning förlita sig till internutbildning. Däremot har företagen inga problem att rekrytera all den outbildad arbetskraft de behöver.

Från industrin menar man att en viktig orsak till att det föreligger brist på yrkesutbildad arbetskraft är att utbildningssystemet släpar efter både kvalitativt och kvantitativt. Situationen utomlands är således i många avseenden densamma som i Sverige. Likaså tycks orsakerna vara desamma; bristande planering från såväl företagens som utbildningsanordnarnas sida.

Man kan således konstatera att bristen på yrkesutbildad arbetskraft är ett problem som Sverige har gemensamt med andra industriländer.

18.7 Sammanfattning

Produktionsprocessen inom verkstadsindustrin blir alltmer automatiserad. Datorer kommer att användas för att styra maskingrupper och materialflöden. Datorer kommer också att användas som ett hjälpmedel i konstruktionsarbetet samt för att planera och "hålla samman" de olika delarna i produktionssystemet.

Användningen av datorbaserade system i industrin styrs primärt inte av den maskinvaru- eller datatekniska utvecklingen. *I stället ligger såväl begränsningarna som möjligheterna för den nya tekniken i vår kunskap om hur produktionsprocessen egentligen fungerar;* hur olika arbetsmoment skall organiseras för att ge största möjliga utbyte samt hur de olika arbetsmomenten skall integreras för att ge största möjliga totalproduktivitet. Samma kunskaper är också nödvändiga för att utforma sådana arbetsplatser som motsvarar de anställdas krav, något som på sikt är av största betydelse för industrins rekrytering. Datorernas användning i produktionsprocessen blir endast en återspegling av produktionens organisation och arbetsplatsernas utformning. Hur effektivt datorn används är i sin tur beroende av den kunskap som människorna i produktionen besitter.

Debatten kring datorbaserade produktionssystem har enligt vår mening varit alltför centrerad till maskinvarumässiga och datatekniska frågor. Det är inte användningen i sig av dessa system som ger oss konkurrensfördelar gentemot utlandet. Varken Sverige eller något annat land kan förväntas ha något större försprång vad gäller avancerade maskinsystem. Vad som i stället kan ge konkurrensfördelar är, förutom användningens omfattning, det sätt på vilket produktionsprocessen i sin helhet organiseras med avseende på människor, maskiner, varuflöden etc. Kunskapen om produktionsprocessen

blir därför den avgörande faktorn för den nya teknikens genombrott.

I våra diskussioner med företag och organisationer angående faktorer som bromsar eller stimulerar industrins användning av avancerad produktionsteknik är det ett område som man ständigt framhållit och det är utbildningen. Om staten skall främja industrins användning av den nya tekniken och samtidigt underlätta de omställningar som följer därav är det ökade utbildningsinsatser som är den viktigaste åtgärden. Vad som här främst avses är inte specialistutbildning utan en bred utbildningsinsats som når så många människor som möjligt. Specialistutbildning är något som högskolor och företag skall svara för.

Vi har kunnat konstatera att utbildningssystemet med avseende på här aktuella utbildningslinjer i stort verkar vara dimensionerat efter arbetsmarknadens behov. För vissa specialistyrken föreligger dock ett visst efterfrågeöverskott. Det största problemet är istället att skolan ej får alla tillgängliga utbildningsplatser besatta, vilket förklaras av en rad faktorer som dock utbildningssystemet har svårt att påverka. Vi har också framhållit vikten av att närmare undersöka varför industrin har rekryteringsproblem trots att utbildningssystemet tycks vara dimensionerat för efterfrågan.

För att på kort sikt lösa de kunskapsproblem som föreligger måste resurserna prioriteras mot vidareutbildning av de redan anställda.

Liksom SIND och ett flertal andra utredningar har vi kunnat konstatera allvarliga brister vad gäller utbildningens kvalitet och aktualitet. Detta är främst en följd av:

- Otillräckliga resurser för lärarfortbildning. Denna måste enligt DEK's mening vara *obligatorisk,* ha större grad av *ämnesinriktning* och *prioriteras* med hänsyn till ämnen med snabb teknisk utveckling.
- Begränsad tillgång till modern datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning. En genomgång måste göras av skolornas utrustningsförhållanden. För att kostnaderna inte skall blir oöverstigliga måste ett system prövas där olika skolor i en region delar på utrustning. Även lokala initiativ, som t ex inköp av maskintid hos företag, måste stimuleras.
- Stela kursplaner. I skolor där kursplanerna fastställs centralt tar det för lång tid innan nödvändiga kursförnyelser genomförs. Delvis torde detta även vara en följd av otillräcklig lärarfortbildning.

Vad beträffar högskolornas utbildnings- och forskningsverksamhet anser DEK:

- Att bättre möjligheter för internationalisering måste skapas. Utländska lärare och forskare bör för kortare tidperioder kunna knytas till högskolorna. Likaså bör eleverna kunna förlägga viss del av sin utbildning vid utländska högskolor.
- Att högskolornas forskningsverksamhet bör inordnas i långsiktiga nationella forskningsprogram.

Samhället investerar årligen flera hundra miljoner kronor i utrustning hos högskolor och andra skolor. Vi har i detta sammanhang pekat på behovet av dels bättre koordinering av utrustningsanskaffningen, dels att anskaffningen läggs fast i långsiktiga investeringsprogram. Det är vidare angeläget att svensk industri på ett tidigt stadium kan ta del av dessa investeringsprogram.

Om viss typ av utrustning ej kan levereras av svenska företag borde man undersöka möjligheterna att i samarbete med t ex STU lägga ut utvecklingsuppdrag till svenska företag.

De brister som här konstaterats torde man relativt snabbt kunna komma tillrätta med. *Delvis* är det fråga om *omfördelning* av resurser, t ex anslagen för lärarfortbildning. *Delvis* är det också en fråga om bättre *samordning* och resursutnyttjande mellan olika utbildningsanordnare. Slutligen krävs det sannolikt också ett *nytillskott* av resurser.

DEK kommer i ett särskilt delbetänkande att precisera olika åtgärder som är nödvändiga för att höja utbildningens kvalitet till en sådan nivå att den svarar mot arbetsmarknadens behov.

V Den internationella utvecklingen

19 Inledning och läsanvisning

I de följande kapitlen redovisas en översikt av såväl produktionen som användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning i några olika länder. Kapitel 20 inleds med en beskrivning av världsmarknaden för dels verktygsmaskiner, dels för olika typer av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning. Därefter följer en redovisning av hur produktion av och investeringar i sådan utrustning utvecklats i ett antal länder.

I kapitel 21 behandlas de FoU-insatser och andra industripolitiska åtgärder som olika länder vidtagit för att stimulera såväl utveckling och produktion av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning som dess användning i industrin som helhet. I en särskild rapport från kommittén, "Datateknik och industripolitik" (SOU 1980:17) behandlas mer utförligt olika länders forsknings- och industripolitiska program inom dataområdet. I kapitel 21 redovisas därför endast huvuddragen i de delar av programmen som avser automatisering inom verkstadsindustrin. För att få en mer fullständig bild av hur olika länder satsar inom dataområdet som helhet hänvisas därför till ovannämnda rapport.

I kapitel 22 redovisas olika bedömningar av hur användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning väntas utvecklas i USA under 1980-talet och en bit in på 1990-talet. Att vi valt att beskriva utvecklingen i USA relativt ingående har flera förklaringar. Ett skäl är att den amerikanska dator- och maskinindustrin i många avseenden är ledande vad gäller utvecklingen av ny teknologi. Ett annat skäl är att utvecklingen i USA sannolikt inte avviker i någon större utsträckning från utvecklingen i andra viktiga industriländer. Det avgörande skälet är dock att utredningsmaterial, av samma kvalitet och omfattning som det amerikanska, ej har kunnat erhållas från andra länder. De utredningar som vi haft tillgängliga från andra länder än USA redovisar bedömningar endast för vissa frågor eller viss typ av utrustning. Det har därför inte varit meningsfullt att direkt jämföra dem med de amerikanska prognoserna. Resultaten från de utredningar som gjorts i andra länder redovisas därför i anslutning till respektive land i kapitel 20 och 21.

Som underlagsmaterial till kapitel 22 har huvudsakligen använts följande utredningar:

1. Tre s k Delphiundersökningar som Society of Manufacturing Engineers (SME) utfört tillsammans med amerikansk industri, högskolor och myndigheter. Dessa undersökningar omfattar:

– Manufacturing management (maj 1978)

– Manufacturing systems, material removal (maj 1977)
– Assembly (maj 1978).

2. En Delphiundersökning angående industrirobotar som National Bureau of Standards och Robot Institute of America utförde under 1977.

3. En studie som General Electric Company och C.S. Draper Laboratory utförde 1975/76 på uppdrag av National Science Foundation. Utredningen heter "Product system productivity research".

4. "Manufacturing technology - a changing challenge to improved productivity". Denna utredning genomfördes av General Accounting Office (GAO) under 1976.

Som framgår av ovan bygger de amerikanska bedömningarna i stor utsträckning på resultat från Delphiundersökningar. Trots att dessa, inom ramen för Delphiteknikens förutsättningar, måste betraktas som ambitiösa och välgjorda, måste resultaten tolkas med viss försiktighet. Även om en viss tillverkningsteknik är tillgänglig och färdig för industriell användning är det svårt att uppskatta hur snabbt denna teknik tränger in i industrin (de företag som skall producera utrustningen måste bygga upp produktionskapacitet, de användande företagen måste göra upp investeringsplaner och anpassa existerande kapitalutrustning till den nya tekniken).

Den allvarligaste invändningen mot Delphitekniken är dock att man från ett ekonomiskt system med ett stort antal beroende variabler väljer ut en eller ett fåtal variabler och gör prognoser på dessa utan att klargöra vilka effekter förändringar i de utelämnade variablerna har på de som skall prognosticeras. Studerar man hur användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning kommer att utvecklas i industrin under en 10-årsperiod måste hänsyn tas bl a till följande variabler.

1. Hur utvecklas industrins totala investeringar? Detta beror i sin tur på den förväntade efterfråge- och vinstutvecklingen.

2. Strukturella förändringar i industrin. Dessa beror bl a av löne- och prisutveckling inom landet och utomlands samt utrikeshandelns utveckling.

3. Statlig politik (skatte-, arbetsmarknads-, utbildningspolitik m m).

Förändringar i en variabel medför att ett stort antal andra variabler i det ekonomiska systemet förändras (dock med olika hastigheter). Givet att de som utför och deltager i en Delphiundersökning känner hur dessa variabler trendmässigt har utvecklats samt att inga större trendbrott inträffar under den period undersökningen avser kan Delphiundersökningar ge ett relativt tillförlitligt resultat.

20 Produktion och spridning av verktygsmaskiner och datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning

20.1 Verktygsmaskiner

20.1.1 *Efterfrågeutvecklingen under 1960- och 1970-talen*

Under 1960-talet var produktionen av verktygsmaskiner kontinuerligt växande. I början på 1970-talet inträffade i flera länder, främst i USA, kraftiga fluktuationer i produktionen, se figur 20.1. Dessa fluktuationer var såväl konjunkturellt som strukturellt betingade.

1960-talet karaktäriserades av en hög tillväxt i industriländernas ekonomier. Efterfrågan på sådana investeringsvaror som verktygsmaskiner var hög, vilket resulterade i en kraftig kapacitetsökning i verktygsmaskinindustrin. Särskilt snabbt växte den japanska verktygsmaskinindustrin. Under 1960-talet var denna dock nästan uteslutande inriktad mot hemmamarknaden.

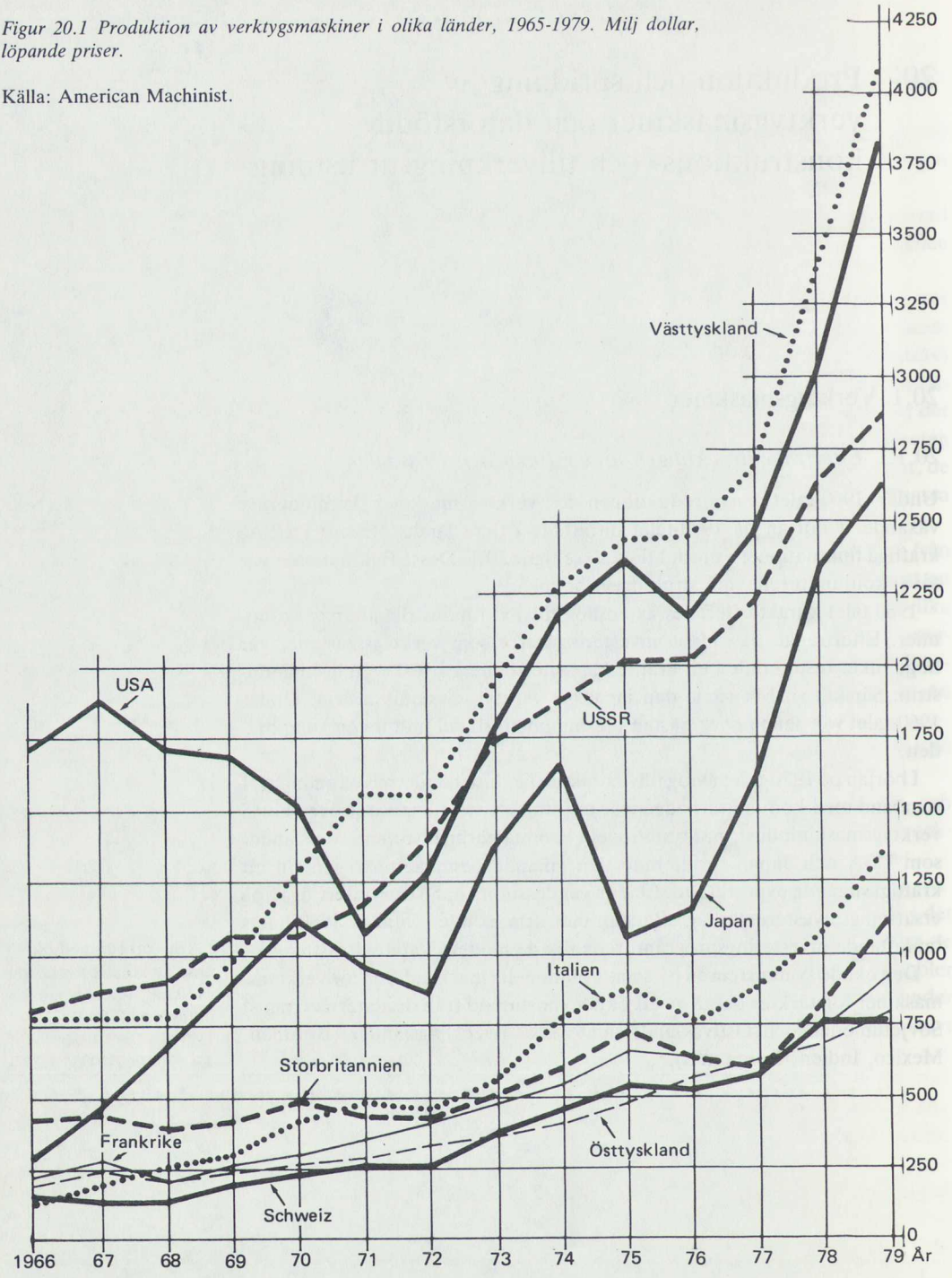
I början på 1970-talet avtog tillväxttakten i industriländernas ekonomier. I samband med konjunkturnedgångar uppstod ett stort kapacitetsöverskott i verktygsmaskinindustrin. I traditionellt hemmamarknadsorienterade länder som USA och Japan resulterade den vikande hemmaefterfrågan till ett kraftigt stigande exportutbud. I Japan var dessutom industrins efterfrågan på ersättningsinvesteringar låg eftersom industrin, som en följd av 1960-talets omfattande investeringsprogram, redan hade modern kapitalutrustning.[1]

Den ökade konkurrensen på de internationella marknaderna för verktygsmaskiner förstärktes också av ett ökat exportutbud från öststaterna (främst Sovjetunionen och Östtyskland) samt vissa utvecklingsländer (Brasilien, Mexico, Indien, Korea m fl).

[1] Årlig procentuell ökning av antalet verktygsmaskiner i den japanska industrin, 1958-1962: 11,3 %, 1963-1966: 4,4 %, 1967-1973: 3,2 %.

Figur 20.1 Produktion av verktygsmaskiner i olika länder, 1965-1979. Milj dollar, löpande priser.

Källa: American Machinist.



Tabell 20.1 Import- och exportandelar för verktygsmaskiner i USA, Västtyskland, Japan och Sverige

År	USA		Västtyskland		Japan		Sverige	
	Export-andel	Import-andel	Export-andel	Import-andel	Export-andel	Import-andel	Export-andel	Import-andel
1967	12,7	10,0						
1970					7,7	13,3		
1975	23,1	14,4	49,3	27,2	26,7	11,3	76,9	84,2
1976	25,2	16,4	71,2	26,2	33,3	8,3	66,3	71,2
1977	18,5	16,8	69,2	28,2	36,9	7,4	84,9	82,4
1978	18,6	22,6	62,5	28,2	44,4	8,8	83,1	79,7
1979	17,0	24,7	60,0	24,8			78,5	70,3

Källa: American Machinist, MITI (uppgifterna för Japan).

I tabell 20.1 framgår hur importandelarna (import i förhållande till tillförsel) och exportandelarna (export i förhållande till produktion) har utvecklats under perioden 1975-1978 för USA, Västtyskland, Japan och Sverige.

I Västtyskland, som sedan länge varit det ledande exportlan det för verktygsmaskiner, ökade exportandelen kraftigt under 1970-talet samtidigt som importandelen var relativt stabil. För den relativt sett största exportökningen svarade emellertid Japan. Mellan 1970 och 1978 ökade exportandelen från ca 8 % till över 44 %. Samtidigt sjönk importandelen och under stiger nu 10 %.

Den amerikanska verktygsmaskinexporten ökade kraftigt under första delen av 1970-talet. Under senare delen av 1970-talet sjönk emellertid exportandelen samtidigt som importandelen ökade kraftigt (under 1978 var den amerikanska importen av verktygsmaskiner för första gången större än exporten). Denna utveckling förklaras dels av att den inhemska industrin inte haft kapacitet att möta den mycket kraftiga efterfrågeökningen som följde efter konjunkturnedgången 1975–1976, dels av ökad internationell konkurrens och specialisering.

I tabellerna 20.2–20.4 redovisas produktion, utrikeshandel och tillförsel av verktygsmaskiner för olika länder under perioden 1975–1979.

Mellan 1975 och 1976 sjönk världsproduktionen av verktygsmaskiner, uttryckt i löpande priser, för första gången under 1960- och 1970-talen. Volymmässigt kan nedgången i världsproduktionen uppskattas till ca 7 %. Den främsta orsaken härtill var en kraftig minskning i den amerikanska produktionen. Volymmässigt sjönk produktionen i USA med ca 17 %.

Under 1977 ökade åter världsproduktionen. Volymmässigt uppnådde den emellertid inte 1975 års nivå. Under 1978 och 1979 ökade produktionsvolymen mycket snabbt, 15 % respektive 8 % och under 1979 var produktionsvolymen nästan 20 % högre än under 1975.

Tabell 20.2 Produktion av verktygsmaskiner, 1975–1979. Miljoner dollar, löpande priser och 1975 års priser

	Löpande priser				1975 års priser					Proc volymförändring			
	1979	1978	1977	1976	1975	1976	1977	1978	1979	75/76	76/77	77/78	78/79
1. Västtyskland	4 100	3 396	2 635	2 411	2 404	2 264	2 277	2 685	2 929	– 6	1	18	9
2. USA	3 890	3 004	2 441	2 169	2 452	2 037	2 110	2 375	2 779	–17	4	13	21
3. Sovjetunionen	2 892	2 652	2 202	2 010	1 984	1 887	1 903	2 096	2 066	– 5	1	10	– 1
4. Japan	2 698	2 350	1 603	1 127	1 060	1 058	1 385	1 858	1 927	0	31	34	4
5. Italien	1 386	1 060	878	751	873	705	759	838	990	–19	7	10	18
6. Storbritannien	1 106	821	588	646	728	607	508	649	790	–17	–16	28	22
7. Frankrike	918	723	590	657	679	617	510	572	656	– 9	–17	12	15
8. Österskland	806	700	641	569	585	534	554	553	576	– 9	4	0	4
9. Schweiz	797	768	580	536	536	503	501	607	569	– 6	0	21	– 6
10. Polen	685	679	583	510	423	479	504	537	489	13	5	7	– 9
.													
.													
17. Sverige	200	166	146	175	147	164	126	131	143	10	–23	4	9
.													
.													
Summa	22 692	19 068	15 127	13 540	13 640	12 710	13 070	15 070	16 210	– 7	3	15	8

Källa: American Machinist, US Wholesale Price Index.
Anmärkning: Som en följd av dels dollarområkningen, dels att amerikanskt maskinprisindex har använts som deflator för samtliga länder blir de redovisade volymuppgifterna mycket approximativa. De minst tillförlitliga uppgifterna är de som redovisas för öststaterna.

Tabell 20.3 Import och export av verktygsmaskiner, 1975–1979. Miljoner dollar, löpande priser. Import- och exportandelar 1979

	Export					Export-andel	Import					Import-andel
	1979	1978	1977	1976	1975	1979 %	1979	1978	1977	1976	1975	1979 %
1. Västtyskland	2 460	2 122	1 823	1 739	1 184	60	541	462	320	238	220	25
2. Japan	1 114	1 018	616	399	359	41	155	120	88	76	123	9
3. Italien	699	596	437	365	431	50	265	194	187	156	212	28
4. Schweiz	678	652	494	456	381	85	140	124	77	54	65	54
5. Österskland	662	548	579	446	508	82	244	218	174	170	191	63
6. USA	660	560	452	547	566	17	1 060	715	401	318	318	25
7. Frankrike	480	383	269	272	319	52	352	290	286	348	336	45
8. Storbritannien	468	426	300	319	363	42	575	399	238	257	253	47
.												
.												
Sverige	157	138	124	116	113	79	102	110	108	146	186	70
.												
.												
Summa	9 320	8 070	6 500	5 870	5 900		7 450	6 430	5 190	4 680	4 450	

Källa: American Machinist.
Anmärkning: Se anmärkning till tabell 20.2.

Tabell 20.4 Tillförseln av verktygsmaskiner till de största marknaderna, 1975–1979. Miljoner dollar, löpande priser och 1975 års priser

	Löpande priser				1975 års priser				
	1979	1978	1977	1976	1975	1976	1977	1978	1979
1. USA	4 290	3 159	2 390	1 941	2 202	1 823	2 066	2 497	3 064
2. Sovjetunionen	3 342	3 123	2 821	2 489	2 287	2 337	2 438	2 469	2 387
3. Västtyskland	2 182	1 637	1 133	909	809	854	979	1 294	1 559
4. Japan	1 739	1 453	1 074	804	825	755	928	1 149	1 242
5. Storbritannien	1 212	795	526	584	619	548	455	628	666
6. Polen	1 012	1 111	969	878	698	824	838	878	723
7. Italien	952	659	629	542	653	509	543	521	680
8. Frankrike	791	630	608	733	696	688	525	498	565
.									
.									
22. Sverige	145	138	131	205	221	192	113	109	104
.									
.									

Källa: American Machinist.
Anmärkning: Se anmärkning till tabell 20.2.

20.1.2 *Verktygsmaskinindustrin*

Storleksstruktur och lönsamhetsutveckling

USA var under lång tid världens störste verktygsmaskinproducent. Från och med 1970 övertog Västtyskland denna position. Andra betydande producentländer är Sovjetunionen, Japan och Italien. Speciellt har den italienska verktygsmaskinindustrin vuxit mycket snabbt under senare delen av 1970-talet. De fyra förstnämnda länderna svarar för ca 60% av världsproduktionen.

Verktygsmaskinindustrin består huvudsakligen av små och medelstora företag (enligt respektive lands definition av vad som är små och medelstora företag). Det största amerikanska verktygsmaskinföretaget, Cincinnati Milacron, var under 1979 det 340:e största företaget (i termer av omsättning) i USA.

Den amerikanska och västtyska verktygsmaskinindustrin, som är av samma storleksordning, består av 500–600 företag med totalt ca 90 000–100 000 anställda, d v s i genomsnitt ca 200 anställda per företag.

De konjunkturella och strukturella förändringar som inträffade i början på 1970-talet resulterade i omfattande strukturrationaliseringar i branschen. Många mindre företag tvingades lägga ner sin verksamhet. Andra köptes upp av större företag inom branschen. Som en följd av dålig lönsamhet har verktygsmaskinbranschen däremot inte i någon större utsträckning lockat till sig kapitalstarka koncerner inom andra branscher. Bilindustrin t ex som är en av de största mottagarna av verktygsmaskiner torde endast ha obetydliga ägarintressen i verktygsmaskinindustrin.

Den strukturrationalisering som verktygsmaskinindustrin genomgått och fortfarande genomgår har i många fall genomförts med statlig medverkan. I länder som Italien, Västtyskland, Frankrike och Storbritannien har särskilda

branschprogram initierats för verktygsmaskinindustrin. Från dessa program har branschen fått hjälp med att finansiera såväl restruktureringen av industrin som FoU-investeringar.

Vissa utvecklingsproblem för branschen

Utbudet av NC-maskiner kommer huvudsakligen från traditionella verktygsmaskinföretag. Vad gäller industrirobotar är utbudet mer splittrat. Robotar produceras av verktygsmaskinföretag, särskilda robottillverkare eller av företag inom andra branscher, t ex vissa bilföretag. System för datorstödd konstruktion (CAD-system) tillverkas nästan uteslutande av dator- och elektronikföretag. Dessa företag dominerar dessutom produktionen av styrsystem till NC-maskiner. Endast ett mindre antal verktygsmaskinföretag tillverkar såväl maskinenhet som styrenhet.

Verktygsmaskinföretagens styrka ligger inom det mekaniska området medan kunnandet i elektronik hittills varit mer begränsat. Då elektroniken nu fått en allt större betydelse i verktygsmaskinsystem blir t ex NC-maskinernas utveckling beroende av vilka utvecklingsinsatser elektronikföretagen avdelar för denna sektor.

NC-maskiner och datorer för tekniska och administrativa tilllämpningar utvecklades ungefär samtidigt (1950-talet). I jämförelse med de konventionella datorerna har dock NC-maskinerna haft ett relativt långsamt spridningsförlopp i industrin. En viktig förklaring härtill torde vara verktygsmaskinföretagens begränsade utvecklingsinsatser inom elektronikområdet. Detta är främst en följd av att branschen domineras av små och medelstora företag samt att dessa har dålig lönsamhet och därför begränsade resurser för FoU, se tabell 20.5.

Tabell 20.5 FoU-investeringar i olika industribranscher i USA under 1979

	FoU totalt $ miljoner	% av försäljningen	% av vinsten	$ per anställd
1. Datorindustrin	3 032	6,1	61	3 265
2. Kontorsmaskinindustrin	448	4,2	59	2 367
3. Halvledarindustrin	477	5,7	95	1 922
4. Elektroindustrin (exkl 1–3 ovan)	537	2,5	52	1 247
5. Instrumentindustrin (mät- och styrutrustning)	500	3,9	68	1 734
6. Maskinindustrin (exkl byggnads- och jordbruksmaskiner)	427	1,6	29	923
– Cincinnati Milacron	18	2,4	33	1 324
– Ex-Cell-O	4	1,2	14	889
– Cross & Trecker	14	1,4	25	803
Hela industrin	23 900	1,9	33	1 550

Källa: Business Week.

Några särskilda FoU-uppgifter för verktygsmaskinindustrin har ej varit tillgängliga. I stället redovisas FoU-uppgifterna för hela maskinindustrin samt för tre av de ledande verktygsmaskinföretagen i USA. Då dessa tre företags FoU-utgifter endast obetydligt överstiger hela industrins genomsnitt vågar man nog påstå att verktygsmaskinindustrins FoU-utgifter väsentligt understiger industrigenomsnittet.

Ett annat problem för branschen är att skaffa kompetens inom elektronikområdet. Detta torde vara ett resultat av dels branschens traditionella inriktning mot mekanisk teknologi, dels svårigheten att rekrytera personal med elektronikutbildning. Den snabba tillväxten inom elektronikbranschen har lett till ett efterfrågeöverskott på elektronikingenjörer. Dessa har nästan uteslutande rekryterats av elektronikindustrin eftersom denna med sin höga tillväxt och goda lönsamhet kunnat betala högre löner än t ex verktygsmaskinindustrin. För att möta det ökade behovet av elektronikutbildad personal har verktygsmaskinindustrin i stället i stor utsträckning gett sina maskiningenjörer utbildning i elektronik. Detta behöver dock inte vara en nackdel. För att utveckla datorstyrda tillverkningsutrustningar erfordras personal med utbildning i såväl mekanisk teknologi som elektronik.

20.1.3 *Åldersfördelning för industrins verktygsmaskiner*

De verktygsmaskiner som används ute i industrin har, om man jämför med t ex datorer, en mycket hög genomsnittsålder. Detta gäller för de flesta industriländerna. I USA, Västtyskland och Storbritannien är ca 2/3 av industrins verktygsmaskiner 10 år eller äldre. Ca 1/3 är 20 år eller äldre. I Västtyskland var under 1976 verktygsmaskinernas medelålder 14 år, d v s industrin arbetade i genomsnitt med 1962 års teknologi vad gäller verktygsmaskiner. I Japan däremot arbetar industrin med betydligt modernare maskiner, se tabell 20.6.

Under 1973 var ca 1/3 av den japanska industrins verktygsmaskiner under fem år, ca 2/3 var under tio år. Den låga medelåldern förklaras av den japanska industrins mycket snabba expansion under 1960-talet.

Tabell 20.6 Verktygsmaskinernas åldersfördelning i den japanska och i den amerikanska industrin, 1973. Endast företag med mer än 100 anställda innefattas

	Japan			USA	
	Antal	0–4 år, %	0–9 år, %	Antal	0–9 år, %
Metallskärande maskiner	626 300	32	59	1 331 500	31
– varav NC	5 400	90	99	19 300	[a]
Metallformande maskiner	199 400	36	65	445 400	31
– varav NC	160	90	100	1 293	[a]

[a] Uppgift saknas.
Källa: American Machinist.

20.2 Datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning – en översikt

20.2.1 *NC-maskiner*

Det totala antalet installerade NC-maskiner i världen uppgick 1976 till ca 115 000. I tabell 20.7 visas hur installationerna var fördelade på olika länder. Under 1980 torde den totala NC-parken ha ökat till storleksordningen en kvarts miljon enheter.

USA är det land som har flest installerade NC-maskiner, 35 % av det totala antalet installationer i världen (1976). Ser man i stället till antalet NC-maskiner per invånare ligger Sverige främst (antalet NC-maskiner per 1000 arbetare inom den svenska verkstadsindustrin uppgick 1976 till ca 6,6).

De numeriskt styrda verktygsmaskinerna utgör fortfarande endast ett par procent av den totala verktygsmaskinparken i termer av antal. Detta förklaras framför allt av verktygsmaskinernas långa livslängd, vilket uppgifterna om medelålder (t ex 14 år i Västtyskland) ger besked om, samt av att NC- maskinerna i mer betydande omfattning började användas först under slutet av 1960-talet. Ser man i stället till vissa delbranscher inom verkstadsindustrin, vissa typer av verktygsmaskiner (t ex svarvar, fräsar m m) eller till de maskiner som är mellan 0 och 10 år finner man betydligt högre NC-maskinandelar. Inom den amerikanska maskinindustrin svarade 1976 NC-maskinerna för 9% av alla metallskärande maskiner mellan 0 och 10 år.

Mellan 1973 och 1976 har andelen NC-maskiner i denna bransch ökat från 1,4% till 2,7%. Under samma period ökade antalet NC-maskiner med 36%. Numeriskt styrda fleroperationsmaskiner ökade med hela 79 %. Då NC-maskinernas prestanda är väsentligt högre än motsvarande konventionella verktygsmaskiner, är den snabba ökningen i antalet NC-maskiner en bidragande orsak till att den totala verktygsmaskinparken i den amerikanska maskinindustrin har minskat.

Tabell 20.7 Antalet installerade NC-maskiner i världen, 1976

Land	Antal NC-maskiner	%	Antal NC/milj invånare	Land	Antal NC-maskiner	%	Antal NC/milj invånare
USA[a]	40 000	35,1	185	Sverige[a]	2 000	1,75	250
Sovjetunionen	24 000	21,1	94	Östtyskland	2 000	1,75	118
Japan	14 000	12,3	124	Kanada	1 200	1,1	52
Storbritannien	10 000	8,8	179	Belgien	500	0,4	56
Västtyskland	8 000	7,0	131	Spanien	300	0,3	8
Frankrike	4 000	3,4	75	Övriga Europa	2 500	2,2	
Italien	3 000	2,6	54	Övriga länder	2 500	2,2	
Summa					114 000	100,0	

[a] Under 1980 uppgick antalet installerade NC-maskiner i USA och Sverige till 60 000 respektive nästan 4 000 enheter.

Källa: American Machinist, Metalworking Production.

Det genomsnittliga värdet av en NC-maskin är betydligt högre än värdet av en konventionell maskin varför antalsmässiga relationer ger en ofullständig bild av NC-maskinernas betydelse. Uttryckt i värde svarar f n NC-maskinerna för ca 30 % av den totala tillförseln av verktygsmaskiner i länder som USA och Sverige.

20.2.2 *Industrirobotar*

Redovisade uppgifter om antalet installerade industrirobotar är mycket osäkra. För 1980 har antalet installerade robotar i världen uppskattats till mellan 15 000 och 20 000, varav ca hälften i Japan och övriga med lika fördelning på USA och Europa. Antalet robotar i Sverige har vi uppskattat till ca 1 000.

Den japanska branschorganisationen för industrirobottillverkare anger att 80 000 robotar kommer att vara installerade i Japan i slutet av 1980. I Japan tillämpar man dock en helt annan definition på begreppet industrirobot (bl a innefattas mekanisk hanteringsutrustning) än i Västeuropa och USA. Av det angivna antalet robotinstallationer i Japan torde endast 10-15 % avse enheter som motsvarar vår definition av begreppet industrirobot.

20.2.3 *System för datorstödd konstruktion (CAD-system)*

Det totala antalet CAD-system som hittills installerats i värden uppgår till högst 3 000. Världsmarknaden för CAD-system uppgår f n till ca $ 600 miljoner. Under 1984 väntas den öka till ca $ 2 miljarder.

Maskinvarumässigt är CAD-system uppbyggda antingen kring stordatorer eller minidatorer. Den senare lösningen är den vanligast förekommande, mer än 2 500 av de installerade systemen är uppbyggda kring minidatorer.

Utbudet av CAD-system domineras av amerikanska dator- och elektronikföretag. Uppskattningsvis svarar dessa för 80 % av världsmarknaden. De största leverantörerna är Computervision Corp. (marknadsledare i flera länder, bl a i Sverige), Gerber Scientific Instrument Co., Applicon Inc., IBM Corporation (marknadsför CADAM-systemet, Computer-Graphics Augmented Design and Manufacturing. CADAM, som är implementerat på en stordator, har utvecklats av IBM och Lockheed Corporation), United Computing (UCC), Tektronix Inc., Control Data Corporation och Digital Equipment Corp.

20.3 Användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning i olika länder

20.3.1 *USA*

20.3.1.1 NC-maskiner

Under 1978 uppgick NC-parken i USA till ca 54 000 enheter. I tabell 20.8 visas dels hur NC-maskinerna fördelades på olika maskintyper, dels andelen av totala verktygsmaskinparken.

Tabell 20.8 Antalet installerade NC-maskiner och verktygsmaskiner totalt i USA under 1978

	Antal maskiner totalt	NC-maskiner	
		Antal	% av maskiner 0–9 år
Metallskärande maskiner	1 986 500	50 100	7,4
Metallformande maskiner	644 000	2 800	1,2
Sammanfogningsutrustning[a]	499 000	400	
Övriga maskiner	350 000	650	
Summa	3 430 000	54 000	

[a] Huvudsakligen svetsutrustning. Som framgår av tabell 20.8 är över 90 % av NC-maskinerna metallskärande. I det följande skall därför huvudsakligen denna maskintyp diskuteras.
Källa: American Machinist.

Av de metallskärande maskiner som är under 10 år utgör NC-andelen 7,4 %. För vissa typer av metallskärande maskiner som svarvar, fräsar och fleroperationsmaskiner är NC-andelen dock betydligt större.

Antalet NC-maskiner i förhållande till totala maskinparken varierar också med företagsstorlek. I företag med mellan 20 och 49 anställda svarade NC-maskinerna för 3,6 % av de metallskärande maskinerna i åldersklassen 0-9 år. Motsvarande andelar för företag med 50-99 anställda och företag med 100 anställda och däröver var 4,8 % respektive 9,1 %, se tabell 20.9.

Tabell 20.9 Metallskärande maskiners åldersfördelning i olika företagsstorlekar, 1978

Antal anställda	Åldersfördelning för samtliga metallskärande maskiner, %				NC-maskiner i % av samtliga maskiner i åldersklassen 0–9 år
	0–4	5–9	10–19	20–	
20–49	12	25	36	27	3,6
50–99	12	25	38	25	4,8
100–	10	19	34	37	9,1

Källa: American Machinist.

Maskinindustrin är liksom i Sverige den störste användaren av NC-maskiner. Under 1978 svarade denna bransch för 58 % av alla installerade metallskärande NC-maskiner. Därefter följde transportmedelsindustrin med 18 % och elektro- och metallvaruindustrin med ca 12 % vardera.

De NC-maskiner som var installerade i maskinindustrin svarade för 9 % av branschens totala antal verktygsmaskiner i åldersklassen 0-9 år. Går man ner på "finare" branschnivå finner man dock delbranscher med avsevärt högre NC-andel. Nedan redovisas de delbranscher som under den senaste 10-årsperioden haft den största ökningen i NC-investeringarna. Procenttalen anger NC-maskinernas andel av totala antalet metallskärande maskiner i åldersklassen 0-9 år.

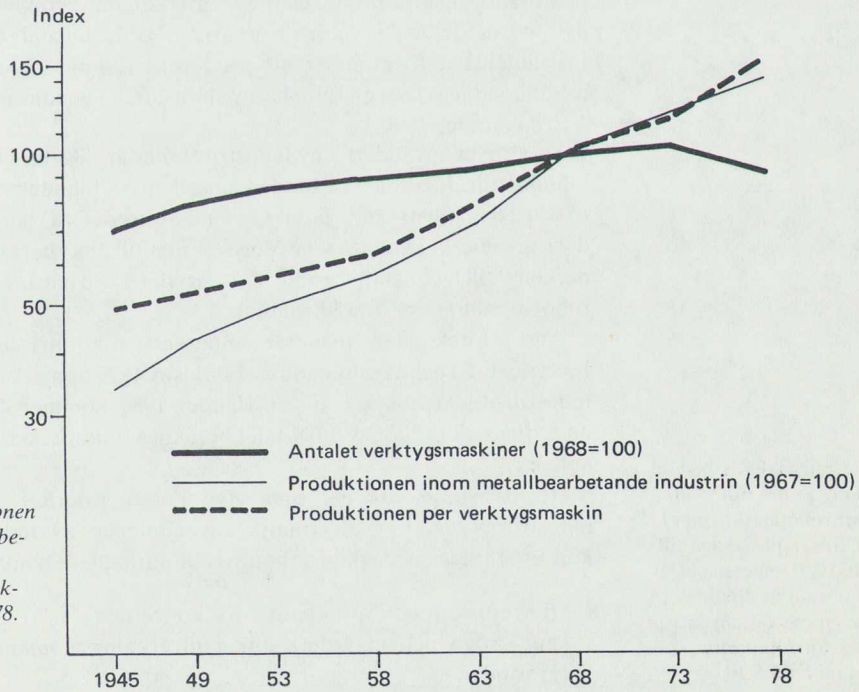
	%
Flygindustri	23,4
Rymd- och robotindustri	18,0
Industri för byggnadsmaskiner, mineralbrytningsmaskiner, materialhanteringsutrusntning m m	15,5
Industri för ammunition och handeldvapen	15,3
Industri för specialmaskiner (textil- och pappersmaskiner m m)	11,8

Försvarsindustrins stora dominans vad gäller NC-användningen bör observeras.

I figur 20.2 visas hur den totala maskinparken har utvecklats i den amerikanska verkstadsindustrin under perioden 1945-1978. Samtidigt visas hur produktionen har utvecklats under samma period.

Som framgår av figuren har maskinparken kontinuerligt ökat fram till 1973. Därefter har den stadigt avtagit och hade under 1978 sjunkit till 1958 års antalsnivå. Trots detta har produktionsvolymen ökat i den metallbearbetande industrin under 1970-talet (tillväxttakten var dock något lägre än under 1960-talet). Detta förklaras bl a av den ökade användningen av NC-maskiner och annan datorstyrd utrustning. Dessa maskiner har betydligt högre produktivitet än konventionella maskiner varför produktionsvolymen kan öka även om den totala maskinparken minskar något.

Mellan 1973 och 1978 har antalet verktygsmaskiner minskat med ca 10%. Minskningen faller på samtliga maskintyper utom sådana som är uteslutande



Figur 20.2 Produktionen inom den metallbearbetande industrin samt maskinparkens utveckling i USA, 1945-1978. Index, 1968 = 100.

Källa: DEK.

av NC-typ, t ex fleroperationsmaskiner samt vissa specialmaskiner som automatiska monteringsmaskiner och transfermaskiner. Dessa tre maskintyper har under perioden 1973-1978 ökat med 37 %, 12 % och 26 %, respektive.

Styrenheter

De amerikanska styrsystemtillverkarna har en dominerande ställning på såväl den inhemska som flera utländska marknader. Den störste tillverkaren är General Electric. Andra stora tillverkare är Bendix och Allan Bradley samt verktygsmaskintillverkare som Cincinnati Milacron. Även datorföretag som General Automation och Digital Equipment Corp. producerar styrutrustning och annan elektronisk utrustning till verktygsmaskiner.

20.3.1.2 Industrirobotar

Antalet installerade industrirobotar i USA uppgår (1980) till 3 500–4 000. Mot bakgrund av den amerikanska ekonomins storlek samt att industrirobotar ursprungligen utvecklades i USA kan robotparkens storlek anses blygsam. Under de senaste åren har emellertid efterfrågan på industrirobotar ökat mycket snabbt och under de närmaste åren räknar man med att drygt 2 000 robotar per år kommer att tillföras marknaden.

Enligt en prognos som gjorts av tidskriften Business Week kommer robotmarknaden 1990 att uppgå till mellan 23 000 och 200 000 enheter per år. Den undre gränsen bygger på antagandet att nuvarande tillverkare även i fortsättningen kommer att dominera marknaden samt att inga större prisförändringar inträffar. Den övre gränsen har beräknats utifrån antagandet att de ledande datortillverkarna, IBM, Digital Equipment, Texas Instruments m fl, kommer att producera robotar i stor skala. Priset på robotar antages som en följd härav sjunka från i genomsnitt $ 50 000 idag till $ 10 000 under 1990.[1]

De största användarna av industrirobotar är, liksom i Europa och Japan, bilindustrin. Med hänsyn till den amerikanska bilindustrins storlek är dock robotparken fortfarande liten. General Motors (GM) har f n ca 200 robotar, d v s ungefär lika många som Volvo. Fram till 1983 beräknar GM att robotparken skall ha ökat till ca 500. Vid Chrysler Corp pågår f n installation av en robotsvetslinje om ca 120 robotar.

Andra företag som planerar omfattande robotinvesteringar är General Electric (GE) och Westinghouse. I slutet av 1979 uppgick antalet installerade industrirobotar hos GE till 26. Under 1980 kommer 47 nya robotar att anskaffas och i slutet av 1980-talet beräknas robotparken uppgå till ca 1 000 enheter.

Hos Westinghouse har man givit högsta prioritet till investeringar i industrirobotar. För att främja användningen av industrirobotar inom koncernen har en särskild robotdivision inrättats. Denna skall bl a

- fungera som en "robotbank" för koncernen
- undersöka och utvärdera olika tillverkningsmoment där robotar kan användas.

[1] Enligt DEK's bedömning är det osannolikt att robotmarknaden i USA skulle uppgå till 200 000 enheter per år i början av 1990-talet, även om genomsnittspriset för robotarna skulle sjunka till $ 10 000.

Med stöd från National Science Foundation bedriver Westinghouse f n ett omfattande projekt som avser att undersöka möjligheterna att använda robotar för olika monteringsuppgifter inom koncernen.

Under 1980 kommer Westinghouse's robotpark att öka från 50 till ca 200 enheter.

Tillverkning av industrirobotar

De amerikanska robotföretagen har en ledande ställning på världsmarknaden. Världens störste robotproducent är det amerikanska företaget Unimation Inc, som började tillverka robotar redan på 1960-talet.

Unimation tillverkar flera olika robottyper, dels en robotserie för huvudsakligen svetsning och maskinbetjäning som är jämförbar med ASEA's robotserie, dels sedan något år tillbaka en liten mikrodatorstyrd robot som går under beteckningen PUMA. Denna är främst avsedd att användas för montering av små detaljer (i termer av vikt och volym).

Andra betydande robottillverkare är Cincinnati Milacron, AMF-Versatran, Auto-Place, Industrial Automates, Prab, Bendix, Nordson och Automatix. Dessutom finns det ett flertal företag som utvecklat robotar för egen användning. Sådana företag som IBM, Texas Instruments och General Motors bedriver en omfattande utvecklingsverksamhet på robotområdet.

Som tidigare redovisats är Cincinnati Milacron och Bendix också tillverkare av styrenheter och verktygsmaskiner. Cincinnati Milacron, som är världens ledande verktygsmaskintillverkare, har under de senaste åren kraftigt ökat produktionen av industrirobotar.

Auto-Place har nyligen börjat marknadsföra en robot med "syn". Robotsystemet består av en robotarm och två TV-kameror. De första leveranserna av systemet, som kan plocka oordnade detaljer från ett löpande band och utföra vissa monteringsarbeten, kommer att gå till bilindustrin.

20.3.1.3 Efterfrågan och inhemsk produktion av verktygsmaskiner i USA under 1980-talet

Som visades i kapitel 10 är verktygsmaskinindustrin mycket konjunkturkänslig. När en recession inträder dröjer det drygt ett år innan produktionen av verktygsmaskiner börjar avtaga. Svängningarna i den senare blir dock vanligtvis betydligt kraftigare än för industrin eller ekonomin som helhet.

Under 1974 och 1975 befann sig den amerikanska ekonomin i en relativt djup recession. Detta fick till följd att produktionen av verktygsmaskiner realt sett sjönk med 17 % mellan 1975 och 1976. Samtidigt sjönk tillförseln med 12 %.

Från och med 1977 ökade produktionen av verktygsmaskiner i mycket snabb takt. Efterfrågan har emellertid ökat ännu snabbare vilket är en viktig förklaring till att den amerikanska importandelen för verktygsmaskiner ökat mycket snabbt under de senaste åren samtidigt som exportandelen sjunkit.

Den kraftiga efterfrågeökningen förklaras av dels ekonomins tillväxt sedan 1977, dels att stora verktygsanvändande branscher som försvars-, flyg- och bilindustrin ökat såväl sina ny- som ersättningsinvesteringar.

1980 var ett lågkonjunkturår i den amerikanska ekonomin. Såväl industriproduktionen som investeringarna sjönk. Man kunde därför förvänta sig en starkt vikande efterfrågan på verktygsmaskiner. Så blev emellertid inte fallet. Efterfrågan låg kvar på en hög nivå, främst som en följd av den stora efterfrågan från försvars-, flyg- och bilindustrin (bilindustrins betydelse för efterfrågeutvecklingen redovisas i nästa avsnitt). En annan förklaring är att industrin nu i allt snabbare takt ersätter konventionella maskiner med avancerade datorstyrda maskinsystem.

Den amerikanska industrins investeringar i verktygsmaskiner beräknas uppgå till $ 6 miljader under 1980, vilket kan jämföras med $ 4,5 miljader under 1979. Under hela första hälften av 1980-talet räknar man med att investeringarna i verktygsmaskiner i reala termer skall öka med 10 % per år.

Den kraftiga efterfrågeökningen har medfört att verktygsmaskinindustrin i snabb takt ökar sin produktionskapacitet. Under 1979 ökade verktygsmaskinindustrin sina investeringar med 57 % till $ 144 miljoner. Under 1980 kommer de sex ledande tillverkarna att öka sina investeringar med 50 % till $ 108 miljoner. Med en orderingång på ca $ 5,6 miljarder och leveranstider som kan uppgå till två år är det nödvändigt för den amerikanska verktygsmaskinindustrin att snabbt öka sin produktionskapacitet för att inte ytterligare marknadsandelar skall förloras till utländska leverantörer.

Den ökade konkurrensen från utlandet, främst från Japan och Västtyskland, samt ökat kapitalbehov för FoU och investeringar i produktionskapacitet har medfört strukturella förändringar i branschen. Under 1979 genomfördes två stora sammanslagningar; Cross Co. gick samman med Kearney & Trecker och Bendix Corp. förvärvade Warner & Swasey. Dessa två företagsgrupper är nu näst Cincinnati Milacron de två största tillverkarna.

För att kunna möta efterfrågan på allt mer avancerade datorstyrda maskinsystem har det blivit nödvändigt för verktygsmaskinföretagen att skaffa sig elektronikkompetens och kraftigt öka sina FoU-investeringar. Under 1979 ökade de senare med 27 %.

Det största problemet för de amerikanska verktygsmaskinföretagen är att finna arbetskraft. Trots att företagens egna verkstadsskolor byggts ut i snabb takt – Cincinnati Milacron har under de senaste tre åren tredubblat sin utbildningsvolym – kvarstår problemet. För att komma till rätta med arbetskraftsbristen ökar man sina investeringar i datorstyrda maskiner, som kräver mindre arbetsinsats. Detta tycks dock inte lösa problemet ty man har svårt att finna utbildad arbetskraft som kan installera och sköta de avancerade maskinerna.

20.3.1.4 Den amerikanska bilindustrins investeringsbehov

Den amerikanska regeringen har uppställt vissa bestämmelser avseende säkerhet, avgasrening och bränsleekonomi som bilindustrin måste uppfylla senast 1985. Vad gäller bränsleförbrukningen skall denna i genomsnitt, för varje biltillverkares olika bilmodeller, uppgå till minst 27,5 miles per gallon (i dag är genomsnittet 18 miles per gallon). Denna bestämmelse liksom även den ökade konkurrensen från utlandet kommer att kräva en betydande

förskjutning från stora till små bilmodeller i den amerikanska biltillverkningen.

För att förändra biltillverkningen enligt dessa riktlinjer kommer stora kapitalinvesteringar att krävas. Man har uppskattat att kapitalinvesteringarna i byggnader och maskiner kommer att uppgå till $ 70 miljarder mellan 1978 och 1985.

Den amerikanska bilindustrin börjar nu i allt större utsträckning producera mindre bilar. Emellertid är det på de större bilmodellerna som industrin gjort sina vinster. Skulle omläggningen av bilproduktionen mot mindre bilar medföra lägre vinster kan industrin få svårigheter att finansiera investeringsprogrammet. På grund av den starka importkonkurrensen torde den amerikanska bilindustrin ha svårt att öka vinsterna genom att höja priserna. I stället måste industrin inrikta sig på att minska produktionskostnaderna. I detta sammanhang kommer automatisering och datorisering att få stor betydelse.

Bilindustrin är i många avseenden föregångare vad gäller användningen av robotar, datorer och annan automatiseringsutrustning. Då investeringar i robotar, NC-maskiner och datorstyrda tillverkningslinjer ofta kräver stora förändringar i den befintliga produktionsprocessen görs sådana investeringar oftast i samband med uppbyggnaden av nya tillverkningslinjer.

Bilindustrins omfattande investeringsprogram för nya produktionslinjer, innefattande robotar, NC-maskinsystem och datorer (som provats under flera år med positiva erfarenheter), har redan resulterat i en starkt växande efterfrågan på datorstyrda produktionssystem.

Hittills har datoranvändningen inom tillverkningsprocessen varit av betydligt mindre omfattning än vad gäller administrativa rutiner. Detta förhållande håller snabbt på att förändras. Vid General Motors räknar man med att under den närmaste 10-års perioden kommer ca 90 % av alla nya maskiner att vara datorstyrda.

Inom bilindustrin användes idag industrirobotar huvudsakligen för punktsvetsning och maskinbetjäning. Ett annat område där robotarna på sikt väntas få stor betydelse är montering. Detta förutsätter dock dels att industrirobotarna blir tekniskt mer avancerade samtidigt som priset i stort blir oförändrat, dels att de komponenter som ingår i bilarna får en sådan konstruktion (form, material, vikt m m) som möjliggör automatisk montering.

20.3.2 *Japan*

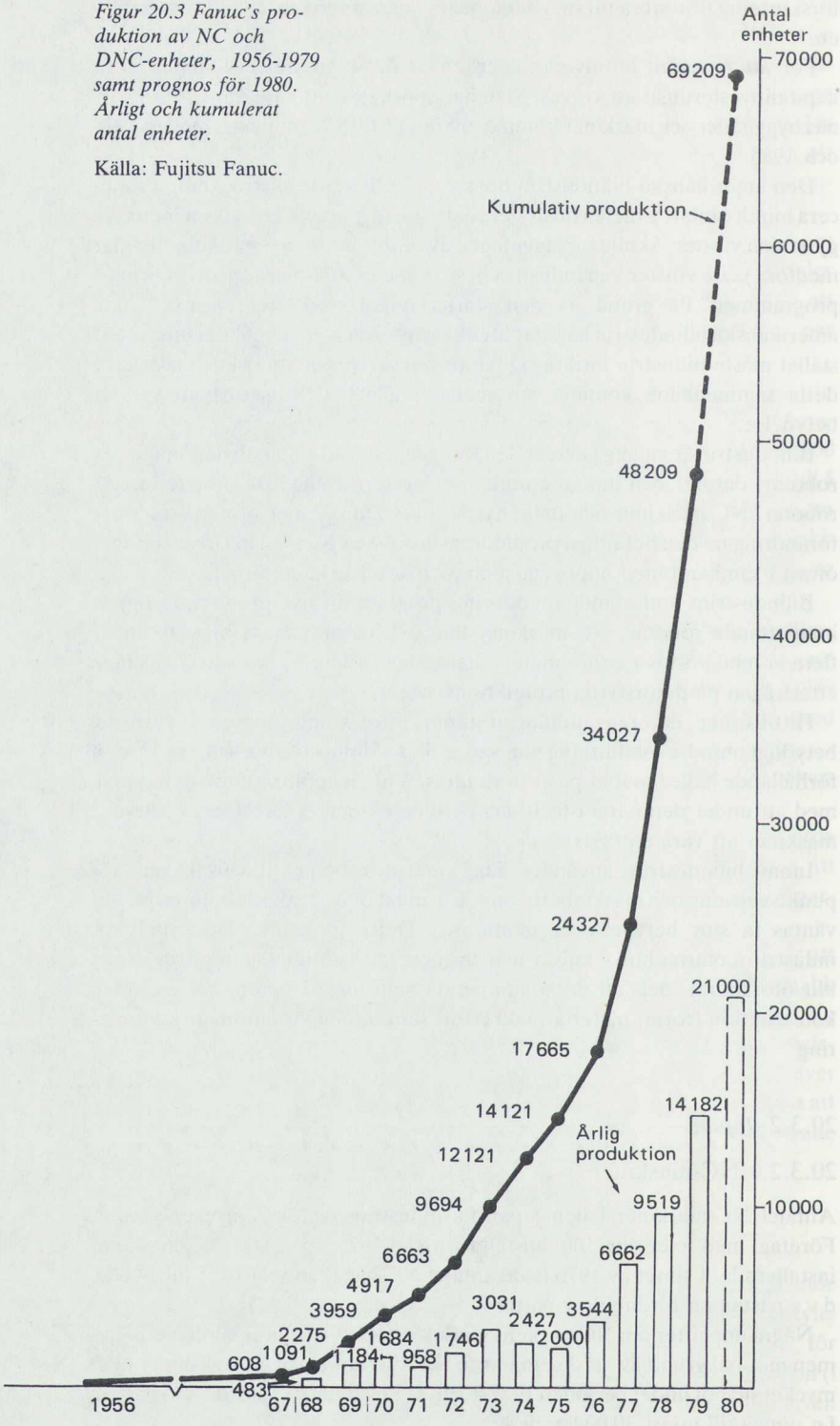
20.3.2.1 NC-maskiner

Antalet NC-maskiner i den japanska industrin har ökat mycket snabbt. Företag med mer än 100 anställda hade 1973 ca 5 600 NC-maskiner installerade. I slutet av 1976 hade antalet NC-installationer ökat till 14 000, d v s nästan en fördubbling på tre år.

Några uppgifter om NC-parkens storlek under 1980 har ej kunnat erhållas men mot bakgrund av att den inhemska produktionen av NC-maskiner ökat mycket snabbt under perioden 1977-1980, se t ex figur 20.3, torde NC-parken f n uppgå till minst 30 000 enheter.

Figur 20.3 Fanuc's produktion av NC och DNC-enheter, 1956-1979 samt prognos för 1980. Årligt och kumulerat antal enheter.

Källa: Fujitsu Fanuc.



NC-maskinernas andel av den totala produktionen av verktygsmaskiner har under 1970-talet ökat mycket snabbt. Under 1970 svarade NC-maskinerna för ca 8 % av det totala produktionsvärdet av verktygsmaskiner. Under 1978 hade denna andel ökat till nästan 30 %.

De japanska verktygsmaskinerna utrustas nästan uteslutande med inhemskt tillverkade styrenheter. De största tillverkarna av styrsystem är Fujitsu Fanuc (som svarar för mellan 60 % och 70 % av den totala produktion av styrenheter i Japan), Mitsubishi Electric, Taskawa Electric, Nippon Electric, Toshiba, Oki och Atei Electric. Som en följd av den kraftiga efterfrågan på NC-maskiner har produktionen av styrenheter ökat mycket snabbt. Mellan 1977 och 1978 ökade produktionen med ca 60 %.

Fujitsu Fanuc är, som tidigare nämndes, Japans ledande tillverkare av NC-styrutrustning. NC-teknikens utveckling i Japan kan därför väl illustreras av utvecklingen för Fujitsu Fanuc.

Fram till och med 1980 har Fanuc producerat nästan 70 000 styrenheter. Enbart under 1980 uppgick produktionen till 21 000 enheter, se figur 20.3.

Den största ägaren av Fujitsu Fanuc är Fujitsu Limited, som är Japans största datortillverkare. Andra företag med större aktieinnehav i Fanuc är Siemens AG och Fuji Electric Co. Mellan Siemens, Fujitsu Limited och Fujitsu Fanuc har ett omfattande samarbete etablerats inom hela dataområdet. Samarbetet avser såväl utvecklingsarbete som produktion och försäljning. I USA etablerade Fanuc och Siemens 1976 företaget General Numeric för försäljning av bl a NC-styrsystem. Detta företag har under de senaste åren haft stora framgångar på den amerikanska marknaden. F n uppgår General Numerics marknadsandel i USA till över 15 %.

20.3.2.2 Industrirobotar

Definitioner och klassificering

Som tidigare framhållits föreligger inte någon entydig definition av begreppet industrirobot. I Europa och USA brukar man definiera en industrirobot som en självständig maskin som automatiskt kan förflytta gods eller verktyg till och från ett stort antal punkter. Punkterna skall vara omprogrammerbara och antalet förändringsbart. Roboten skall kunna användas för flera olika applikationer. Med dessa begränsningar undantas transportanordningar av typ kedjetransportörer, plockningsdon och specialkonstruerade monteringsautomater.

I Japan tillämpas en betydligt vidare definition av begreppet industrirobot. Även manuella manipulatorer och enkla sekvensstyrda hanteringsutrustningar för specifika tillämpningar räknas som industrirobotar. Som en följd härav blir de uppgifter som redovisas om robotutvecklingen i Japan ej jämförbara med de som redovisas för Europa och USA.

Japan Industrial Robot Association (JIRA) och the Terminology Standardization Committee anger följande definitioner och klassficering av industrirobotar:

A. *Manuella manipulatorer*
B. *Sekvensrobotar.* Robotar som arbetar sekvensiellt i enlighet med förutbestämda procedurer, villkor och positioner.
B.1 *Robotar med fix sekvensstyrning.* Denna typ av robot är svår att ställa om. Används vanligtvis för en och samma applikation.
B.2 *Robotar med variabel sekvensstyrning.* Roboten kan ställas om för olika applikationer.
C. *"Play-back" robotar.* Robotarmen flyttas en gång manuellt enligt den önskade arbetsproceduren. Robotens rörelse registreras i en styrenhet. Därefter repeterar roboten självständigt den inlärda arbetsproceduren.
D. *NC-robotar.* Robotens arbetsprocedur regleras från en programmerbar styrenhet.
E. *Intelligenta robotar.* Robotar som är utrustade med en programmerbar styrenhet och sensorer, t ex för syn och känsel. Roboten kan arbeta adaptivt, d v s ta hänsyn till förändringar i arbetscykeln och korrigera sig själv under arbetets gång.

I den europeiska och amerikanska definitionen av industrirobotar innefattas typerna C-E och i vissa fall även typ B 2.

I det följande redovisas robotutvecklingen enligt japanska definitioner och källor. Vid tolkningen av dessa uppgifter bör därför hänsyn tas till ovan redovisade avvikelser i definitionen av industrirobotar.

Produktion och tillförsel av industrirobotar

Antalet robottillverkare uppgår till ca 120 varav 40 tillverkar robotar för extern försäljning. De största robottillverkarna är Hitachi, Fujitsu Fanuc, Aida Engineering, Yasukawa, Dainichi, Kiko, Komatsu, Fuji Electric och Kawasaki. Det sistnämnda företaget tillverkar Unimaterobotar på licens från Unimation Inc. Fujitsu Fanuc producerade under 1979 ca 20 robotar per månad. En ny fabrik togs i drift under 1980 varvid produktionen ökade till 100 robotar per månad. Under 1985 beräknas produktionen ha ökat till 350 robotar per månad.

De japanska robottillverkarna är organiserade i Japan Industrial Robot Association (JIRA). Denna organisation bildades 1971 med stöd av the Ministry of International Trade and Industry (MITI). JIRA har som främsta syfte att främja dels produktion och utvecklingen av robotar, dels användningen robotar.

Produktionen av industrirobotar, inklusive enklare hanteringsutrustningar, har ökat mycket snabbt under 1970-talet. År 1970 producerades 1 700 robotar till ett värde av ca 98 miljoner kronor. Under 1980 beräknas produktionen uppgå till 24 000 enheter och ett produktionsvärde om ca 1,2 miljarder kronor, se tabell 20.10. Fram till och med 1980 beräknas de japanska robotföretagen totalt ha producerat nästan 80 000 industrirobotar.

Hittills har nästan hela produktionen av industrirobotar avsatts på hemmamarknaden. Under åren 1974-1978 uppgick exportandelen endast till mellan 2,3 % och 4,5 %. Produktionskapaciteten ökar emellertid mycket

Tabell 20.10 Produktion av industrirobotar, 1968–1985. Antal och värde, miljoner kronor

År	Antal	Kumulerat antal	Värde milj kr[a]
1968	200	200	2
1969	400	600	30
1970	1 700	2 300	98
1971	1 300	3 600	86
1972	1 700	5 300	122
1973	2 500	7 800	186
1974	4 200	12 000	228
1975	4 400	16 400	222
1976	7 200	23 600	282
1977	8 600	32 200	432
1978	9 800	42 000	494
1979	13 500	55 500	680
Prognos			
1980	24 000	79 500	1 200
1985	53 000	286 000	5 800

[a] Valutakurs: 100 yen = 2 Skr.
Källa: JIRA.

snabbt och under 1980-talet kan man förvänta sig en kraftig satsning på export.

År 1985 beräknas robotproduktionen uppgå till över 50 000 enheter och den sammanlagda produktionen under perioden 1968-1985 beräknas till inemot 300 000 enheter.

För att kunna jämföra den japanska robotproduktionen med den i Västeuropa och USA görs i tabell 20.11 en uppdelning på olika robottyper. Under 1976 producerades ca 290 robotar av avancerad typ, jämförbara med t ex ASEA's robotar. Under 1978 hade produktionen av denna robottyp ökat till ca 1 100 enheter. Inkluderas även enkla men omställbara hanteringsutrustningar uppgick robotproduktionen under 1976 till ca 2 000 enheter.

Tabell 20.11 Produktion av industrirobotar 1976 och 1978. Fördelning på olika robottyper

	Antal				Värde milj kr			
	1976		1978		1976		1978	
Avancerade industrirobotar	290	4 %	1 080	11 %	59	21 %	158	32 %
Enklare industrirobotar (omställbara)	1 730	24 %	2 650	27 %	28	10 %	79	16 %
Summa industrirobotar enligt definition i Europa och USA	2 020	28 %	3 730	38 %	87	31 %	237	48 %
Manipulatorer och annan hanteringsutrustning	5 180	72 %	6 070	62 %	195	69 %	257	52 %
Summa industrirobotar enligt japansk definition	7 200	100 %	9 800	100 %	282	100 %	494	100 %

Källa: JIRA.

Under 1978 hade produktionen ökat till ca 3 700 enheter. Enligt västeuropeisk och amerikansk definition på industrirobot skulle således den japanska produktionen under 1978 uppgå till mellan 1 100 och 3 700 enheter.

Betjäning av verktygsmaskiner, inklusive pressmaskiner, är det dominerande användningsområdet för industrirobotar. Under första delen av 1980-talet beräknas detta användningsområde svara för 40-50 % av alla robotinstallationer. Andra viktiga användningsområden är svetsning, plastgjutning, och målning.

De mer avancerade robotarna, t ex av "play-back" typ, används huvudsakligen för svetsning och målning (ca 75 %). Dessa robotar återfinns till över 60 % i bilindustrin.

I tabell 20.12 redovisas hur tillförseln av industrirobotar under 1976 och 1978 fördelades på olika branscher. Liksom i Sverige, USA, Västtyskland, Italien m fl är bilindustrin den dominerande robotanvändaren. Av 1978 års robottillförsel gick 60 % till bilindustrin och industrin för elektriska maskiner.

Tabell 20.12 Tillförsel av industrirobotar 1976 och 1978, fördelad på mottagande branscher

Industri för tillverkning av	1976	1978
Bilar	30	35
Elektriska maskiner	21	25
Plastprodukter	13	8
Metallbearbetning	6	7
Metallarbetande maskiner	5	5
Övrigt	25	20

Källa: JIRA.

Motiv för investering i industrirobotar

I en utredning från JIRA undersöktes företagens motiv för robotinvesteringar, se tabell 20.13. Icke oväntat dominerar produktivitetsmotivet. Ca hälften av robotinvesteringarna gjordes för att höja produktiviteten. I 25 % av robotinvesteringarna angavs huvudmotivet vara arbetsmiljön. Med all sannolikhet torde dock i merparten av dessa investeringstillfällen även andra faktorer, framför allt produktivitetsskäl, ha medverkat. Endast i undantagsfall torde robotinvesteringar ha gjorts utan krav på företagsekonomisk lönsamhet.

Tabell 20.13 Huvudmotiv för investeringar i industrirobotar

Förklaringsfaktorer	%
Produktivitetsökning	45
Förbättring av arbetsmiljön	25
Ökad flexibilitet i produktionen	13
Effektivare produktionsstyrning	8
Andra motiv	9

Källa: JIRA.

Tabell 20.14 Faktorer som motverkar investeringar i industrirobotar

Förklaringsfaktorer	Procent	
Tekniska, ekonomiska och andra problem som direkt är förknippade med industrirobotar		48
– Priset på robotar	26	
– Tekniska problem och ofullständigheter	12	
– Andra faktorer	10	
Generella ekonomiska och sociala faktorer		16
– Konjunkturläget	15	
– Fackligt motstånd	1	
Bristande kunskap om industrirobotar		12
Konservativa attityder hos företagsledning och ingenjörer		12
Konkurrens från annan automatiseringsutrustning		12

Källa: JIRA.

I tabell 20.14 redovisas företagens motiv för att *inte* investera i industrirobotar. Hittills är det framför allt priset på robotarna samt tekniska, ekonomiska och andra problem med direkt anknytning till robotarna som motverkat ökade investeringar.

Sannolikt är det flera faktorer som samverkat då företagen valt att *inte* investera i robotutrustning. Dessutom skall framhållas att tillförlitligheten av tabell 20.14 torde vara låg eftersom företag som inte haft planer på eller endast haft marginellt intresse av robotinstallationer vanligtvis inte har något tillförlitligt beslutsunderlag.

Potential för industrirobotar inom olika tillämpningsområden[1]

Maskinbetjäning

Antalet metallskärande maskiner i Japan överstiger 600 000. Av dessa är ca 60 000 utrustade med någon form av laddnings- och urladdningsutrustning, inklusive industrirobotar. Med hänsyn till antalet verktygsmaskininstallationer samt utvecklingen av robot- och automatiseringsteknologin beräknas antalet maskiner med automatiska materialhanteringssystem uppgå till 130 000–160 000 enheter år 1985. Av dessa uppskattas antalet robotenheter uppgå till 70 000–100 000.

Plastformning

Antalet formsprutor i den japanska industrin uppgår till ca 45 000, varav ca 33 000 är utrustade med automatisk plockningsutrustning. Antalet installerade robotar, inklusive enkla manipulatorer med 2 frihetsgrader, uppgår till 17 000. Robotarna kommer att få ökad användning inom plastformningen, inte bara för plockning av formsprutade detaljer utan även för efterbehandling, t ex slipning. Som en följd härav kommer "play-back"- och NC-robotar att få ökad användning. 1985 beräknas 95 % av alla formsprutor vara utrustade med automatisk hanteringsutrustning.

[1] Källa: JIRA.

Sprutmålning

Sprutmålning har hittills i huvudsak utförts med elektromekanisk utrustning. Denna typ av utrustning kommer även framledes att dominera sprutmålningen. Robotar kommer framför allt att användas för sprutmålning av detaljer med komplicerade profiler. Många företag kommer att robotisera dessa arbeten av såväl produktivitets- som arbetsmiljöskäl.
Den totala robotpotentialen för sprutmålning har uppskattats till 10 000, huvudsakligen "play-back"-robotar, varav 4 000 beräknas vara installerade 1985.

Svetsning

Svetsrobotar har framför allt kommit till användning i bilindustrin och har där ersatt såväl manuell svetsning som fasta svetsmultiplar. Eftersom de senare endast kan användas för en och samma bilmodell erhålles större flexibilitet med industrirobotar.

Hittills har punktsvetsning varit den dominerande tillämpningen för svetsrobotar.

Användningen av robotar för bågsvetsning har hittills varit marginell. Den främsta orsaken härtill har varit dels att robotarna inte haft tillräckligt stor noggrannhet, dels att robotarna inte varit utrustade med rutiner för automatisk avsyning och korrigering av svetssömmen.

Robotar för punktsvetsning är vanligtvis av "play-back" eller NC-typ. För bågsvetsning kommer många av de potentiellt möjliga robotinstallationerna att kräva robotar med någon form av sensorutrustning.

Beroende av den tekniska utvecklingen av robotar beräknas mellan 2 000 och 5 000 svetsrobotar vara installerade 1985. Huvuddelen av dessa robotar är av mer avancerad typ, d v s åtminstone av "play-back"-typ.

Pressning

Den robottyp som hittills varit vanligast i samband med pressarbeten har varit enkla plockningsrobotar med fast sekvensstyrning. Av ca 200 000 metallpressar är ca 6 000 utrustade med robotar. 1985 beräknas antalet robotar uppgå till 36 000. Pressning är ett av de områden som framhålles vara särskilt angeläget att robotisera med hänsyn till de stora arbetsskaderisker som föreligger.

Metallhärdning

För närvarande är ca 300 robotar installerade för att flytta material in i och ur ugnar. Antalet företag med mer än 300 anställda som har metallhärdningsugnar uppgår till 1 300–1 400. Totalt är 40 000 anställda vid dessa företag och antalet ugnar uppgår till 22 000. Med hänsyn härtill har potentialen uppskattas till 5 000–10 000 robotar.

Pressgjutning

Antalet gjuteriföretag uppgår till 500–600 med ca 10 000 pressgjutmaskiner. Antalet installerade robotar i gjuterierna uppgår till ca 2 400, varav ca 1 700 används för att hantera gjutmetaller och 700 för plockningsrutiner. 1985 beräknas 6 000 robotar vara installerade för hantera den smälta metallen och 3 000 för plockning av gjutna detaljer.

Övriga områden

Mellan 500 och 800 robotar är installerade inom andra områden än de ovan redovisade.

20.3.3 *Västtyskland*

20.3.3.1 NC-maskiner och DNC-system

I en undersökning[1] från 1974 uppskattades antalet NC-maskiner i Västtyskland till ca 4 400. Maskinerna användes av 980 företag. Av dessa hade 20 % endast en NC-maskin. Ca 1 % av företagen hade mer än 15 maskiner. Inemot 80 % av NC-maskinerna kom från inhemska tillverkare.

Vad gäller styrsystem till maskinerna svarade Siemens, General Electric och AEG för ca 60 % av det totala antalet styrsystem.

Som framgick av tabell 20.8 beräknades antalet NC-maskiner ha uppgått till 8 000 under 1976. Några uppgifter för 1980 har ej kunnat erhållas men uppskattningsvis torde antalet ligga mellan 15 000–20 000.

Svenska handelssekreterarkontoret i Hamburg genomförde under hösten 1975 en undersökning av den västtyska verktygsmaskinindustrin. Enligt denna undersökning svarade NC-maskinerna för ca 15 % av det totala produktionsvärdet av verktygsmaskiner.

Enligt handelssekreterarkontorets undersökning förutses en mycket snabb tillväxt av NC-maskinerna. I början av 1980-talet beräknas NC-maskinernas andel av hela verktygsmaskinproduktionen uppgå till över 30 %.

Som tidigare framhölls är den västtyska verktygsmaskinindustrin störst i världen. Även vad gäller styrenheter föreligger en betydande inhemsk produktion. De största producenterna är Siemens, AEG, Bosch, Index, Max-Müller, Thiel, Union, Heineman och Ravensburg. Siemens, som är marknadsledare, har som redovisades i avsnitt 20.3.2 etablerat samarbete med Fujitsu Fanuc vad gäller utveckling och tillverkning av styrsystem.

Flexibla tillverkningssystem

Med ett flexibelt tillverkningssystem avses ett system, vanligtvis datorstyrt eller -stött, bestående av

- flera automatiska maskinstationer, t ex NC-maskiner,
- ett automatiskt materialhanteringssystem,
- ett informationssystem för planering och styrning av materialflödet och tillverkningen.

[1] Der Einsatz von NC-werkzeugmaschinen in der BRD.

Fördelen med flexibla tillverkningssystem är att de relativt snabbt kan ställas om för tillverkning av olika produkter vilket innebär att tillverkningen i större utsträckning kan kundorderstyras. Enligt en västtysk utredning[1] fanns det 1980 totalt i världen ca 60 flexibla tillverkningssystem som antingen var i drift eller planerade. Av de system som var i drift fanns tio i Västtyskland. Dessutom är ytterligare 13 system planerade.

Huvuddelen av de system som undersöktes innefattade 6–10 maskinstationer.

20.3.3.2 Industrirobotar

Antalet installerade industrirobotar uppgick i mitten av 1978 till 400–500. I början av 1980 beräknades robotparken ha ökat till ca 900. I figur 20.4 visas hur antalet robotinstallationer har utvecklats under perioden 1971–1977. Dessutom redovisas hur robotarna är fördelade på branscher och tilllämpningsområden. Uppgifterna bygger på en västtysk robotinventering som gjordes i slutet av 1977. Inventeringen innefattade endast de största robotanvändarna varför de redovisade uppgifterna endast visar utvecklingstendenserna.

I figur 20.4 anges att 105 robotar var installerade inom bilindustrin, inkl underleverantörer. Antingen är denna siffra grovt underskattad eller har antalet robotar vuxit mycket snabbt under perioden slutet av 1977 – mitten av 1978. Vid det senare tillfället uppgick nämligen antalet robotar enbart vid Volkswagen till inemot 100.

De största leverantörerna till den västtyska robotmarknaden är Unimation (USA), De Vilbiss (Norge), ASEA, Electrolux samt de inhemska tillverkarna Industriwerke Karlsruhe Augsburg AG, Volkswagen AG, V F W-Fokker, Zahnradfabrik Friedrichshafen och Siemens.

20.3.4 *Övriga länder*

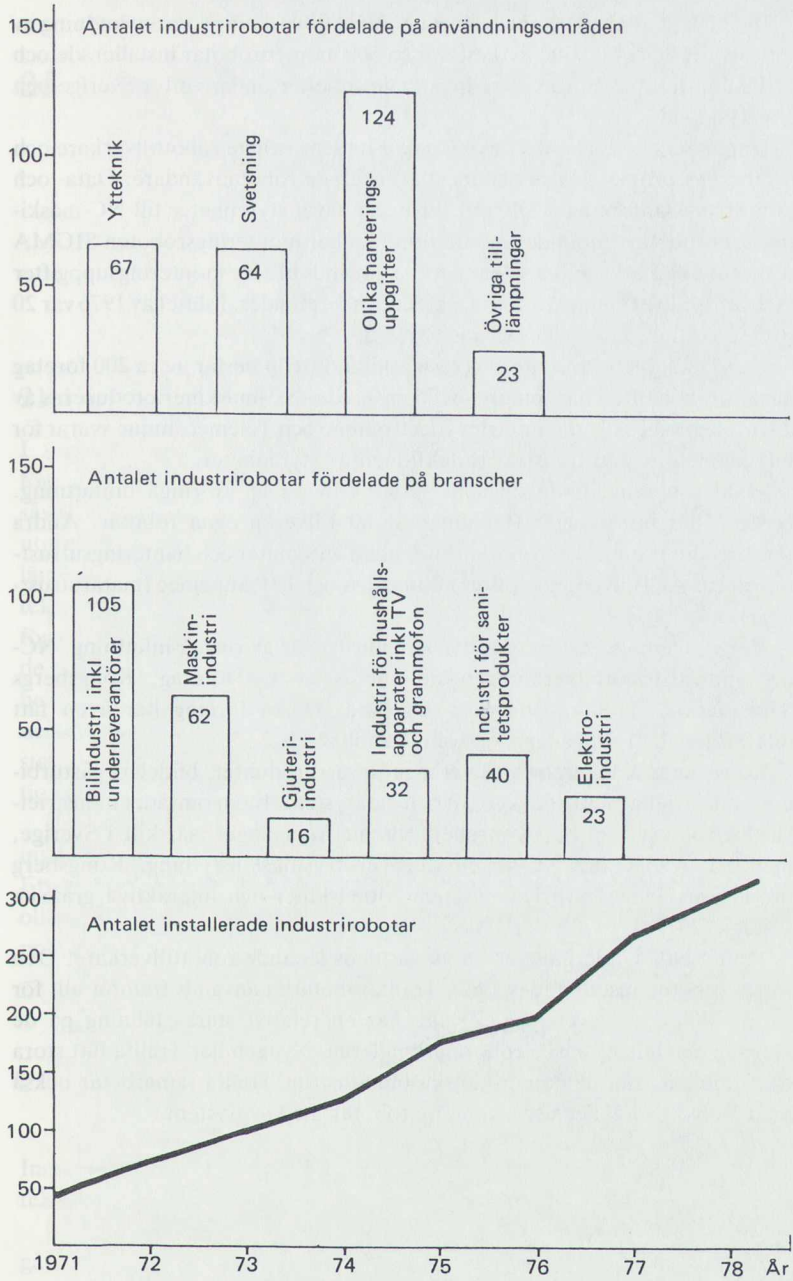
Storbritannien. Antalet installerade NC-maskiner uppgick 1976 till ca 9 700 enheter. Av det brittiska verktygsmaskinbeståndet utgjordes 1 % av NC-maskiner. De största tillverkarna av NC-maskiner är John Brown, Alfred Herbert samt de amerikanskägda företagen Cincinnati Milacron, Kearney & Trecker och Ex-Cell-O. Dessa företag tillverkar såväl styrsystem som verktygsmaskiner.

Antalet industrirobotar som var installerade i början av 1980 har uppskattats till 200. I jämförelse med länder som Sverige, Japan, Västtyskland och USA har Storbritannien således inte kommit särskilt långt vad gäller robotanvändning.

Under de senaste åren tycks emellertid efterfrågan på industrirobotar ha ökat. Så har t ex Ford beställt sin första robot och British Leyland har beställt en ny svetslinje omfattande 28 st Unimaterobotar.

Den engelska robotindustrin består i princip av två företag, British United Shoe Machinery och Hall Automation. Det förra tillverkar en liten programmerbar robot. Hall Automation, som är det större företaget av de två, tillverkar fyra olika robottyper. Av dessa har sprutmålningsroboten RAMP (Random Access Multi Programme) haft störst kommersiell

[1] Flexible Production Systems in Western Europe - State and Trends: H.J. Warnecke and H. Kampa.



Figur 20.4 Antalet installerade industrirobotar i Västtyskland 1971–1977.

Källa: Industriroboter – Statistik. Technischer Verlag Resch KG.

framgång.

Italien. Den italienska verktygsmaskinindustrin, som omfattar ca 400 företag, har vuxit mycket snabbt under 1970-talet. Verktygsmaskinproduktionen i Italien har ökat snabbare än i något annat land i EG-området.

Som framgick av tabell 20.7 uppgick NC-parken under 1976 till ca 3 000 enheter. Några siffror för 1980 har ej kunnat erhållas.

Italien ligger långt framme vad gäller såväl tillverkning som användning av industrirobotar. I början av 1980 var ca 500 industrirobotar installerade och Italien är därmed Europas tredje störste robotanvändare efter Sverige och Västtyskland.

Fiat är genom dotterföretaget Comau Italiens störste robottillverkare och samtidigt Europas störste och mest avancerade robotanvändare. Data- och kontorsmaskinföretaget Olivetti tillverkar såväl styrenheter till NC-maskiner som robotar. Inom det senare området har monteringsroboten SIGMA rönt stor uppmärksamhet. Denna robot används bl a för monteringsuppgifter i Olivettis tillverkning av skrivmaskiner och terminaler. I slutet av 1976 var 20 SIGMA-robotar installerade hos Olivetti.

Frankrike. Den franska verktygsmaskinindustrin består av ca 200 företag varav drygt hälften har mindre än 75 anställda. NC-maskiner produceras av 29 företag. CIT Alcatel, Feutrier Electronique och Telemecanique svarar för huvuddelen av den franska produktionen av styrenheter.

Såväl robotanvändningen som -produktionen är av ringa omfattning. Nyligen har bilföretaget Renault beslutat tillverka egna robotar. Andra företag som producerar robotar (eller olika automater och hanteringsutrustningar) är ACB, Koenig- Automation, Bliss och LIP Supemec (matarutrustning).

Norge. Den norska verktygsmaskinindustrin är av ringa omfattning. NC- och industrirobottillverkningen domineras av tre företag, Kongsbergs Våpenfabrik, Trallfa och Jonas Ögeland. Dessa företag har även fått internationella framgångar med sina produkter.

Kongsbergs Våpenfabrik tillverkar försvarsprodukter, bildelar, gasturbiner, industriella elektroniksystem och datasystem. Inom området industriella elektroniksystem har Kongsberg vunnit framgångar, särskilt i Sverige, med ett avancerat CNC-system för verktygsmaskinstyrning. Kongsberg producerar även skärbrännarsystem, ritmaskiner och interaktiva grafiska system.

Trallfa Nils Underhaug är en av världens ledande robottillverkare. Den första roboten installerades 1969. Trallfarobotarna används framför allt för sprutmålning och svetsning. Trallfa har en relativt stark ställning på de svenska och amerikanska robotmarknaderna. Nyligen har Trallfa fått stora beställningar från den amerikanska bilindustrin. Trallfa samarbetar också med Volvo vad gäller utveckling av robotar med synsystem.

21 Forskning och utveckling samt industripolitiska program

21.1 Inledning

I samtliga större industriländer har data- och elektronikområdet varit föremål för statliga satsningar och engagemang av olika slag. USA dominerar såväl forskningen som produktionen av elektronik och denna dominans utgör ett av de viktigaste motiven för de statliga stödprogrammen i övriga länder. Data- och elektronikområdet betraktas i många länder som ett teknologiskt nyckelområde varför nationellt teknologiskt oberoende och försörjningsoberoende genom egen produktionskapacitet har hög prioritet i de nationella industripolitiska programmen. Ett strategiskt område är t ex halvledare och integrerade kretsar där den snabbt ökande efterfrågan kombinerad med en otillräcklig produktionskapacitet bidragit till att många länder startat nationella program för att bygga upp inhemsk kunskap och produktionskapacitet.

Fram till mitten av 1970-talet var datapolitiken i de flesta länder främst inriktad mot att bygga upp en konkurrenskraftig inhemsk datorindustri. Efterhand som denna målsättning i större eller mindre grad uppnåtts i de olika länderna har de statliga stöden allt mer förskjutits mot följande områden:

- programvaruutveckling och -produktion,
- datakommunikation och kontorsautomation,
- tillverkning av mikroelektronik, främst integrerade kretsar,
- användning av datorer och elektronik i produkter och produktionsprocesser.

Inom det senare området har datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik kommit att spela en alltmer framträdande roll.

Utvecklingen inom tillverknings- och konstruktionstekniken har hittills gått förhållandevis långsamt. De metoder som användes under 1940-talet skiljde sig inte på något avgörande sätt från de metoder som användes under 1960-talet och 1970-talets första del. De förändringar som inträffade kan främst tillskrivas nya material och nya produkter.

Den snabba utvecklingen inom elektronikområdet håller emellertid på att förändra tillverkningstekniken och hela produktionsprocessen. Datorer används i allt större utsträckning för att styra, övervaka och planera såväl enskilda maskiner som hela eller delar av produktionsprocessen. Tillkomsten av nya elektronikbaserade maskiner som industrirobotar och CAD-

system är också en viktig orsak till den allt snabbare utvecklingstakten inom tillverknings- och konstruktionstekniken.

Sedan mitten av 1970-talet har många industriländer initierat industri- och forskningspolitiska program för att stimulera utvecklingen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik. Under 1980-talet kan detta område väntas bli föremål för ännu större satsningar.

Motiven för det statliga engagemanget är dels att främja utvecklingen av en inhemsk automatiseringsindustri, dels, vilket är det primära, stimulera användningen av avancerad tillverkningsteknik för att få till stånd ökad produktivitet och konkurrenskraft i industrin som helhet.

I det följande redovisas en översikt av de satsningar som görs inom området datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik i några viktiga industriländer. För en mer övergripande redovisning av vilka satsningar som olika länder gjort dels inom detta område, dels inom data- och elektronikområdet som helhet hänvisas till DEK's rapport "Datateknik och industripolitik – industri- och forskningspolitiska program inom data- och elektronikområdet i olika länder" (SOU 1980:17).

21.2 USA

21.2.1 *Struktur för det statliga stödet*

Program för att främja utveckling och användning av datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik har i USA en något annorlunda inriktning än i andra länder. Främst förklaras detta av att USA i praktiken inte har någon industripolitik, speciellt inte någon selektiv politik (USA har t ex inte något industridepartement). Den offentliga styrning av och det stöd till industrin som förekommer sker främst genom generella åtgärder typ skatte- och handelspolitik, offentlig upphandling (speciellt via försvarsbeställningar) och genom forskningspolitiken. Framställningen kommer därför att koncentreras till den offentliga forskningspolitiken samt offentlig upphandling.

Utvecklingen inom området datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik liksom även inom data- och elektronikområdet som helhet har i betydande omfattning finansierats genom försvarsdepartementet (DoD) och rymdflygstyrelsen (NASA).

Även om det statliga stödet till FoU inom data- och elektronikområdet varit omfattande är det dock industrin som svarat för huvuddelen av FoU-investeringarna, speciellt de delar som avsett det tillämpade utvecklingsarbetet. Det statliga stödet har främst haft betydelse för dels finansiering av den grundläggande teknikutvecklingen, speciellt inom områden där någon uttalad efterfrågan ännu inte föreligger (halvledartekniken och NC-tekniken var tidigare exempel på sådana områden), dels att stödet explicit pekar ut områden med en potentiellt stor federal efterfrågan. Det statliga FoU-stödet har därför fungerat som katalysator för de privata investeringarna.

USA är det ledande landet vad gäller utveckling och produktion av avancerad tillverkningsutrustning baserad på dator- och halvledarteknik.

För dessa produkter har USA även ett betydande exportöverskott. Vad gäller användningen av modern tillverkningsteknologi i industrin som helhet är förhållandena i vissa avseenden inte lika gynnsamma. Storföretagen i USA liksom vissa teknikintensiva branscher som dator- och halvledarindustrin använder vanligtvis den mest moderna tillverkningsteknologin. Detta är en följd av att det är dessa företag som utvecklat teknologin, antingen på eget initiativ och med egna medel eller i samarbete med federala program. Vidare är dessa företag, som ofta är multinationella, utsatta för internationell konkurrens vilket tvingar fram användning av modern teknologi.

De mindre och medelstora företagen i USA anses däremot tilllämpa en mindre avancerad tillverkningsteknologi än motsvarande företag i Västeuropa och Japan. Bland orsakerna härtill kan nämnas:

- De mindre och medelstora företagen i USA är i mycket stor utsträckning hemmamarknadsorienterade och har, även om vissa förändringar håller på att ske, haft en relativt begränsad importkonkurrens.
- Forsknings- och utvecklingsprogrammen har inriktats mot stora företag.
- USA har hittills inte haft något mer övergripande program för att öka teknologispridningen till de mindre och medelstora företagen.

Den tröghet i teknologispridningen som föreligger i USA medför, enligt vissa bedömare, att utländska företag med hjälp av amerikansk teknologi blir mer effektiva än motsvarande amerikanska företag.

Under 1970-talet har den amerikanska regeringen uttryckt stor oro över den låga tillväxttakten i ekonomin. Såväl regeringen som kongressen har tillsatt utredningar med uppgift att föreslå åtgärder för att öka produktiviteten. I takt med den amerikanska ekonomins växande utrikeshandelsandel samt den ökade internationella konkurrensen har denna fråga blivit alltmer central för de amerikanska myndigheterna.

Som ett resultat av dessa utredningar lade presidenten i slutet av 1979 fram ett program för att stimulera FoU och tekniskspridning. Programmets omfattning för de kommande åren har uppskattas till $ 400 miljoner. Vidare kommer vissa institutionella förändringar att genomföras, bl a förenklade patentprocedurer och förändrad antitrustlagstiftning så att företag i större utsträckning kan samarbeta i långsiktiga FoU-projekt. Dessutom planeras ändrade skatteregler för FoU-investeringar och kapitalvinster.

Under 1981 kommer regeringen att medverka till bildandet av fyra kollektiva forskningsinstitut som skall lokaliseras till högskolorna. Statens bidrag kommer under första året att uppgå till $ 6-8 miljoner. Inriktningen på forskningsverksamheten hos de olika instituten utarbetas gemensamt av högskolorna och industrin i respektive högskoleregion.

21.2.2 *Department of Defence (DoD)*

DoD är det organ som ger det största stödet till utveckling av avancerad konstruktions- och tillverkningsteknik. Stödet utgår huvudsakligen från det s k Manufacturing Technology (MT) Program. Det primära syftet med detta program är att minska tillverkningskostnaderna hos företag som levererar

varor och tjänster till DoD[1]. Som sekundära syften anges: höja den teknologiska nivån och produktiviteten i det amerikanska näringslivet som helhet, stimulera till ökade investeringar i avancerad teknologi, främja samarbetet mellan industrin och högskolorna samt förkorta den tid det tar att införa ny teknik i företag. MT-programmet bygger i mycket hög grad på samarbete med den privata sektorn. Projekten utförs huvudsakligen av företag i samarbete med högskolor och forskningslaboratorier. Projekt som drivs gemensamt av flera företag prioriteras.

De främsta resultaten från DoD's forskningsprogram är utvecklingen av numeriskt styrda verktygsmaskiner och programmeringsspråket APT. Även för utvecklingen av CAD har DoD spelat en betydande roll.

Under perioden 1973-1979 uppgick MT-programmets anslag till ca $ 600 miljoner. För 1980 har DoD äskat $ 120 miljoner.

Inom MT-programmet svarar flygvapnet för ett projekt som kallas Integrated Computer Aided Manufacturing (ICAM) Program. I första hand är ICAM-programmet anpassat till flygindustrin men på ett sådant sätt att generella modeller för s k batchproduktion (d v s produktion i små serier) kan utvecklas. Ett flertal olika industriföretag, branschorganisationer och forskningsinstitut (även utländska) är involverade i programmet, som under perioden 1978-1983 beräknas kosta $ 100 miljoner.

ICAM-programmet består f n av 162 delprojekt inom 11 produktionstekniska områden. Syftet är att utveckla olika typer av subsystem som successivt kan integreras till alltmer komplexa datorbaserade produktionssystem. Projekten inom ICAM sträcker sig från automatisering av enskilda tillverkningsprocesser över tillverkningsceller till styrning av hela fabriker. Ett exempel på delprojekt som rönt stor uppmärksamhet är tillämpningar av industrirobotar för att borra hål i metallkonstruktionen till flygplan. Projektet utförs av General Dynamics och man räknar där med att produktiviteten skall öka fyra gånger jämfört med konventionella metoder.

Från såväl industrin som från GAO (en under kongressen underställd revisionsmyndighet) har dock stark kritik riktats mot MT- programmet. Man menar att programmet i huvudsak medfört att existerande tillverkningsteknologi har applicerats för att lösa mycket speciella tillverkningsproblem. Programmet borde, enligt kritikerna, istället inriktas mot att utveckla nya och avancerade tillverkningsmetoder som är relevanta för ett stort antal företag i industrin.

21.2.3 *National Science Foundation*

National Science Foundation (NSF) är ett federalt finansierat organ med målsättningen att inom ett mycket brett område stimulera forskning, teknisk utveckling och vetenskaplig utbildning. De totala anslagen till NSF uppgick för budgetåret 1979 till $ 829 miljoner. Viktiga områden för NSF är datateknik, mönster- och bildidentifiering med datorer, verkstadsteknik och materialteknik. NSF vill särskilt stimulera forskningsverksamhet som bedrivs i samarbete mellan industri och universiteten.

Genom "Production Research and Technology Program" har NSF finansierat ett flertal olika forskningsprogram inom området datorstödd

[1] 25 000 företag levererar varor och tjänster till DoD.

konstruktions- och tillverkningsteknologi. Finansieringen av forskningsverksamheten sker ofta i samarbete mellan NSF, universitet, företag och stiftelser.

I programmet "Production Research and Technology" ingår f n 19 universitet och forskningslaboratorier i samarbete med ca 30 företag. Vanligtvis är det universiteten som är projektmottagare eftersom NSF hävdar att om staten bekostar forskningen så skall resultaten vara fritt tillgängliga för alla. Det förekommer emellertid även att privata företag är projektmottagare. Westinghouse Electric, t ex har mottagit $ 1,4 miljoner för att utveckla system för datorstödd montering med hjälp av industrirobotar.

Uppgifter om NSF's totala anslag till datorstyrd tillverkningsteknologi har ej kunnat erhållas. Det är dock av betydligt mindre omfattning än DoD's anslag. I rapporten "Datateknik och industripolitik" (SOU 1980:17) redovisas exempel på projekt som bedrivs av NSF i samarbete med universitet och forskningsinstitutioner.

21.2.4 *National Bureau of Standards*

Det federala standardiseringsorganet National Bureau of Standards (NBS) utför också utvecklingsarbete inom robotområdet som en del av ett bredare program för att stimulera en ökad produktivitet i näringslivet. FoU-verksamheten vid NBS berör främst sensor- och styrsystem med en hierarkisk uppbyggnad av kontrollsystemet.

En viktig uppgift för NBS är att utveckla standards för maskinvaror och programvaror så att sammankopplingen av olika maskinfabrikat kan förenklas.

21.2.5 *FoU-verksamhet vid branschorganisationer*

Ett flertal intresseorganisationer spelar en stor roll för utvecklingen av avancerad tillverkningsteknologi. Vissa av dessa organisationer är finansierade helt privat medan andra delvis finansieras av federala myndigheter, t ex av NSF. Bland de organisationer som har betydelse för avancerad tillverkningsteknologi märks främst Computer Aided Manufacturing--International (CAM-I), Society of Manufacturing Engineers (SME), Automation Research Council (ARC), Robot Institute of America, American Productivity Center, Stanford Research Institute, Battelle Institute m fl.

Finansieringen och genomförandet av projekt vid dessa organisationer sker ofta i samarbete mellan olika industriföretag, universitet, forskningsinstitut och federala myndigheter.

21.3 Japan

21.3.1 *Struktur för det statliga stödet*

Stöd till utveckling, användning och inhemsk produktion av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning kommer huvudsakligen från

Ministry of International Trade and Industry (MITI). Det industripolitiska stödet är formulerat i ett antal program. Dessa är närmare redovisade i DEK's rapport "Datateknik och industripolitik" (SOU 1980:17). Vid genomförandet av programmen spelar olika branschorganisationer en aktiv roll. Dessa förhandlar med MITI, förmedlar information från företag till MITI och vice versa samt administrerar finansiella medel i stödprogrammen. Viktiga branschorganisationer inom området datorstyrd tillverkningsteknik är Japan Industrial Robot Association (JIRA) och Japan Society for the Promotion of Machine Industry.

Forskningspolitiska program administreras av Agency of Industrial Science & Technology (AIST), som är en enhet inom MITI. Under AIST sorterar 16 stora forskningslaboratorier, av vilka The Electrotechnical Laboratory (ca 800 anställda) och The Mechanical Engineering Laboratory är de viktigaste inom området datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik.

I forskningspolitiken spelar s k nationella projekt en stor roll för att främja utveckling och kommersialisering av ny teknik. Utmärkande för nationella projekt är

- stora insatser av kapital och forskningsarbete,
- flera intressenter; MITI, statliga forskningsorganisationer och flera privata företag,
- projektarbetet innefattar såväl forsknings- som kommersiellt utvecklingsarbete.

Den främsta målsättningen för nationella projekt är att reducera den tid det tar för en ny teknologi att bli kommersiellt tillgänglig. Vanligtvis finansieras de nationella projekten till 100 % av AIST. I det följande skall redovisas två projekt som är av stor betydelse för utvecklingen av datorstyrd tillverkningsteknologi.

För att underlätta företagens forskningsverksamhet understödjer MITI bildandet av speciella forskningsorganisationer, s k Engineering Research Associations (ERA), som består av företag som beslutar sig för att inom något område bedriva gemensamt forskningsarbete. Hittills har 39 olika ERA's bildats.

Förutom direkt finansiellt stöd, som med hänsyn till den japanska ekonomins storlek dock är av liten omfattning, samt stöd via olika forskningsinstitut, förekommer olika former av indirekt stöd: gynnsamma skatteregler vid investeringar i ny teknik, räntefria lån för vissa typer av investeringar, inrättandet av särskilda kreditinstitut, t ex för att finansiera leasing, m m.

21.3.2 *Nationella projekt*

Flexibla tillverkningssystem

År 1973 tillsatte MITI en kommitté, Committee of Methodology for Unmanned Machine Shops (MUM), med uppgift att specificera principer, funktioner, strukturer och subsystem för obemannade tillverkningssystem. I detta utredningsarbete deltog representanter från universitet, forskningsla-

boratorier och företag.

Med utgångspunkt från de resultat som följde från MUM-projektet, vilket avslutades 1976, initierade MITI 1977 ett nationellt utvecklingsprojekt som rubriceras "Complex Manufacturing System with Laser Application". Projektet, som kommer att pågå under perioden 1977-1983, har som mål att utveckla och kommersiellt testa automatiska och flexibla tillverkningssystem för småskalig produktion. I projektet deltar MITI, statliga forskningslaboratorier, verktygsmaskin- och styrsystemtillverkare samt större användare av verktygsmaskiner. Den totala projektkostnaden är budgeterad till 13 miljarder yen (ca 260 miljoner Skr).

"Pattern Information Processing System", är ett nationellt projekt som syftar till att utveckla datoriserade metoder för behandling av

- hand- och maskinskriven text,
- bilder tagna t ex av en TV-kamera,
- bilder av 3-dimensionella föremål,
- verbal information.

Datorbaserad bild-, tecken- och talbehandling kommer att få stor betydelse bl a inom följande områden:

- sjukvård (framför allt för klinisk databehandling),
- trafikkontroll,
- seende industrirobotar som skall användas t ex vid montering,
- direkt inmatning av textinformation till datasystem.

Projektet som bedrevs under perioden 1971-1980, erhöll 22 miljarder yen (ca 440 miljoner Skr) i statligt stöd. Arbetet utfördes av MITI's Electrotechnical Lab i samarbete med de fem ledande datorföretagen.

Detta projekt spelar en stor roll för bl a utvecklingen av automatisk kvalitetskontroll samt för industrirobotar och annan utrustning för automatisk montering. Japan anses ligga främst i världen vad gäller datorbaserade bildbehandlingssystem och det är därför troligt att de också kommer att leda utvecklingen av industrirobotar med synsystem.

21.3.3 *Stöd via branschorganisationer*

Japan Society for the Promotion of Machine Industry är en branschorganisation som erhåller stöd från regeringen och maskinindustrin. I organisationen ingår tre forskningsinstitut:

- "Technical Research Institute" som bedriver forskning inom områdena integrerade tillverkningssystem och automatisk NC-programmering.
- "Machines and System Development Center" utför bl a mätnings-, test- och olika utvärderingstjänster åt små och medelstora företag som skall göra maskininvesteringar.
- "Economic Research Institute" utför ekonomiska analyser av industrins inklusive maskinindustrins utveckling i Japan och utomlands.

Japan Industrial Robot Association (JIRA) är en branschorganisation vars medlemmar utgörs av såväl robottillverkare som -användare. JIRA bildades

1971 med stöd från MITI. Under perioden 1973-1977 erhöll JIRA 460 miljoner yen (ca 9,2 miljoner Skr) i statliga bidrag. Därefter har stödet ökat kraftigt och uppgick 1978 till 380 miljoner yen (ca 7,6 miljoner Skr).

JIRA's främsta uppgift är att stimulera användningen av industrirobotar. Detta sker framför allt i samarbete med MITI som har ett särskilt program för att stimulera användningen av avancerade maskiner (the Machine Industry Promotion Law). JIRA's aktiviteter är i stor utsträckning koordinerade med MITI's industripolitik.

Sammanfattningsvis bedriver JIRA följande aktiviteter:

- Finansiellt stöd till robotanvändare. Investeringar i industrirobotar kan för vissa användare göras med räntefria lån. För 1979 har staten tillskjutit 620 miljoner yen (ca 12,5 miljoner Skr) för denna verksamhet. Förutom räntefria lån kan användare också utnyttja ett särskilt skatte- och avdragssystem.
- Konsult- och rådgivningsverksamhet till användare.
- FoU-arbete. JIRA deltar bl a i de nationella projekt som MITI initierat för att stimulera utvecklingen av datorstyrda tillverkningssystem.

Andra områden som JIRA är engagerat i är standardisering, marknadsstudier (nationellt och internationellt) samt arbetsmiljöfrågor.

21.3.4 *Stöd till användningen av industrirobotar*

Japan svarar för storleksordningen hälften av de industrirobotar som är installerade i världen. Den japanska regeringen har givit hög prioritet för såväl en ökad spridning av industrirobotar som en ledande ställning vad gäller tillverkning av robotar.

Förutom de tidigare redovisade stödprogrammen har MITI nyligen initierat ett program, "Industrial Robots Promotion and Development Leasing System", som syftar till att främja användningen av industrirobotar i små och medelstora företag.

Under 1980 bildade MITI i samarbete med JIRA, robottillverkare och olika kreditinstitut ett särskilt företag för leasing av industrirobotar. Konstruktionen är identisk med den som tilllämpas för leasing av datorer, se "Datateknik och industripolitik" (SOU 1980:17). Finansieringen av leasingverksamheten kommer från Japan Industrial Development Bank. Inledningsvis avsätts 2 000 miljoner yen (ca 40 miljoner Skr) för verksamheten.

Andra åtgärder som vidtagits för att främja användningen av industrirobotar är:

- Det statliga organet "Small Business Finance Corporation" beviljar lån med låg ränta till små och medelstora företag som investerar i automatiseringsutrustning. Under 1980 har låneverksamheten budgeterats till 5 800 yen (ca 115 miljoner Skr).
- Extra maskinavskrivningar. Förutom de normala avskrivningarna kan företag som investerar i robotar under första året göra en extra avskrivning med 12,5 %.

21.4 Västtyskland

21.4.1 *Struktur för det statliga stödet*

Stödet till utveckling av datateknik och datorstyrd tillverkningsteknik kanaliseras huvudsakligen via forskningsministeriet (Bundesministerium für Forschung und Technologie, BMFT). Av historiska och utvecklingsmässiga orsaker har forskningsministeriets insatser inom såväl området datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik som hela data- och elektronikområdet fördelats på i huvudsak fyra olika stödområden:

- Datenverarbeitung (datateknik).
- Elektronik (huvudsakligen komponenter).
- Technologische Schlüsselbereiche (tekniska nyckelområden).
- Humanisierung des Arbeitslebens (humanisering av arbetslivet).

Till de flesta stödområdena eller stödtyngdpunkterna inom BMFT finns en s k "Projektträger". Detta är en fackmässig instans som å BMFT's vägnar handlägger projektstödet i tekniskt-vetenskapligt och administrativt avseende. Till uppgiften hör främst

- att förbereda tekniskt-ekonomiskt beslutsunderlag för att avgöra om ett projekt skall få stöd eller inte,
- att övervaka och följa upp de projekt som får stöd på olika sätt t ex genom rapportskrivning och symposiearrangemang.

Som "Projektträger" tjänstgör vanligtvis något av de större västtyska forskningsinstituten. Till dessa hör exempelvis Fraunhofer Gesellschaft (FhG) som har omkring 25 institut och forskningslaboratorier med sammanlagt 2 000 anställda. FhG finansieras till hälften av industrin och till hälften med federala och delstatliga bidrag.

BMFT har vidare tillgång till rådgivande kommittéer inom de olika forskningsområdena. Dessa kommittéer, som består av representanter för industrin, universiteten, forskningsinstitutioner o s v, skall bl a följa och utvärdera ministeriets stödprogram.

I januari 1980 introducerade BMFT ett särskilt tillverkningstekniskt stödområde (Fertigungstechnik). Enligt programmet skall 250 miljoner DM fördelas fram till 1983. Ca 2/3 av medlen skall gå till små och medelstora företag att användas som "riskpengar" vid tillämpning av ny tillverkningsteknik.

24.4.2 *Olika stödprogram för datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik*

Stöd till datorstyrd tillverkningsteknologi inom stödområdet "Datenverarbeitung" (datateknik)

Inom stödområdet "datateknik" har stöd utgått till områdena datorstödd konstruktion och tillverkning (CAD/CAM) samt processtyrning. Omfattningen av stödet framgår av tabell 21.1

Tabell 21.1 Stöd till CAD/CAM och processtyrning. Miljoner DM, 1976–1979

	Budget milj DM				
	1976	1977	1978	1979	Totalt
Datorstödd konstruktion och tillverkning (CAD/CAM)	15	16	17	18	66
Processtyrning	22,3	23	24	25,5	94,8

Källa: BMFT.

Datorstödd konstruktion och tillverkning har i Västtyskland huvudsakligen kommit till användning inom ett fåtal stora företag, där redan existerande datorer för kommersiella uppgifter kunnat utnyttjas för tekniska tillämpningar. Exempel är företag inom byggnadsbranschen, elektroindustri, kemisk industri samt varven. Även biltillverkare är mycket aktiva på detta område; ca 10 % av allt konstruktions- och utvecklingsarbete genomförs där med hjälp av datorer. För tillverkningsplanering och -styrning är siffran än högre. Däremot har man i branscher som kännetecknas av något mindre företagsenheter, t ex maskin-, verktygs-, finmekanik- och den kemiska apparatindustrin, ännu i ringa utsträckning tagit datorer till hjälp för konstruktions- och tillverkningsplanering. I dessa branscher är datoranvändningen främst koncentrerad till numerisk styrning av maskiner.

Det största projektet inom stödområdet har avsett framtagning av det standardiserade processdatorspråket PEARL. Inte mindre än 15 företag och forskningsinstitut har tillsammans fått ca 26 miljoner DM (1972-1979) för utvecklingsarbete med anknytning till PEARL.

Stöd till datorstyrd tillverkningsteknologi inom ramen för stödområdet "Humanisierung des Arbeitslebens" (humanisering av arbetslivet)

Den allmänna målsättningen för programmet "Humanisering av arbetslivet" är att arbetsmiljön skall anpassas efter de anställdas behov. Detta innebär inte bara att programmet inriktas mot att eliminera yrkesskador och -sjukdomar utan även att arbetsinnehållet skall vara berikande för de anställda.

Mer konkret anges i programmet följande huvudmålsättningar:

1. Insamling av statistik kring yrkesskador som uppkommit vid olika typer av maskiner och produktionsprocesser samt upprättandet av standards och regler för olika arbetsprocesser. Denna information skall ligga till grund för nya lagar och bestämmelser inom arbetsmiljöområdet.

2. Utveckling av nya tekniker för att förbättra arbetsmiljön. Nya maskiner, industrirobotar, datorer etc kommer att testas för att avgöra i vilken utsträckning de kan förbättra arbetsmiljön. Samtidigt skall den nya teknikens negativa effekter studeras.

3. Utveckling och utformning av nya organisationsprinciper för såväl hela produktionsprocesser som enskilda arbetsplatser. Även nya metoder för företagsledning och -planering studeras.

Tabell 21.2 Anslag till stödområdet "Humanisering av arbetslivet", 1974–1979. Miljoner DM

1974	1975	1976	1977	1978	1979
9	30	45	70	78	95

Källa: BMFT.

4. Spridning och utnyttjande av vetenskapliga rön inom arbetsmiljöområdet.

I tabell 21.2 redovisas de budgeterade anslagen för stödområdet "Humanisering av arbetslivet".

Inom stödområdet finns, som framgick ovan, en speciell stödtyngdpunkt för tekniska åtgärder. För denna stödtyngdpunkt har följande anslag utgått:
1977 10,7 miljoner DM
1978 15,6 miljoner DM
1979 16,7 miljoner DM.

Totalt har ca 20 miljoner DM anslagits dels för utveckling av industrirobotar, dels för finansiellt stöd till företag som investerar i industrirobotar för att förbättra arbetsmiljön. En framträdande plats inom stödtyngdpunkten intar ett kollektivt projekt, "Arbeitsgemeinschaft Handhabungssysteme", där sex företag och två forskningsinstitut gemensamt utvecklar "nya industrirobotsystem som hjälpmedel i arbetsprocessen".

Stöd till datorstyrd tillverkningsteknologi inom ramen för stödområdet "Technologische Schlüsselbereiche" (teknologiska nyckelområden)

Inom stödområdet "Technologische Schlüsselbereiche" (teknologiska nyckelområden) finns en speciell stödtyngdpunkt kallad "Produktions- und Fertigungstechnik" (produktions- och tillverkningsteknik). Till denna har medel anslagits enligt följande:
1977 5,4 milj DM
1978 11,0 milj DM
1979 14,0 milj DM.

Beloppen fördelar sig med ungefär en tredjedel på avancerad tillverkningsteknik och två tredjedelar på utveckling av nya verktygsmaskiner. Det senare området innefattar bl a flexibla tillverkningssystem, underhållssystem och industrirobotar.

Stödet är huvudsakligen inriktat på medelstor och mindre verkstadsindustri. En översiktlig bedömning ger vid handen, att en mycket stor del av de anslagna medlen går till modulära tillverkningssystem och industrirobotar. Enligt uppgift skulle enbart inom denna tyngdpunkt stödet till industrirobotar under åren 1974-1977 ha uppgått till 8,6 miljoner DM.

Sammanlagt stöd till utveckling och tillämpningar av industrirobotar

Under perioden 1974-1979 har från de olika stödprogrammen utgått projektstöd om totalt 73,3 miljoner DM, varav 52,7 miljoner DM har satsats på utveckling och resten på tillämpningar. Som en följd av det nya tillverkningstekniska programmet som BMFT lagt fram samt det ökade intresset för industrirobotar kan stödets omfattning väntas öka under 1980-talet.

21.5 Övriga länder

De ledande producent- och användarländerna vad gäller NC-maskiner är Västtyskland, USA, Sovjetunionen och Japan. Inom industrirobotområdet dominerar Japan, USA, Sverige och Västtyskland. Sveriges framskjutna ställning är anmärkningsvärd mot bakgrund av vår ekonomis storlek.

Ser man till området datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik som helhet är det de fyra sistnämnda länderna som leder utvecklingen. Dessa länder gör också allt större satsningar för att behålla detta försprång.

Användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik som ett allt viktigare medel för att främja produktiviteten i industrin har dock även uppmärksammats av andra länder. Praktiskt taget alla industriländer har under de senaste åren startat program för att utveckla, producera och stimulera användningen av den nya tekniken. Medlen för att uppnå detta är relativt lika i de olika länderna: stöd till FoU, investeringsbidrag, informations- och konsultinsatser, utbildning m m.

I *Storbritannien,* där robotanvändningen är av betydligt mindre omfattning än i övriga västeuropeiska länder, har det föreslagits att regeringen skall ge ett 25 % bidrag till företag som investerar i industrirobotar. För att främja inhemsk tillverkning av robotar har regeringen givit ett räntefritt lån om 2,5 miljoner kronor till det amerikanska robotföretaget Unimation, som skall starta tillverkning i Storbritannien av den nya roboten PUMA. Dessutom skall National Research and Development Corporation bidra med projektstöd om ca 4 miljoner kronor. För utveckling av NC-maskiner har regeringen sedan flera år tillbaka haft ett särskilt program, Machine Tool Industry Scheme.

I *Frankrike* lanserades under 1979 en ny plan för stödet till data- och elektronikområdet. I denna uppställdes målet att 2 000 CAD-system skall installeras fram till 1983. Sedan mitten av 1970-talet föreligger särskilda program för att främja tillverkning av NC-maskiner. Dessutom ges finansiellt stöd till företag som investerar i NC-maskiner för första gången.

Italien är det land i Europa som efter Sverige och Västtyskland har flest installerade industrirobotar. Dessutom har man en mycket konkurrenskraftig verktygsmaskinindustri som är den femte största i världen.

I *Norge* bedrivs ett omfattande utvecklingsarbete inom områdena robotteknologi och datorstyrd tillverkningsteknologi vid forskningsinstituten SINTEF och Sentralinstitutt for industriell forskning (SI). Verksamheten bedrivs med stöd av dels det norska forskningsrådet NTNF, dels av privata

företag. Såväl norska företag, bl a robotföretaget Trallfa, som utländska företag, bl a Volvo, bedriver utvecklingsarbete i samarbete med instituten.

Även i *Österuropa* pågår stora satsningar inom området dator styrd tillverkningsteknik. I Bulgarien bedrivs utvecklingsarbete och produktion av robotar bl a i samarbete med det amerikanska robotföretaget AMF Versatran. Östtyskland är en av världens främsta tillverkare av stora flexibla tillverkningssystem.

22 Spridningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning – bedömningar av utvecklingen i USA

22.1 Industrirobotar

I det följande redovisas resultaten från en robotundersökning som National Bureau of Standards utförde i mitten av 1977 i samarbete med forskare, tillverkare och användare av industrirobotar.

1. Marknadsutveckling. Mellan 1980 och 1990 beräknas tillförseln av robotar öka med 25 % per år. Den årliga tillförseln väntas öka från drygt 1 300 robotar 1980 till drygt 12 000 enheter år 1990, se tabell 22.1.

2. Utveckling av sensorer. I tabell 22.2 redovisas de typer av sensorer som bedöms ha störst betydelse för användarna, givet vad användarna är beredda på att betala för olika sensortyper.

Bortsett från komplexa synsystem är användarna inte beredda att betala ett särskilt hög pris för extra sensorer till robotarna. Ett annat anmärkningsvärt resultat från tabell 22.2 är att sensorer som i dag börjar bli kommersiellt tillgängliga har ett relativt långsamt spridningsförlopp. Enkla känsel-, syn- och kraftsensorer börjar bli allmänt använda först under mitten av 1980-talet.

3. Programmering. Dagens elektroniskt styrda robotar programmeras huvudsakligen genom s k "teach-playback", d v s robotens rörelser inprogrammeras genom att operatören för armen till önskade lägen. Varje läge

Tabell 22.1 Tillförsel av industrirobotar fram till 1990

	1980	1985	1990
Tillförseln av industrirobotar till den amerikanska marknaden. Antal robotar	1 300 (1 000–1 500)	3 300 (2 200–5 000)	12 200 (5 000–20 000)
Värdet av tillförseln till den amerikanska marknaden, miljoner dollar	68 (50–100)	214 (120–300)	700 (250–1 000)
Värdet av världsproduktionen av industrirobotar, miljoner dollar	300	900	3 000

Källa: National Bureau of Standards (NBS).
Anmärkning: Inom parenteserna anges intervallskattningar (kvartilavstånd) av tillförseln och produktionen.

Tabell 22.2 Sensorer till industrirobotar

	Kostnad som användaren är beredd att betala för olika sensorer	År då sensorerna är kommersiellt tillgängliga	År då 50 % av de levererade robotarna är utrustade med resp sensor
1. Känselsensorer (anger om en detalj är närvarande eller inte)	$ 2 000 (1 000–2 000)	1977	1983 (1980–1985)
2. Enkla synsystem (identifierar kanter, hål, hörn etc)	$ 7 200 (5 000–8 000)	1978	1990 (1985–2000)
3. Enkla kraftsensorer (mäter kraften längs en axel)	$ 2 900 (2 000–3 000)	1979	1986 (1982–1990)
4. Beröringsfria sensorer. Kan ange läget för en detalj utan att vidröra den	$ 2 700 (2 000–2 500)	1978	1986 (1985–
5. Komplexa kraftsensorer (mäter kraften längs två eller flera axlar)	$ 3 200 (2 500–4 000)	1981 (1980–1982)	1988 (1987–
6. Komplexa synsystem (kan identifiera mer komplexa geometrier)	$ 10 000–15 000	1983 (1982–1985)	1993 (1990–

Källa: NBS.
Anmärkning: Inom parenteserna anges intervallskattningar (kvartilavstånd) för respektive parameter.

lagras i ett minne. Denna teknik kommer att dominera även under 1980-talet men "off-line" programmering[1] i högnivåspråk börjar komma till användning i början av 1980-talet. Automatisk programmering, d v s när en dator genererar robotens program, blir tillgängligt först i slutet av 1980-talet.

4. Integrerade datorstödda tillverkningssystem. För närvarande beräknas endast ca 4 % av de installerade robotarna ingå i tillverkningssystem där robotarnas program styrs av ett kontrollsystem på en högre nivå. Övriga robotar, d v s 96 %, arbetar som självständiga enheter (här innefattas robotlinjer, men dessa är då inte styrda av ett system som innefattar andra typer av datorstyrda tillverkningsenheter). 1985 och 1990 beräknas andelen av robotarna som ingår i integrerade tillverkningssystem uppgå till 10 % respektive 17 %.

5. Övriga resultat. De krav som ställs på robotarna avseende sensorer, programmeringsmöjligheter, snabbhet, exakthet etc varierar för olika tillämpningar.

- *Svetsning.* Den sensortyp som har störst betydelse för svetsning är enkla synsystem som kan urskilja kanter.
- *Montering.* Känsel- och enkla kraftsensorer ansågs tillräckliga för enkla monteringsuppgifter. IBM ansåg att 10 %-20 % av monteringsarbetet

[1] Programmeringen görs på en särskild dator, varför roboten ej behöver tas ur drift under programmeringen.

krävde synsystem. General Motors, Western Electric och Westinghouse ansåg att för deras del var motsvarande andel 50 %.

De problem som föreligger då robotar skall användas för att automatisera monteringen är främst orsakade av att detaljerna har utformats med utgångspunkt från den teknik som används vid manuell montering. Om detaljerna i större utsträckning utformades med hänsyn till robotteknologin skulle förutsättningarna för automatisk montering öka avsevärt.

- *Maskinbetjäning.* Enkla synsystem är tillräckliga eftersom formen av de detaljer som roboten skall betjäna en maskin med vanligtvis är känd. Synsystemet behöver endast kunna identifiera kanter, hörn, hål etc för att kunna avgöra en detaljs lokalisering.

22.2 Datorstödd konstruktion och tillverkning

I det följande redovisas resultaten från tre Delphiundersökningar som Society of Manufacturing Engineers utförde under 1977 i samarbete med ca 150 företag, myndigheter och forskningsinstitut. Resultaten, som avser verkstadsindustrin som helhet, redovisas i kronologisk ordning.

1980

- Brist på utbildad arbetskraft för drift, service och underhåll av datorstyrd tillverkningsutrustning[1].

1982

- Av de NC-maskiner som ej ingår i maskingrupper (fristående enheter) kommer 10 % att vara utrustade med automatiska laddnings-/urladdningsenheter. Ca 15 % av NC-maskinerna kommer att vara utrustade med pallettransportörer.
- Ca 10 % av existerande NC-maskiner kommer att anslutas till överordnade datorer.
- Ca 10 % av tillförseln av nya verktygsmaskiner kommer att ingå i flexibla tillverkningssystem. I dessa transporteras detaljer automatiskt mellan olika bearbetningsstationer. Tillverkningssystemet styrs av en central dator.
- Ca 10 % av de nya maskinerna kommer att vara utrustade med datorstyrda mätenheter som automatiskt kontrollerar och kompenserar för verktygsförslitning, materialvariationer m m. Mätsystemen kommer att kunna upptäcka och diagnostisera olika maskinfel.
- Sensorenheter kommer att användas i 25 % av de automatiska monteringssystemen. Adaptiva monteringsmaskiner kommer att vara tillgängliga för montering av små detaljer.
- 5 % av monteringssystemen kommer att använda industrirobotar. Valet av utformning (design) samt material för detaljer och produkter kommer i högre grad än nu att anpassas till automatisk montering.
- Gruppteknologi kommer att användas i 1/5 av monteringsarbetena.

[1] Som redovisades i kapitel 20 blev detta i hög grad en realitet under år 1980.

1983

- För att reducera transportkostnaderna kommer tillverkning och montering i större utsträckning att ske inom samma arbetsställe.
- Nya material (t ex kompositer) och formmöjligheter kommer att reducera antalet komponenter som ingår i en färdig vara. Därigenom kan monteringskostnaden avsevärt minskas.

1985

- Tillförlitliga sensorer kommer att vara tillgängliga för adaptiv styrning av alla metallskärande operationer.
- Ljudnivån på verktygsmaskiner kommer att reduceras med 50 %.
- Minst 25 % av de företag som deltog i undersökningarna kommer att använda datorer för att automatisera och optimera alla delprocesser i produktionssystemet (val av bearbetningssekvens, maskiner, verktyg och operationer). Datorn kommer, med utgångspunkt från givna kapacitets- och prioritetsrestriktioner, att bestämma vilka detaljer som skall tillverkas en viss dag, i vilken ordningsföljd, av vilka maskiner, med vilka verktyg, med vilken bemanning etc. Datorn kommer att ge order om materialleveranser, framtagning av verktyg, förbrukningsmaterial, när service skall utföras etc.
- 75 % av alla monteringssystem kommer att använda automatisk kvalitetskontroll.
- 25 % av monteringsarbetarna som utför montering inom bilindustrin kommer att ersättas med programmerbar monteringsutrustning.
- System för lagring och hämtning av råmaterial, detaljer i arbete och färdiga detaljer kommer att integreras med monteringssystemen.

1986

- Av den totala produktionen av metallskärande verktygsmaskiner kommer datorstyrda maskiner att svara för 50 % av värdet.

1987

- Enskilda NC-maskiner (som ej ingår i maskingrupper) kommer till 25 % att vara utrustade med pallettransportörer och till 20 % med automatiska laddnings/urladdningsenheter.
- Ca 15 % av tillförseln av verktygsmaskiner kommer att ingå i flexibla datorstyrda tillverkningssystem.
- 15 % av monteringssystemen kommer att använda robotteknologi.
- 20 % av företagen kommer att använda datorstödda konstruktionssystem.

1988

- I 30 % av all tillverkning utför datorn automatiskt tillverkningsbered-

ningen (vilka detaljer som skall bearbetas, i vilken följd, av vilka maskiner etc).
- 50 % av arbetarna som utför montering av *små detaljer* kommer att ersättas med programmerbar monteringsutrustning.

1990

- 50 % av de anställda på verkstadsgolvet kommer att vara yrkesutbildade ingenjörer och tekniker. Dessa ansvarar för övervakning, service och underhåll av automatiserade, robotiserade och datoriserade operationer.
- De nya automatiska monteringssystemen kommer att ha ersatt åtminstone 50 % av nu existerande monteringslinjer.
- Gruppteknologi kommer att användas inom 50 % av monteringsoperationerna.
- 50 % av de nya detaljer som tas fram för montering har genererats i datorstödda konstruktionssystem.

1995

- 50 % av de arbetare som utför montering inom bilindustrin kommer att ersättas med programmerbar monteringsutrustning.

22.3 Bedömningar av den nya teknikens effekter, problem och möjligheter

Under de senaste åren har ett flertal olika myndigheter, branschorganisationer och företag producerat ett stort antal utredningar avseende användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik. En gemensam utgångspunkt för dessa utredningar har varit industrins låga produktivitetstillväxt under 1970-talet. Som ett medel för att öka produktiviteten i industrin pekar dessa utredningar framför allt på betydelsen av att datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik i snabbare takt sprids till industrin som helhet.

Två utredningar, som rönt stor uppmärksamhet såväl i USA som utomlands, skall här redovisas. Den ena, som heter "Manufacturing Technology – A Changing Challenge To Improved Productivity" har gjorts av General Accounting Office (GAO)[1]. Den andra utredningen heter "Product System Productivity Research". Den senare har på uppdrag av National Science Foundation utförts av General Electric Company och C.S. Draper Laboratory i samarbete med ett flertal olika företag och högskolor. Dessa utredningar ligger bl a till grund för det s k Corporate Technology Program som Department of Commerce presenterade 1979. Med utgångspunkt från detta program har olika åtgärder vidtagits för att främja tekniskspridningen.

[1] GAO är ett organ som är underställt kongressen och motsvarar riksrevisionsverket i Sverige.

22.3.1 *GAO's utredning "Manufacturing Technology – A Changing Challenge to Improved Productivity"*

I det följande redovisas en kort sammanfattning av de effekter, problem och möjligheter som GAO identifierade för datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik.

- Alltför stor vikt läggs f n vid studier av arbetsproduktiviteten. I stället borde större uppmärksamheten ägnas åt att utveckla metoder för att förbättra kapitalproduktiviteten d v s hur effektivt maskiner och annan kapitalutrustning används, omsättningshastigheten i lager, kostnader som binds av varor i arbete etc. För att få ett bättre underlag för att vidta åtgärder för att öka kapitalproduktiviteten krävs effektivare produktionsplaneringssystem. I detta sammanhang kommer datorn att spela en allt större roll för såväl planerings- som styrändamål.
- Datorstyrda tillverkningssystem medför primärt en ökad produktivitet i tillverkningsprocessen. Samtidigt erhålles en väsentligt större flexibilitet i produktionen. Att ställa om systemet för att tillverka en annan produkt kan göras utan kostsamma verktygsbyten och stilleståndstider. Med datorstyrda tillverkningssystem blir det därför ekonomiskt möjligt att i större utsträckning kundorderstyra produktionen.

I tabell 22.3 nedan jämförs konventionell maskinbearbetning med olika typer av datorstyrda bearbetningsmaskiner.

- Den viktigaste effekten från datorstyrda tillverkningssystem är ett väsentligt högre maskinutnyttjande och snabbare materialflöden, vilket leder till mindre kapitalkostnader vad gäller varor i arbete och i lager. Även kostnaden för arbetskraften väntas sjunka. Andra betydelsefulla effekter är mindre förbrukning av råmaterial och energi (kvaliteten blir bättre och jämnare vilket innebär att kassationen minskar).

Tabell 22.3 Jämförelse mellan konventionell och datorstyrd tillverkning

Arbetsmoment	Konventionella maskiner	Enskilda NC-maskiner	Flera-operations-maskiner	Datorstyrda tillverkningssystem
Transport av detaljer till maskiner	M	M	M	D
Ladda och fixera detaljer i maskiner	M	M	M	D
Välja och montera verktyg till maskiner	M	M	D	D
Välja bearbetningshastighet	M	D	D	D
Kontroll av bearbetningen	M	D	D	D
Byte av verktyg	M	M	D	D
Urladdning av bearbetade detaljer från maskinen	M	M	M	D

M = manuella operationer, D = datorstyrda operationer.
Anmärkning: Fleroperationsmaskiner kan ingå i datorstyrda tillverkningssystem.

Problem

- Användningen av datorstödda konstruktions- och tillverkningssystem ställer stora krav på såväl tekniska kunskaper som kunskaper beträffande teknikens anpassning till befintlig produktion. Företagen, bortsett från de största, är i allmänhet inte medvetna om den nya tekniken. Många av de företag som i och för sig är medvetna om tekniken har svårigheter att tillgodogöra sig den.
- Olika maskinvaror och programvaror i de datorbaserade systemen är, som en följd av att de utvecklats av olika företag, inte kompatibla. Stora teknologiintensiva företag utvecklar egna system. Detta begränsar marknadsförutsättningarna för tillkomsten av "automatiseringsföretag" som kan utveckla mer generella system för små och medelstora företag.
- Tekniskspridning. Den nya tekniken är i stor utsträckning begränsad till ett fåtal stora företag. I GAO's undersökning av dator- och NC-användningen hos den metallbearbetande industrin framgick att högst 17 % av företagen hade åtminstone en NC-maskin. Endast hälften av företagen använde datatekniken för administrativa, tillverkningstekniska eller för andra tillämpningar (knappt en fjärdedel hade egen dator). Orsakerna till den långsamma tekniskspridningen är flera. Bl a konstaterar GAO att USA inte har en nationell politik för tekniskspridning, inte ens inom ramen för de federala forskningsanslagen.
- Den faktor som främst begränsar spridningen av datorstödda konstruktions- och tillverkningssystem är de höga investeringskostnaderna. Den näst viktigaste faktorn anses vara bristande kunskaper. Företag i allmänhet vet ej hur den nya tekniken kan användas.

GAO konstaterar också att det föreligger ett behov av flexiblare avskrivningsregler. Maskiner och system vars teknik snabbt förändras kräver kortare avskrivningstider.

22.3.2 *National Science Foundation's utredning "Product System Productivity Research" (PSPR)*

Syfte och metod

Med utgångspunkt från en makromodell identifierades de industribranscher vars potentiella produktivitetstillväxt är av särskilt stor betydelse för samhällsekonomin. Därefter studerades, för dessa branscher, vilka produktionsprocesser som är centrala för produktivitetstillväxten. Detta görs genom en företagsmodell som delar upp de olika kostnadsposter (olika tillverknings-, material- och kapitalkostnader) vilka tillsammans utgör en varas saluvärde. Dessa kostnadsposter analyseras därefter med hänsyn dels till nuvarande produktionsteknik, dels till nya metoder och tekniker. Företagsmodellen uppskattar vilka potentiella effekter den nya tekniken har på de olika kostnadsposterna.

Skattningarna av de potentiella effekterna på företagsnivå används sedan som parametrar i en input-outputmodell som beräknar de potentiella effekterna på såväl branschnivå som för samhällsekonomin totalt. Därmed

blir det möjligt att analysera vilka effekter ett skift i teknologin får på variabler som priser, sysselsättning, utrikeshandel, total produktion etc.

Val av industribranscher

Undersökningen begränsades till styck- och monteringsindustrin, d v s huvudsakligen verkstadsindustrin. Valet av verkstadsindustrin förklarades av att produktivitetshöjningar inom denna bransch är angeläget med hänsyn till att konkurrensen från utlandet har ökat mycket snabbt inom denna bransch. Verkstadsindustrin svarar för 12–14 % av BNP, och för 46 % av tillverkningsindustrins förädlingsvärde. Ett annat motiv till att man valde att studera verkstadsindustrin är att denna bransch i stor utsträckning producerar varor i små- och medelstora serier. I jämförelse med processindustribranscher är dessutom automatiseringsgraden låg. Med flexibla datorstyrda tillverkningssystem blir det möjligt att i större utsträckning automatiserar den produktion som avser små- och medelstora serier.

Verkstadsindustrin består av 175 branscher. Med utgångspunkt från kostnadsfunktioner, produktionsstruktur, marknadsstruktur etc valde man ut 24 delbranscher för mer ingående studier. För varje delbransch undersökte man

- hur kostnaderna fördelades på olika funktioner,
- hur produktionen karaktäriserades med hänsyn till t ex hur mycket montering som innefattades, serielängd, ingenjörsarbete etc,
- tillgänglig produktionsteknik.

Produktionskostnadernas fördelning

I tabell 22.4 redovisas hur stor andel av produktionens saluvärde som olika kostnadsposter svarar för i verkstadsindustrins delbranscher.

Materialkostnader. I genomsnitt svarar materialkostnaderna för storleksordningen 50 % av produktionens saluvärde. Dessa kostnader kan främst reduceras genom att man utnyttjar nya material och nya konstruktioner, i

Tabell 22.4 Produktionskostnader, varulager och anläggningstillgångar i verkstadsindustrins delbranscher, 1967. Procentuell andel av saluvärdet i respektive bransch

SIC kod[a]	Bransch	Material-kostnader, %	Arbets-krafts-kostnader, %	Andra kostnader, %	Värdet av varulagret, %	Värdet av anläggnings-tillgångar, %
34	Metallvaruindustri	50	28	22	17	34
35	Maskinindustri	44	30	26	21	34
36	Elektroindustri	43	31	26	17	27
37	Transportmedelsindustri	59	21	20	13	23
38	Instrumentindustri	36	30	34	19	31

[a] Den amerikanska branschindelningen enligt SIC överensstämmer ej helt med SNI-koden. Avvikelserna är i det här sammanhanget dock av mindre betydelse.
Källa: Product System Productivity Research: NSF.

vilka det åtgår mindre material. I det senare avseendet kommer datorstödda konstruktionssystem att vara ett viktigt hjälpmedel.

Lönekostnader. Som framgick av tabell 22.4 svarar lönekostnaden för 20–30 % av produktionens saluvärde.

Produktivitets- och automatiseringsprojekt har hittills huvudsakligen varit inriktade mot att reducera antalet arbetstimmar per producerad enhet. Under de senaste decennierna har produktionen rationaliserats i sådan omfattning att lönekostnaden för det direkta produktionsarbetet ligger i nivå med eller t o m understiger lönekostnaden för det indirekta produktionsarbetet. Automatisering av det senare har därför numera fått allt högre prioritet.

Den ökade användningen av system för datorstödd konstruktion och tillverkning kommer att påverka såväl det direkta som det indirekta produktionsarbetet. Effekterna kommer emellertid att variera för olika yrkeskategorier.

Vad gäller det indirekta produktionsarbetet är det framför allt framtagning av ingenjörsinformation (tekniska beräkningar o dyl), konstruktionsarbete (produktutformning, tester, ritningar etc) samt NC-programmering som kommer att effektiveras genom CAD/CAM-tekniken.

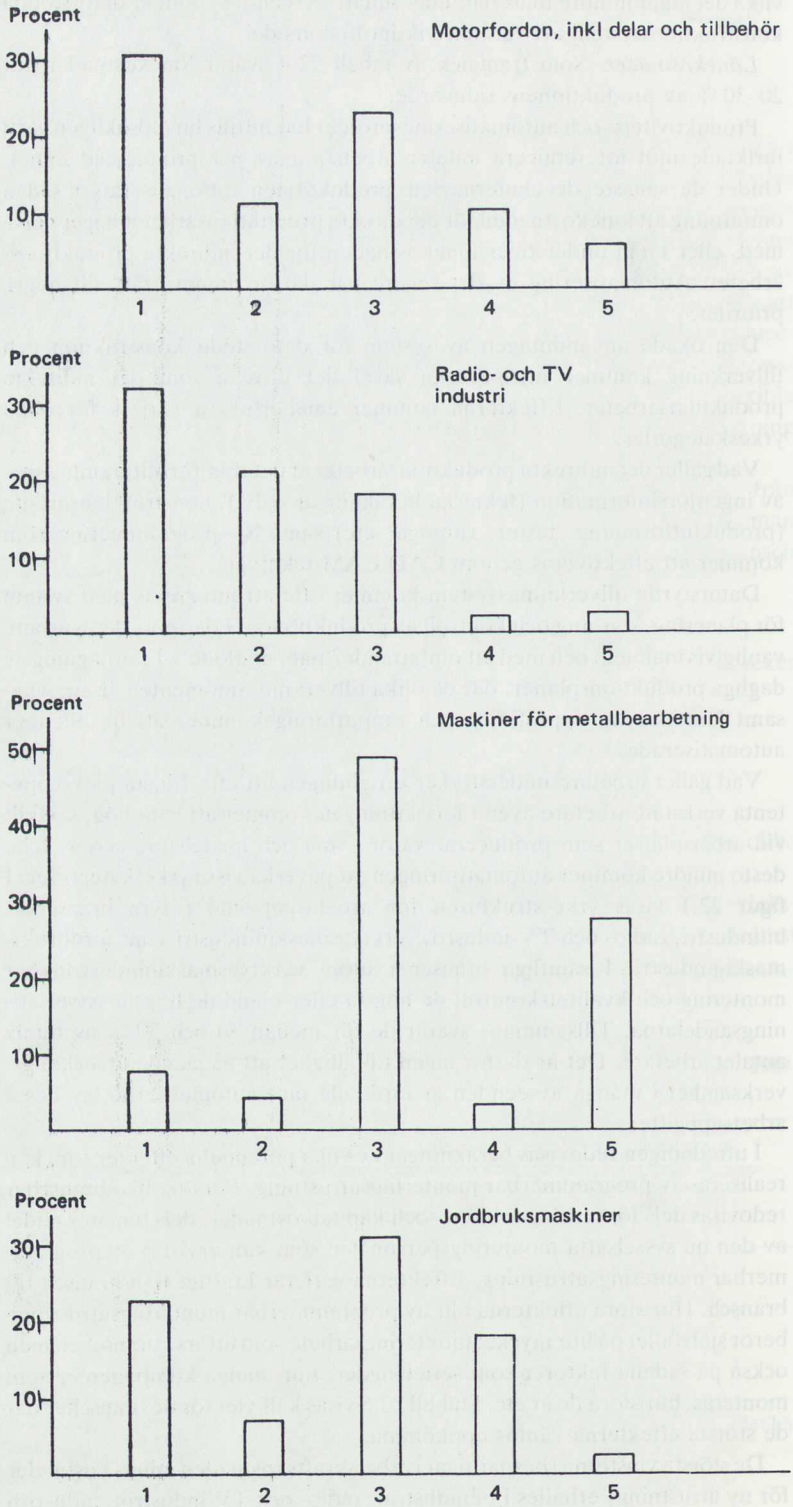
Datorstyrda tillverkningssystem kommer ofta att integreras med system för planering, styrning och kontroll av produktionen. I dag görs detta arbete vanligtvis manuellt och med ett omfattande "pappersflöde". Framtagning av dagliga produktionsplaner, där de olika tillverkningsmomenten är angivna, samt kontinuerlig uppföljning och rapportering kommer att bli allt mer automatiserade.

Vad gäller arbetare understryker utredningen att efterfrågan på kompetenta verkstadsarbetare även i fortsättningen kommer att vara hög, särskilt vid arbetsplatser som producerar varor i små och medelstora serier. Icke desto mindre kommer automatiseringen att påverka vissa yrkeskategorier. I figur 22.1 visas yrkesstrukturen för arbetarpersonal i fyra branscher: bilindustri, radio- och TV-industri, verktygsmaskinindustri samt jordbruksmaskinindustri. I samtliga branscher utom verktygsmaskinindustrin har montering och kvalitetskontroll de högsta eller bland de högsta sysselsättningsandelarna. Tillsammans svarar de för mellan 30 och 50 % av totala antalet arbetare. Det är därför ingen tillfällighet att pågående utvecklingsverksamhet i många avseenden är inriktade mot automatisering av dessa arbetsuppgifter.

I utredningen redovisas beräkningar av vilka potentiella effekter som kan realiseras av programmerbar monteringsutrustning. För 46 olika branscher redovisas dels förändringar i löne- och kapitalkostnader, dels hur stor andel av den nu sysselsatta monteringspersonalen som kan ersättas av programmerbar monteringsutrustning. Effekterna varierar kraftigt från bransch till bransch. Hur stora effekterna blir av programmerbar monteringsutrustning beror självfallet på hur mycket monteringsarbete som utförs i branschen men också på sådana faktorer som serielängder, hur många komponenter som monteras, hur stora de är etc. I tabell 22.5 visas kalkyler för de branscher där de största effekterna väntas uppkomma.

De största vinsterna (besparingar i arbetskraftskostnaden minus kostnader för ny utrustning) erhålles i bilindustrin, radio- och TV-industrin, industrin

1. Monteringsarbetare
2. Avsynare (kvalitetskontroll)
3. Maskinoperatörer
4. Svetsare
5. Verktygsmakare



Figur 22.1 Arbetarpersonalens procentuella fördelning på yrkeskategorier i fyra branscher. Endast de största yrkeskategorierna anges.

Källa: Product System Productivity Research: NSF.

Tabell 22.5 Branscher där rationaliseringspotentialen är störst för programmerbar monteringsutrustning

SIC-kod	Delbranscher	Proc. andel arbetare inom montering (1967)	Uppskattad proc. andel monteringsarbeten som kan automatiseras	Besparingar i arbetskraftskostn., $ miljoner	Kostnader för ny utrustning, $ miljoner	Nettobesparingar, $ miljoner
				1969 års priser		
Branscher där besparingarna i monteringskostnader är störst i absoluta tal (dollars):						
3711+	Bilar inkl tillbehör					
3714	och delar	34,3	20	470	188	282
3679	Elektroniska komponenter	47,7	40	188	75	113
3651	Radio- och TV-apparater	67,9	40	145	58	87
3585	Kylutrustning- och maskiner för kommersiellt bruk	34,2	40	91	37	54
3573	Datamaskiner inkl kringutrustning	41,2	40	92	37	55
Branscher där 50 % eller mer av monteringspersonalen kan komma att ersättas med automatiska monteringsmaskiner:						
3522	Jordbruksmaskiner	20,1	50	78	31	47
3634	Elektriska hushållsmaskiner	44,2	60	55	22	33
3519	Förbränningsmotorer	22,9	50	62	25	37

Källa: Product System Productivity Research: NSF.

för elektroniska komponenter samt datorindustrin. Ser man i stället till den andel av monteringsarbetarna inom varje bransch som kan ersättas av programmerbar utrustning blir effekterna relativt sett störst i industrin för elektriska hushållsprodukter, jordbruksmaskinindustrin samt motorindustrin.I dessa branscher är det möjligt att ersätta minst 50 % av monteringsarbetarna med programmerbara monteringssystem.

I tabell 22.5 har endast de direkta effekterna av programmerbar monteringsutrustning beräknats. De indirekta effekterna, t ex mindre materialåtgång, ökad kvalitet, snabbare materialflöden etc, har ej medtagits i kalkylen. De besparingar som kan göras på dessa poster kan vara av samma storlek som reduceringen av de direkta lönekostnaderna. Den redovisade kalkylen torde därför endast ange den undre gränsen för de potentiella vinsterna.

Övriga kostnader. I övriga kostnader innefattas finansiella kostnader som skatter, avskrivningar, utgifter för licenser och royalties, vinst etc. Dessa kostnader påverkas i mycket liten utsträckning av datorstyrd tillverkningsutrustning varför de ej behandlas här.

Kapitalkostnader

Utredningen studerade två typer av kapitalkostnader: lagerkostnader och kostnader för anläggningstillgångar.

Lagerkostnader. Med datorbaserade lagerplaneringssystem och datorstyrd tillverkningsutrustning är det möjligt att reducera lagerkostnaderna med upp till 25 %. De datorbaserade lagerplaneringssystemen optimerar inköp till lagret samt leveranser till verkstadsgolvet. Med datorbaserade tillverkningssystem minskas dessutom den tid en vara är i arbete. Samtidigt medger de en snabbare omställning för tillverkning av olika varor, vilket innebär att volymen färdiga varor i lager kan reduceras.

Anläggningstillgångar. I de fyra branscher som redovisades uppgick värdet av maskinkapitalet till mellan 7 % (radio- och TV-industrin) och 21 % (verktygsmaskinindustrin) av produktionens saluvärde. Kostnadsposten är av en sådan storleksordning att den motiverar produktivitetsfrämjande åtgärder. Maskinproduktiviteten påverkas framför allt av långa stillestånd-stider som en följd av maskinfel, verktygsbyte, hämtning och fastspänning av detaljer etc. Genom att utrusta maskinerna med sensorer som mäter status hos maskiner, verktyg och ämnen samt hur maskinerna utnyttjas, kan ett bättre kapacitetsutnyttjande uppnås. Med CAD/CAM-system kan enligt vissa bedömare kapacitetsutnyttjandet teoretiskt kunna öka med flera hundra procent.

Potentiella effekter av datorstödda konstruktions- och tillverkningssystem

För verkstadsindustrin som helhet anser utredningen att användningen av datorstödda konstruktions- och tillverkningssystem kan ge följande effekter:

Lönekostnader – kollektivanställda	– 10 %
Lönekostnader – tjänstemän	– 25 %
Materialkostnader	– 10 %
Lagerkostnader	– 25 %
Anläggningstillgångar	0 % ?

Prioritering av utvecklingsarbete

För att realisera de möjliga produktivitetseffekter som diskuterats ovan prioriterade utredningen FoU-insatser inom följande områden

- Programmerbar monteringsutrustning.
- Automatisk kvalitetskontroll.
- System för diagnostik och övervakning av maskiner.
- Koncept för flexibla datorstyrda tillverkningssystem.
- Datorstödd konstruktion.

De största produktivitetsvinsterna uppnås genom att koppla samman olika subsystem till datorintegrerade produktionssystem.

Slutsatser

Totalt sett väntas användningen av datorstödda konstruktions- och tillverkningssystem inte medföra några större förändringar av sysselsättningen. För vissa yrkeskategorier, främst personal för montering och kvalitetskontroll i

Tabell 22.6 Produktionskostnadernas och balansomslutningens fördelning på olika poster i fyra branscher. Procent av produktionens saluvärde

	Jordbruks-maskiner SIC 3522	Metallskärande verktygsmaskiner SIC 3541	Radio- och TV-apparater SIC 3651	Motorfordon, delar och tillbehör SIC 3717
Lönekostnader totalt	23,4	37,5	15,9	14,2
– Indirekt produktionsarbete	10,3	12,6	8,7	5,8
– Direkt produktionsarbete	13,1	24,9	7,2	8,4
– Komponenttillverkning	(4,7)	(18,8)	(1,3)	(2,4)
– Montering	(7,1)	(4,1)	(3,8)	(4,7)
– Kvalitetskontroll	(1,3)	(2,0)	(2,1)	(1,3)
Materialkostnader	54,1	35,4	61,5	64,8
Övriga kostnader[a]	22,5	27,1	22,6	21,0
	100,0	100,0	100,0	100,0
Balansomslutning	127,6	108,5	52,0	44,7
– Omsättningstillgångar	97,0	65,1	40,2	21,1
– Varulager	(32,0)	(42,7)	(21,0)	(12,2)
– Anläggningstillgångar	30,6	43,4	11,8	23,1
– Byggnader	(7,4)	(12,1)	(5,1)	(7,8)
– Maskiner	(9,4)	(21,0)	(6,7)	(13,3)

[a] Skatter, avskrivningar, kapitalkostnader, vinst m m.

Källa: Product System Productivity Research: NSF.

branscher som t ex radio- och TV-industrin, kan dock tekniken medföra betydande minskningar i sysselsättningen. Samtidigt ökar sysselsättningen inom andra, vanligtvis mer kvalificerade yrkeskategorier; konstruktörer, beredare, planerare, installatörer samt personal för installation, driftövervakning och service och underhåll.

Även om användningen av datorstödda konstruktions- och tillverkningssystem normalt leder till minskade arbetskraftskostnader är det dock minskade kapital- och materialkostnader som ger de största vinsterna. En procents minskning av de senare ger betydligt större vinster än motsvarande minskning i lönekostnaderna, vilket framgår av de redovisade branschexemplen i tabell 22.6.

För de branscher som är redovisade i tabell 22.6 beräknade utredningen de potentiella effekterna av olika teknologier. I tabell 22.7 visas effekter som skulle kunna realiseras i jordbruksmaskinindustrin och radio- och TV-industrin om dessa branscher investerade i CAD-system respektive system för automatisk montering.

Det är värt att notera att trots att förändringarna i de enskilda kostnadsposterna kan vara mycket stora blir förändringen i den totala produktionskostnaden relativt måttlig. I t ex radio- och TV-industrin innebär utrustning för automatisk kvalitetskontroll att kostnaderna för kvalitetskontroll kan reduceras med 90 %. Denna kostnadspost svarar emellertid för endast 2,1 % av den totala produktionskostnaden varför förändringen i den senare blir relativt liten. Den totala effekten på produktionskostnaderna av

Tabell 22.7 Potentiella effekter av CAD-system och system för automatisk kvalitetskontroll i jordbruksmaskinindustrin resp radio- och TV-industrin

Kostnadsposter	Jordbruks-maskinind., %	Radio- och TV-ind., %
Lönekostnader		
Databehandling		+ 5
Ingenjörer, konstruktörer m m	−20	+ 5
Kvalitetskontroll		−90
Materialkostnader	− 5	
Garantikostnader	− 2	−50
Lagerkostnader	− 5	
Totala produktionskostnader	− 3	− 2,5

Källa: Product System Productivity Research: NSF.

automatisk kvalitetskontroll blir en minskning med 2,5 %. Den helt dominerande kostnadsposten i radio- och TV-industrin är material som svarar för 61,5 % av de totala produktionskostnaderna. Det är här den stora rationaliseringspotentialen ligger. Inom just radio- och TV-industrin har de största produktivitetsvinsterna realiserats som en följd av att antalet komponenter i produkterna successivt reducerats. Dessutom har komponenterna blivit allt billigare.

Övriga analysresultat och slutsatser

Nedan redovisas i punktform några ytterligare analysresultat och slutsatser som utredningen kommit fram till.

- I många företag saknar produktionsledningen ofta överblick vad gäller beläggning, status etc i de olika tillverkningsprocesserna på verkstadsgolvet. Innan datorstyrda material- och produktionsplaneringssystem tas i anspråk måste organisationsrutiner utvecklas för att insamla, bearbeta och analysera data. De tekniska problemen är ofta underordnade de organisatoriska. I valet mellan nya organisationsstrukturer och nya tillverkningsprocesser prioriterar utredningen de förra då dessa dels ger större produktivitetseffekter, dels ofta är en förutsättning för att införa nya processer. Nya datorstyrda tillverkningsmetoder medför i större utsträckning organisatoriska än tekniska problem. Ser man till ett tillverkningssystems olika delar kan det konstateras att maskinvaran är väl utvecklad och tillgänglig. I viss utsträckning gäller detta också programvaran. Den svagaste länken är systemsidan, d v s organisationen av maskin- och programvaror för hela maskingrupper.
- Flexibla datorstyrda tillverkningssystem kan ge mycket stora produktivitetseffekter i vissa delar av produktionsprocessen. För att dessa skall kunna realiseras krävs en analys av kapaciteten inom hela produktionsprocessen annars riskerar man suboptimering, d v s en "flaskhals" flyttas från ett ställe till ett annat.
- I flera branscher kan kostnaderna för montering och kvalitetskontroll uppgå till över 50 % av de direkta lönekostnaderna. Automatiseringsut-

vecklingen är därför i stor utsträckning inriktat mot dessa arbetsuppgifter. Emellertid är det inte tekniken i sig själv som ger de största potentiella effekterna. I stället är det nya material och konstruktionslösningar som kommer att möjliggöra automatiserad montering. Många av de komponenter som i dag monteras är utformade för manuella operationer. Att utveckla automatiserade rutiner som efterliknar manuell montering är vanligtvis inte ekonomiskt. Om detaljer redan på konstruktionsstadiet utformas med hänsyn till automatiserad monteringsutrustning kommer användningspotentialen för sådan utrustning att öka väsentligt.

VI Bedömningar av utvecklingen i Sverige

23 Tekniska och ekonomiska förutsättningar

23.1 Tekniska förutsättningar

23.1.1 *Elektronik, programvara och mekanik*

Något förenklat kan datorstödda konstruktions- och tillverkningssystem sägas bestå av följande komponenter:

- *elektronik;* elektronisk maskinvara (datorer, styrutrustning) och elektronisk kringutrustning (minnesenheter, läs- och skrivutrustning, terminaler, mätutrustning m m),
- *programvara;* system- och tillämpningsprogramvara,
- *mekanik;* "maskinvara" (t ex verktygsmaskin) och kringutrustning (jiggar, fixturer, paletter m m).

Dessa komponenter avviker markant från varandra vad gäller takten i den tekniska utvecklingen och den därav följande prisutvecklingen. Den teknologi som har den långsammaste utvecklingstakten kommer därför i stor utsträckningen av vara styrande för utvecklingen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik.

I det följande redovisas därför en kort sammanfattning av den tekniska utveckling som kan väntas för de aktuella teknologierna.

Elektronik

Utvecklingen inom elektronikområdet har ingående behandlats i två utredningar[1] från SIND respektive Riksdataförbundet, varför endast en kort sammanfattning redovisas här.

Inom elektronikområdet, som innefattar ett stort antal olika produkter, intar halvledartekniken och de integrerade kretsarna en särställning. Detta är främst en följd av att det är inom halvledarområdet som den tekniska utvecklingen gått snabbast samt att halvledartekniken är av central betydelse för utvecklingen av bl a datorer och telekommunikationsutrustning. Detta avsnitt kommer därför endast att sammanfatta den förväntade utvecklingen inom halvledarområdet.

Halvledarteknikens utveckling kan sammanfattas på följande sätt: långtgående miniatyrisering, ökad komplexitet (fler funktioner per halvledarbricka) samt sjunkande priser. Utvecklingstakten har varierat något mellan olika typer av halvledarkomponenter men i genomsnitt har komplexiteten

[1] SIND 1979:6: Elektronikindustrin i Sverige. Riksdataförbundet (1980): 80-talet på en bricka.

ökat med 75 %–100 % per år. Ett exempel: År 1970 kunde ett halvledarminne lagra ca 1 000 bitar[1]. Nu (1980) finns det halvledarminnen som kan lagra 256 000 bitar, d v s kapaciteten har ökat med en faktor 256.

Ser man till priset per funktion i en integrerad krets har utvecklingen i vissa fall gått ännu snabbare. Beroende på typ av integrerad krets har det nominella priset sjunkit från index 100 till mellan 1 och 0,1. Reallt sett, d v s med hänsyn till inflationen, har priset sjunkit ännu snabbare. Prisutvecklingen för olika typer av kretsar framgår av figurerna 23.1-23.3.

SIND och Riksdataförbundet kommer till följande slutsatser beträffande prisutvecklingen av integrerade kretsar under 1980-talet:

- Priset på mikroprocessorer kommer att sjunka avsevärt långsammare under 1980-talet än under 1970-talet. Samtidigt kommer emellertid komplexiteten hos mikroprocessorerna att öka.
- Priset på logikkretsar och minneskretsar kommer att sjunka i nästan samma takt under 1980-talet som under 1970-talet.

Den fortsatt snabba tekniska utvecklingen inom halvledarområdet kommer att påskynda även om den inte blir styrande för utvecklingen av datorstödd konstruktion- och tillverkningsteknik. Denna är nämligen i hög grad även beroende av utvecklingen inom mekanisk teknologi och programvaruområdet.

Programvaror

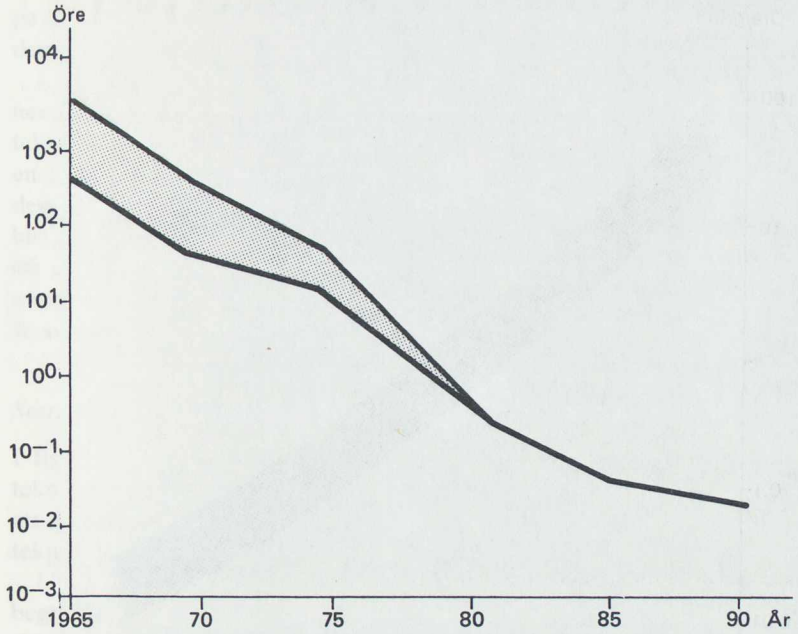
Man kan skilja mellan två typer av programvaror: systemprogramvaror och tillämpningsprogramvaror. De förra styr och övervakar informationsbehandlingsprocessen (kallar in kompilatorer, fördelar minnesutrymme, styr in- och utmatningen m m). Systemprogramvaror medföljer normalt när man köper ett datorsystem. Tillämpningsprogramvaror talar om för datorn vilken information som skall bearbetas, i vilken ordning samt hur resultatet skall presenteras. Det finns två typer av tillämpningsprogramvaror: standardprogramvaror och användarutvecklade programvaror. De förra är anpassade till generella rutiner som täcker flera olika användares behov medan de senare är utvecklade för en enskild användare. Standardprogramvaror är billigare eftersom utvecklingskostnaderna kan slås ut på flera användare. Nackdelen är att användaren måste anpassa sina informationsrutiner till systemet och inte tvärtom.

Programvaruproduktion är i huvudsak ett manuellt, intellektuellt arbete. Då det inte förekommit några större tekniska förändringar i programvaruarbetet har produktiviteten ökat relativt långsamt. Detta har fått till följd att kostnaden för programvaror nu överstiger maskinvarukostnaderna i flertalet datorsystem.

Inom programvaruområdet finns det emellertid vissa faktorer som kan påskynda utvecklingstakten:

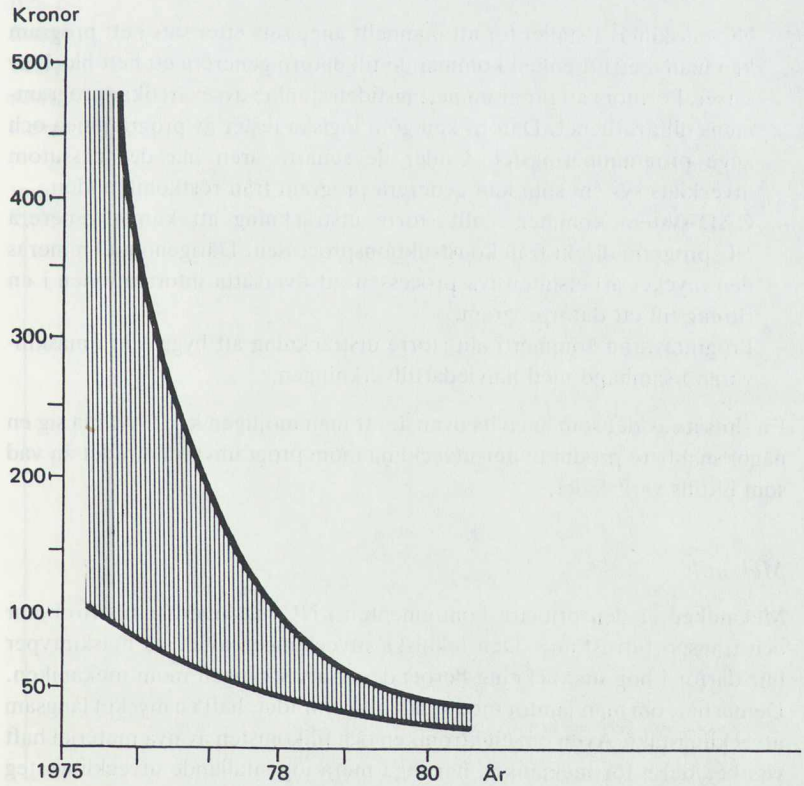
- Utveckling av nya programmeringsmetoder och effektivare programspråk.
- Datorstödd programmering. Detta har blivit ett allt vanligare hjälpmedel vid NC-programmering, speciellt av sådana användare som har många

[1] Begreppet "bit" kommer från det engelska ordet binary digit (binär siffra). En binär siffra kan vara en "1" eller "0". Vanligtvis åtgår det 8 bitar (betecknas byte) för att representera ett alfa-numeriskt tecken.



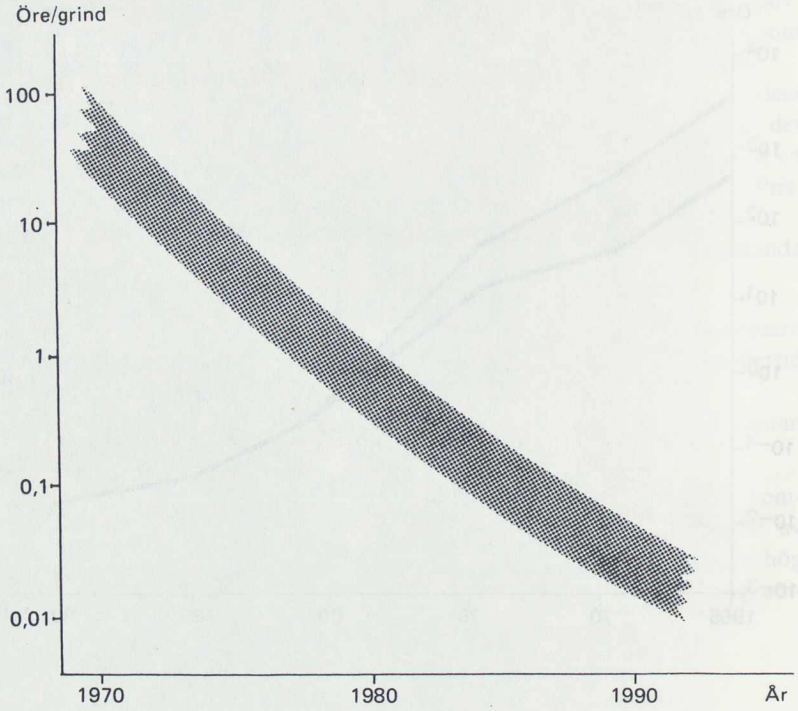
Figur 23.1 Pris per funktion i minneskretsar, 1965–1990. Öre, logaritmisk skala.

Källa: SIND, Stanford Research Institute.



Figur 23.2 Priset på mikroprocessorer 1975-1980/81, kronor.

Källa: SIND, Mackintosh.



Figur 23.3 Kostnad för logikkretsar i datorer, 1970-1990.

Källa: Riksdataförbundet.

NC-maskiner. I stället för att manuellt ange sats efter sats i ett program kan man med ett enkelt kommando till datorn generera ett helt block av satser. Förutom att programmeringstiden sjunker avsevärt ökar programmens tillförlitlighet. Datorn kan göra logiska tester av programmen och ange programmeringsfel. Under de senaste åren har det dessutom utvecklats system som kan generera program från röstkommandon.

- CAD-system kommer i allt större utsträckning att kunna generera NC-program direkt från konstruktionsprocessen. Därigenom elimineras den mycket arbetsintensiva processen att översätta informationen i en ritning till ett datorprogram.
- Programvaran kommer i allt större utsträckning att byggas in i maskinvaran i samband med halvledartillverkningen.

En slutsats av det som angivits ovan är att man möjligen kan förvänta sig en något snabbare produktivitetsutveckling inom programvaruområdet än vad som hittills varit fallet.

Mekanik

Mekaniken är den primära komponenten i NC-maskiner, industrirobotar och transportutrustning. Den tekniska utvecklingen av dessa maskintyper blir därför i hög utsträckning beroende av utvecklingen inom mekaniken. Denna har, om man jämför med elektronikområdet, haft en mycket långsam utvecklingstakt. Även om elektroniken och tillkomsten av nya material haft viss betydelse för mekaniken har inga mera iögonfallande utvecklingssteg

passerats. Några sådana väntas inte heller under den närmaste tioårsperioden.

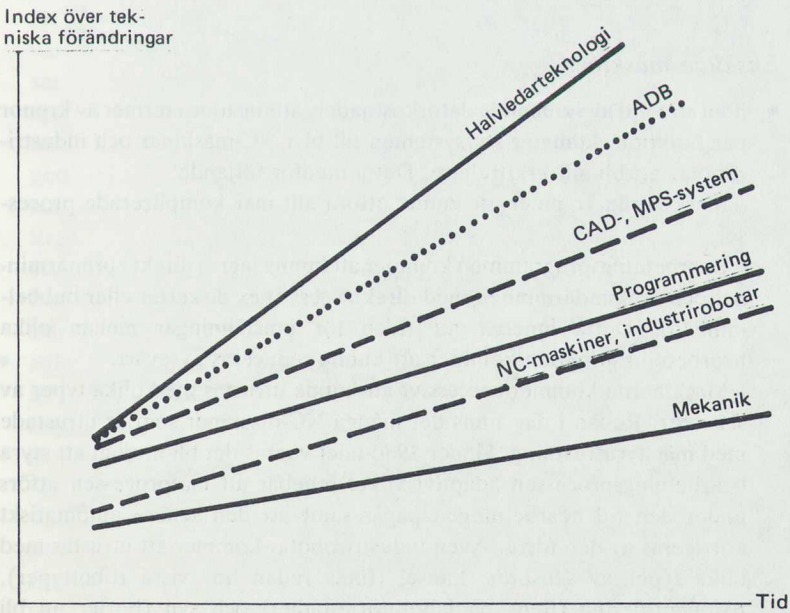
I viss mån kan elektroniken komma att ersätta vissa mekaniska komponenter men i stor utsträckning blir det ändå mekaniken som begränsar den tekniska utvecklingen. Hur snabbt t ex en robot kan lokalisera och förflytta en detalj mellan två punkter beror av två faktorer; dels hur snabbt datorn och dess synsystem kan identifiera detaljen och ge signaler till robotarmen, dels hur snabbt armen kan gripa detaljen och utföra förflyttningen. Det förra är ett elektroniskt problem som med halvledarteknikens utveckling blir allt mindre. Att snabba upp förflyttningsprocessen är ett mekaniskt problem som är svårare att lösa.

Sammanfattning

I figur 23.4 ges en starkt förenklad bild av utvecklingstakten för olika teknologier samt datorbaserade system och maskiner. Det skall understrykas att linjernas lutning i figuren endast har till uppgift att rangordna de olika teknologiernas och systemens utvecklingstakt.

Utvecklingstakten för datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik begränsas av å ena sidan halvledarteknologin och av mekaniken å andra sidan. Olika typer av utrustning och system utvecklas i olika snabb takt beroende av främst graden av elektronik- respektive mekanikinnehåll.

Under de senaste åren har det i olika sammanhang spekulerats huruvida den mycket snabba tekniska utvecklingen inom dator- och halvledarområdet även skall få sin motsvarighet vad gäller automatiseringen av konstruktions- och tillverkningsprocessen i industrin som helhet. Prognoser har presenterats som visar på en dramatisk ökning av industrins automatiseringsgrad med stora sysselsättningskonsekvenser som följd. Framför allt har industrirobo-



Figur 23.4 Den tekniska utvecklingstakten för olika teknologier och datorsystem.

Källa: DEK.

ten framställts som ett hot mot jobben. Den s k obemannade fabriken har ansetts vara nära förestående.

Enligt DEK's mening finns det inte fog för dessa bedömningar. Utvecklingen och framför allt användningen av datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik går betydligt långsammare än t ex inom ADB- och kontorsautomationsområdena. Orsakerna härtill är, som framhållits ovan, främst mekaniska restriktioner samt betydligt mer komplexa och heterogena tillämpningar än vad fallet är inom det administrativa området.

Vad som sagts ovan skall inte tolkas så att datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik skulle vara av mindre betydelse för svensk industri. Tvärtom, denna teknik har och kommer successivt att få en stor betydelse för verkstadsindustrins konkurrenskraft. Vad DEK emellertid vill understryka är att utvecklingen

1) ej är entydig,
2) ej sker språngvis,
3) ej har samma utvecklingstakt som t ex datateknik och elektronik.

Vad som här redovisats har avsett tekniska utvecklingstendenser/-möjligheter för datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning. Takten i utvecklingsarbetet och, inte minst, användningen beror också på en rad olika ekonomiska och sociala faktorer som behandlas i avsnitt 23.2 respektive kapitel 15.

23.1.2 *Datorstödda konstruktions- och tillverkningssystem*

Den tekniska utvecklingen för olika typer av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning och system har tidigare diskuterats i kapitel 4-9 samt i kapitel 22. Här redovisas därför endast en kort sammanfattning av de viktigaste tekniska förändringarna som kan väntas under 1980-talet. För att förenkla framställningen sammanfattas resultaten i punktform.

Enskilda maskiner

- Som en följd av sjunkande datorkostnader, åtminstone i termer av kronor per funktion, kommer styrsystemen till bl a NC-maskiner och industrirobotar att bli allt kraftfullare. Detta medför följande:
  – Maskinerna kommer att kunna utföra allt mer komplicerade processer.
  – Bearbetningsprogrammen kommer att kunna lagras direkt i primärminnet och i sekundärminnen med direktaccess (t ex disketter eller bubbelminnen). Detta innebär att tiden för omställningar mellan olika bearbetningsprogram kommer att kunna reduceras avsevärt.
  – Maskinerna kommer successivt att kunna utrustas med olika typer av sensorer. Redan i dag finns det många NC-maskiner som är utrustade med mätstyrutrustning. Under 1980-talet väntas det bli möjligt att styra bearbetningsprocessen adaptivt vilket innebär att mätprocessen utförs under den tid bearbetningen pågår samt att den senare automatiskt korrigeras av den förra. Även industrirobotar kommer att utrustas med olika typer av sensorer: känsel (finns redan hos vissa robottyper), röstidentifiering (finns på laboratoriestadiet) och syn (börjar nu bli

kommersiellt tillgängligt). Industrirobotar utrustade med synsystem kommer att öka möjligheterna att automatisera bl a montering och kvalitetskontroll, främst vad gäller små detaljer t ex inom kontors-, tele-, dator- och vissa delar av hushållsmaskin- och bilindustrin.
– Maskinerna kommer att utrustas med diagnostiksystem som automatiskt registrerar och söker fel. Det blir möjligt att från en central, på en annan ort än maskinen, via datakommunikation utföra felsökning och reparation. För vissa datorsystem och NC-maskiner kan detta utföras redan i dag.

- De sjunkande halvledarpriserna kommer dock endast att ge marginella effekter på prisutvecklingen för NC-maskiner, industrirobotar och datorstyrd transportutrustning. Värdemässigt utgör elektroniken högst 25 % av en NC-maskins totala värde. För resterande värde svarar huvudsakligen mekaniken vars pris är stigande. I bästa fall kan kanske pris/prestanda hållas konstant för denna typ av utrustning. Det finns skäl att understryka att den primära uppgiften för NC-maskiner m m är att bearbeta och förflytta ämnen och varor.
- Parallellt med utvecklingen mot avancerade styrsystem pågår en utveckling mot enkla och billiga styrsystem som kan anslutas till mindre avancerade verktygsmaskiner. NC-tekniken kommer därigenom att spridas till nya maskinkategorier och nya användare.
- NC-maskiner och industrirobotar kommer i allt större utsträckning att utrustas med verktygs- respektive gripdonsväxlare.
- Fristående industrirobotar för maskinbetjäning kommer i viss utsträckning att ersättas med in- och utmatningsutrustning som är inbyggd i verktygsmaskinen.
- Datorn kommer att bli ett allt vanligare hjälpmedel för att generera program till NC-maskiner och industrirobotar.
- Kostnaden för maskinvaran till CAD-system, som till skillnad från NC-maskiner huvudsakligen består av elektroniska komponenter, kan väntas sjunka avsevärt. Detta är en följd av dels sjunkande halvledarpriser, dels volymproduktion. Utvecklingen går såväl mot avancerade system som mot enkla system uppbyggda kring bordsdatorer. Restriktioner i utvecklingen är främst programvaran (t ex för 3-dimensionella geometrier) samt kunskapen hos användarna. Utvecklingen av standardprogramvaror ökar dock möjligheterna för mindre tekniskt kvalificerade företag att använda CAD. Då samtidigt produktionen och efterfrågan på CAD-system väntas öka snabbt kring mitten av 1980-talet kan programvarukostnaden komma att sjunka. Utvecklingskostnaderna slås ut på ett större antal system.
- MPS-system har en utveckling som i flera avseenden liknar utvecklingen av CAD-tekniken. Kostnaden för maskinvaran sjunker; programvaran samt den formella beskrivningen av produktionsprocessen utgör de största restriktionerna; systemen utvecklas dels mot stora kundanpassade system dels mot system som bygger på minidatorer och standardprogramvaror. De senare börjar redan nu komma ut på marknaden varför användningen väntas öka snabbt. Mindre företag kan börja med ett system som automatiserar t ex inköps- och lagerrutinerna för att sedan uppgradera systemet med programmoduler för tillverkningsplanering och arbetsorderstyrning.

System

Utvecklingen går mot att olika typer av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning successivt integreras till allt större system som i större eller mindre utsträckning kan komma att styras av ett överordnat MPS-system. Sådana system kan emellertid bli oerhört komplexa och samtidigt mycket dyra och sårbara. För att kunna bygga upp ett större datorbaserat tillverkningssystem måste man formellt kunna beskriva olika materialbehov, materialflöden, bearbetnings- och monteringsprocesser, lagerflöden m m. Man måste också kunna förutse vilken flexibilitet systemet skall ha för önskade förändringar och icke önskade förändringar (störningar). För att systemet sedan skall kunna fungera i en operationell miljö måste det dessutom innefatta omfattande rutiner som kontinuerligt ger information om status i varje del av systemet. Begränsningarna för utvecklingen av datorstyrda system ligger således inte i datatekniken utan i kunskapen om tillverkningsprocessen.

Komplexa datorbaserade system som styr hela eller stora delar av produktionsprocessen kommer därför att ta mycket lång tid att utveckla.

Vad som nu sker är att maskiner av samma eller olika typ successivt knyts samman till delsystem. Hur långt man går i denna utveckling mot olika systemlösningar är emellertid i hög grad beroende av bl a sådana faktorer som

- antalet olika detaljer som skall produceras,
- seriestorlek,
- hur komplexa t ex bearbetnings- eller monteringsprocesserna är.

I tabell 23.1 visas sambandet mellan dessa variabler och olika typer av tillverkningssystem.

Det samband som beskrivs i tabell 23.1 gäller främst metallbearbetningsoperationer. Att försöka sammanfatta alla typer av tillverkningsprocesser i en motsvarande tabell är inte möjligt. Metallbearbetningen är emellertid en av viktigaste processerna i tillverkningen samtidigt som den sannolikt är representativ för flera andra tillverkningsprocesser.

Sammanfattningsvis kan vad beträffar utvecklingen av datorbaserade produktionssystem följande konstateras:

- Den obemannade fabriken i generell mening är varken tekniskt/-ekonomiskt möjlig (åtminstone inte under den närmare 20-årsperioden) eller önskvärd.
- Olika typer av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning kommer successivt att kopplas samman till automatiserade delsystem. När man fått tillräcklig erfarenhet av de olika delsystemen kommer man att gå vidare med en succesiv integrering av dessa samt kopplingar till överordnade styr- och informationssystem på olika nivåer. Utvecklingsarbetet och investeringskostnaderna blir alltmer omfattande i takt med att systemen blir alltmer komplexa. System av detta slag kommer därför under relativt lång tid framöver endast att återfinnas hos ett mindre antal teknikledande företag. Hos övriga företag kommer automatiseringen huvudsakligen att inriktas mot enskilda maskiner eller mindre maskingrupper.

Tabell 23.1 Sambandet mellan olika produktionsvillkor och typ av tillverkningssystem

Antalet olika detaljer som tillverkas i systemet	Serie-storlek	Typ av till-verknings-system	I systemet ingående utrustning
1–2	7 000–	Transferlinje	T ex en karosslinje. Kan vara en svetsmultipel eller en svetslinje med robotar
3–10	1 000–10 000	Specialmaskiner	Individuella maskiner som i stor utsträckning är utformade för att kunna bearbeta en begränsad uppsättning produkter. Maskinerna är i mycket liten utsträckning omställbara
4–50	50–2 000	Flexibla system	Fleroperationsmaskiner, specialmaskiner, industrirobotar, transportutrustning som styrs av ett överordnat styrsystem som också reglerar materialflödet
30–500	20–500	Tillverkningscell	Ett mindre antal maskiner som är grupperade kring någon omställbar materialhanterings-utrustning, t ex en industrirobot
200–	1–50	NC-maskiner	

Källa: American Machinist.

- Utvecklingen av datorstyrda tillverkningssystem är inte entydig. Valet av tillverkningssystem är beroende av vilken typ av produktion ett företag har. Man kan här skilja mellan två extremfall:

1) System som skall anpassas till tillverkning av en eller ett par olika detaljer i stora serier. Under dessa förutsättningar väljer företaget sannolikt en transferlinje. Denna är vanligtvis inte omställbar men kan innehålla programmerbar utrustning, t ex industrirobotar, som kan återanvändas i andra transferlinjer.

2) Den andra ytterligheten är då systemet skall hantera ett stort antal olika detaljer som skall tillverkas i små seriestorlekar. I ett sådant system krävs mycket stor flexibilitet. Detta kan vanligtvis endast uppnås om det är människan som ingriper, styr och övervakar tillverkningsprocessen.

Mellan dessa två extremfall kommer datorstyrda tillverkningssystem att utvecklas med olika grad av komplexitet vad gäller styrning och integrering av olika maskiner och funktioner.

23.2 Ekonomiska förutsättningar

23.2.1 *Den allmänekonomiska utvecklingen*

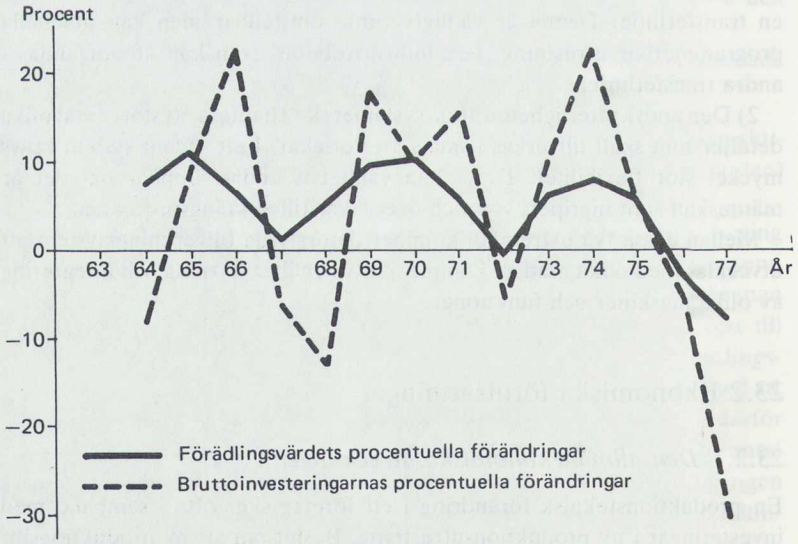
En produktionsteknisk förändring i ett företag sker ofta i samband med investeringar i ny produktionsutrustning. Beslut om att ny produktionsut-

rustning skall anskaffas är beroende av företagets investeringsvilja. En av de viktigaste faktorerna som styr investeringsviljan är investeringens beräknade lönsamhet, vilken bl a är beroende av den förväntade framtida efterfrågan på företagets produkter. Om efterfrågan är eller förväntas bli svag, med vikande kapacitetsutnyttjande och dålig lönsamhet som följd, kommer man sannolikt varken ha råd eller lust att göra nyinvesteringar. De *allmänna konjunkturförväntningarna* spelar därför en central roll för industrins investeringsvilja, och därmed också för den produktionstekniska utvecklingen.

Figur 23.5 visar de årliga procentuella förändringarna i verkstadsindustrins förädlingsvärde och bruttoinvesteringar åren 1963–1977.

Av figuren framgår den nära samvariationen mellan produktions- och investeringsutvecklingen. Tendens till fasförskjutning kan konstateras, d v s investeringsutvecklingen reagerar på förändringar i produktionsutvecklingen med viss fördröjning. Slående är också de mycket kraftiga pendlingarna i investeringsutvecklingen i förhållande till förädlingsvärdets utveckling. Detta förhållande är också ett dilemma för tillverkarna av produktionsutrustning, i första hand verktygsmaskinindustrin.

Den allmänekonomiska utvecklingen påverkar exempelvis verktygsmaskinindustrin i två etapper. Näringslivets investeringsbehov tillgodoses till stor del av den investeringsvarutillverkande delen av verkstadsindustrin. Som framgår av kapitel 2 svarar investeringsvarorna för den övervägande delen av den svenska verkstadsproduktionen. Verktygsmaskinindustrin med flera utrustningstillverkare får därför rollen av maskinleverantörer till investeringsvaruindustrin. Vid en konjunkturförändring innebär detta att maskinleverantörerna nås sist i raden av näringslivssektorer. Dessutom kan man observera en förstärkning av konjunkturutfallet för utrustningstillverkarna i jämförelse med näringslivssektorerna som ligger tidigare i fas i konjunkturcykeln. Detta får till resultat att branschens efterfrågesituation kännetecknas av exceptionellt starka svängningar.



Figur 23.5 Årliga procentuella förändringar i verkstadsindustrins förädlingsvärde och bruttoinvesteringar.

Källa: DEK, SCB.

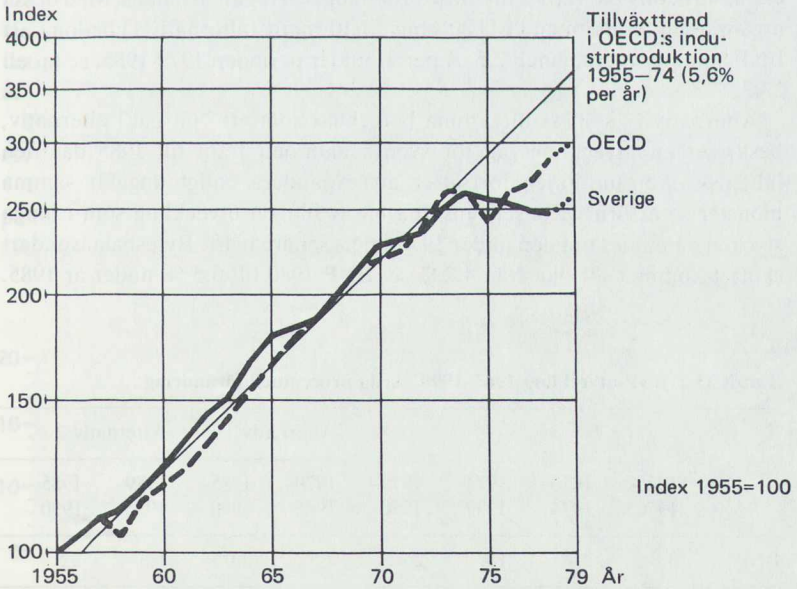
Spridningshastigheten av ny produktionsteknik och ny investeringsutrustning är därför synnerligen beroende av den allmänekonomiska utvecklingen i såväl Sverige som utlandet.

För de finansiellt starka företagen har de kort- och medelfristiga pendlingarna i konjunkturcykeln mindre betydelse för investeringsverksamheten. Dessa företag följer i regel en rullande investeringsplanering, ofta omfattande fem år, som bygger på prognoser över den långsiktiga efterfrågeutvecklingen på företagets produkter. Investeringsprogrammet försöker man sedan följa, oavsett vilken fas i konjunkturcykeln som man råkar befinna sig i. Däremot är investeringsprogrammet i hög grad beroende av efterfrågans trendmässiga utveckling. För företag i mindre gynnsam finansiell situation spelar dock kontantköp och likviditet en avgörande roll, varför investeringsförmågan i stor utsträckning följer konjunkturcykeln.

23.2.2 *Bedömningar av den svenska ekonomins utveckling under 1980-talet*

Vi har i föregående avsnitt understrukit den allmänekonomiska utvecklingens betydelse för såväl de totala investeringarna som investeringar i datorstyrda maskiner. För att kunna bedöma investeringsutvecklingen av de senare måste vi därför utgå från vissa antaganden om såväl den svenska som den internationella ekonomins utveckling.

Industrins utveckling under 1970-talet har i flera avseenden avvikit från utvecklingen under 1950- och 1960-talen. Tillväxten har varit lägre och variationerna större. Det är emellertid inte bara i Sverige som problemen varit osedvanligt stora. Som framgår av figur 23.6 är bilden i stort sett densamma för hela OECD-området.



Anm.: Siffrorna för 1978 är preliminära. Prognoserna för 1979 är gjorda av OECD.

Figur 23.6 Industriproduktionens utveckling i Sverige och OECD. 1955-1979 (1979 prognos).

Källa: Industriens utredningsinstutut: Att välja 80-tal. IUI's långtidsbedömning 1979.

Om utvecklingen följt trenden 1955-1974 skulle OECD 1979 ha haft en drygt 20 % större industriproduktion än vad som blev fallet. För Sveriges del är skillnaden ännu större, ca 40 %.

Denna utveckling har både i Sverige och utomlands resulterat i att man initierat ett flertal omfattande studier som behandlar dels frågan om det under 1980-talet är möjligt att återgå till 1950- och 1960-talens tillväxttakt, dels om det krävs en mer aktiv näringspolitik för att moderera eller styra utvecklingen. I det här avsnittet skall vi endast behandla den första frågan.

I det följande skall vi kortfattat summera de bedömningar av den svenska ekonomins utveckling som görs i Långtidsutredningen 1980 (LU 80) samt SIND's höstrapport 1980. Den förra redovisar bedömningar av hela den svenska ekonomins utveckling fram till 1985 medan den senare endast behandlar industrins utveckling. Bedömningar av den långsiktiga internationella utvecklingen bygger på en promemoria som sammanställts av industridepartementet[1]. Denna promemoria bygger bl a på ett antal internationella studier, t ex Leontief-studien (med stöd från FN), Världsbanken samt Interfutures (OECD).

Långtidsutredningen 1980

När detta skrivs finns det endast preliminära beräkningar att tillgå i LU 80. De slutliga bedömningarna kan därför komma att avvika något från vad som redovisas här.

Utgångspunkten i LU 80 är att bytesbalansunderskottet skall reduceras från drygt 4 % av BNP (1980) till 2 % 1985 samt att balans skall ha uppnåtts 1990. Andra centrala mål som byggs in som restriktioner i den totalmodell som ligger till grund för LU-arbetet är full sysselsättning, rimlig prisstabilitet, ekonomisk tillväxt, rättvis inkomstfördelning och regional balans. Med dessa utgångspunkter har man i LU 80's huvudalternativ (alternativ 1) bedömt att BNP kommer att öka med 2,5 % per år under perioden 1979-1985, se tabell 23.2.

Alternativ 2, som skulle kunna betecknas som ett "låt gå" alternativ, beskriver en utvecklingsväg för svensk ekonomi fram till 1985 där den inhemska konsumtionen fortsätter att expandera enligt ungefär samma mönster som förut. Konsekvenserna härav blir en utveckling som i långa stycken påminner om den under 1970-talets senare hälft. Bytesbalansunderskottet kommer att öka från 4,2 % av BNP 1980 till 6,5 % under år 1985.

Tabell 23.2 BNP-utveckling 1965–1990. Årlig procentuell förändring

					Alternativ 1		Alternativ 2	
	1965–1970	1970–1974	1974–1979	1979–1980	1979–1985	1985–1990	1979–1985	1985–1990
BNP	3,8	2,7	1,4	2,7	2,5	2,0	1,3	2,5

Källa: LU 80.

[1] Kooperationens industrisektor i 1980-talets Industrisverige – En analys av nuläge och framtidsutsikter. Underlagspromemoria till kooperationsutredningen (I 1977:01).

Tabell 23.3 Produktivitet, förädlingsvärde och investeringar i verkstadsindustri exkl varv, 1965–1990. Årlig procentuell förändring

	1965–1970	1970–1974	1974–1979	Alternativ 1 1979–1985	Alternativ 2 1979–1985
Förädlingsvärde per arbetstimme	6,9	5,6	2,1	3,9	2,7
Förädlingsvärde till faktorpriser	6,6	5,1	0,2	6,5	2,1
Bruttoinvesteringar i byggnader och maskiner	5,7	5,4	–5,9	11,5	–3,0

Källa: LU 80.

Vad gäller LU's bedömningar av verkstadsindustrins utveckling är dessa sammanfattade i tabell 23.3.

Enligt LU's bedömningar kommer produktiviteten att öka med 3,9 % per år fram till 1985, d v s något långsammare än under 1970-talets första hälft. Förädlingsvärdet till faktorpris kommer däremot att öka i en takt som är jämförbar med senare delen av 1960-talet.

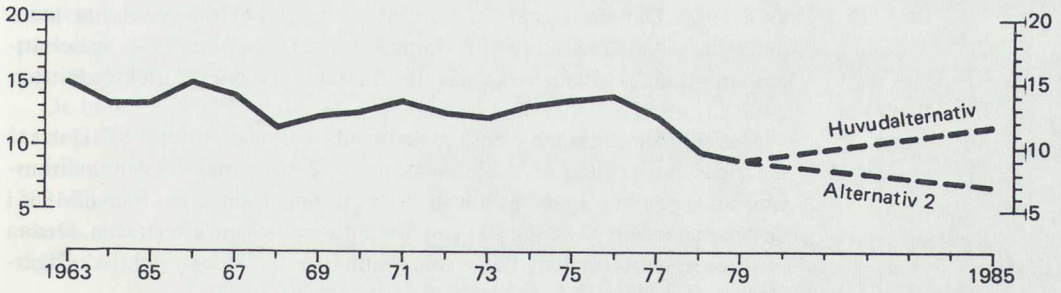
Under perioden 1974-1979 sjönk investeringarna mycket kraftigt, nästan 6 % per år. Den mycket kraftiga minskningen under denna period liksom den mycket snabba ökningen som bedöms i alternativ 1 för perioden 1979–1985 skall ses mot bakgrund av att åren 1974 och 1975 var "toppår" och 1979 var ett "bottenår". 1979 års investeringsvolym utgjorde mindre än 70 % av 1975 års nivå. Den snabba tillväxten som bedöms för perioden 1979–1985 innebär därför endast en relativt snabb återgång mot "normal" investeringsnivå. Om man ser till investeringarnas procentuella andel av förädlingsvärdet, se figur 23.7, innebär LU's huvudalternativ att denna andel fortfarande år 1985 understiger genomsnittet för 1970-talets första hälft.

För 1980-talet som helhet beräknas investeringarna öka med 9,7 % per år. Även denna tillväxttakt bör ses som bakgrund av 1979 års låga nivå.

I alternativ 2 beräknas verkstadsindustrins investeringar minska med 3 % per år fram till 1985 . Då utgångsåret är 1979 blir investeringsvolymen under 1980-talet så låg att man skulle kunna tala om "katastrofalternativ".

Figur 23.7 Investeringarnas procentuella andel av förädlingsvärdet 1963–1985.

Källa: LU 80.



SIND's höstrapport 1980

I SIND's höstrapport 1980 presenteras två scenarier för industriutvecklingen fram till 1985. I det ena utvecklingsscenariet studeras hur industrins produktion, sysselsättning och investeringar kan komma att utvecklas, om 1970-talets utvecklingstendenser får fortsätta att verka fram till 1985 utan att några åtgärder sätts in för att leda utvecklingen i andra banor. En mörk bild målas upp om strukturomvandlingen fram till 1985 inte sker i riktning mot en på lång sikt eftersträvansvärd industristruktur. Detta kommer att medföra stora svårigheter för svensk industriexport samtidigt som importkonkurrensen ökar.

SIND beräknar att industrins *export*, enligt detta scenario, kommer att öka med 2,4 % per år under perioden 1978–1985, vilket är något långsammare än under 1970–1978. Samtidigt beräknas *importen* öka med 5,3 % per år vilket är betydligt högre än under 1970-talet. *Industriproduktionen* bedöms öka med knappt en procent per år vilket är i paritet med utvecklingen under perioden 1970–1978 men endast en tredjedel av 1960-talets tillväxt.

Svag produktivitetsutveckling tillsammans med lönsamhetsproblem för industrin under perioden 1975-1978 medförde radikalt minskade *industriinvesteringar*. Det scenario som här skisserats innebär inte några förändringar som kan förväntas skapa gynnsammare investeringsklimat. Industrin som helhet bedöms i genomsnitt för perioden 1979–1985 årligen investera för 7,8 miljarder kronor (1975 års priser). Det är endast knappt 65 % av den årsgenomsnittliga investeringsnivån för industrin under perioden 1970–1978. Historiskt sett har industriinvesteringarna inte varit så låga sedan 1950-talet.

Kapitalbildning av så liten omfattning möjliggör endast en blygsam utbyggnad av ny produktionskapacitet. Behovet är heller inte stort med tanke på den svaga produktionstillväxt som beräknas för perioden. Trots detta förväntas *produktivitetsutvecklingen* till 1985 bli relativt gynnsam. Den förhållandevis positiva produktivitetstillväxten uppkommer genom att konkurrensvillkoren inom industrin skärps, varför endast de mest konkurrenskraftiga produktionsanläggningarna i olika branscher kan förväntas överleva. Det betyder att äldre, lågproduktiva anläggningar slås ut när utvecklingen stagnerar.

Liten utbyggnad av ny produktionskapacitet tillsammans med betydande utslagning av äldre anläggningar leder till att arbetskraftsefterfrågan minskar i betydligt snabbare takt under perioden 1978–1985 än vad som varit fallet under förra delen av 1970-talet, se tabell 23.4. *Sysselsättningen* uttryckt i antal timmar beräknas minska med något över 3 % per år under perioden 1978–1985. Det motsvarar ett bortfall av drygt 140 000 sysselsatta inom industrin, vilket är närmare 15 procent av antalet sysselsatta 1978. Sysselsättningsminskningen inom verkstadsindustri, exkl varv, blir i storleksordningen 50 000.

Mot denna hotbild för svensk industris utveckling diskuterar SIND också ett annat mer positivt utvecklingsalternativ. Tyngdpunkten i denna diskussion har lagts på en analys av hur stora investeringar som krävs fram till 1985 i de branscher som på längre sikt kan förväntas möta ökad efterfrågan. Denna investeringsstruktur kan tjäna som riktmärke för industripolitiska åtgärder.

Tabell 23.4 Sysselsättningsförändringar 1978–1985

Bransch	Förändring 1978–1985, antal sysselsatta
Tekoindustri	– 12 300
Trävaruindustri	– 13 200
Massa- och pappersindustri	– 12 300
Kemisk industri	– 11 100
Järn-, stål- och metallverk	– 15 100
Maskinindustri	– 14 900
Transportmedelsindustri	– 13 500
Elektroindustri	– 12 900
Varvsindustri	– 10 400
Övriga branscher	– 27 000
Hela industrin	–142 700

Källa: SIND.

SIND redovisar beräkningar av såväl storleksordningen som inriktningen på de investeringar som skulle krävas för att möjliggöra en expansiv produktionsutveckling och fortsatt strukturomvandling inom industrin, med hänsyn tagen till den utveckling av produktivitet och lönsamhet som har bedömts rimlig. Som framgår av tabell 23.5 skulle detta kräva *betydande förändringar av investeringarna för vissa branscher, men för industrin som helhet kan konstateras att investeringsnivån inte behöver öka nämnvärt i jämförelse med de senaste åren.* Detta kanske något överaskande resultat förklaras i första hand av det faktum att den önskvärda omstruktureringen innebär *en tillväxt för de mindre kapitalintensiva delarna av industrin och en relativ tillbakagång för de starkt kapitalkrävande, råvarubaserade sektorerna.* Resultatet bör även ses mot bakgrund av att investeringarna i vissa branscher nådde extremt höga nivåer under 1970-talets första hälft. Investeringsbehovet har dessutom dragits ned något på grund av den lediga kapacitet som beräknats föreligga år 1979.

De beräknade strukturomvandlingarna innebär emellertid att det finns *betydande behov att öka investeringarna inom kemisk industri, metallvaruindustri och maskinindustri.*

Mot bakgrund av de allmänekonomiska förutsättningarna har SIND bedömt att den svenska industriproduktionen kan öka med totalt 4,8 % per år under perioden 1978–1985, vilket kan jämföras med den genomsnittliga ökningstakten på 0,5 % per år under perioden 1970–1978. Industrisysselsättningen väntas samtidigt kunna öka med totalt 40–50 000 personer under perioden 1978–1985, vilket kan jämföras med den minskning med 76 000 personer som ägde rum 1970-1978.

De branscher som beräknas kunna få den starkaste produktionsökningen är dels kemisk industri och delar av verkstadsindustrin – närmare bestämt maskinindustri, elektroindustri och metallvaruindustri – dels trävaruindustri och massa- och pappersindustri. Svaga produktionsökningar kan däremot väntas dels för de konsumtionsvaruproducerande branscherna livsmedelsindustri, tekoindustri och grafisk industri, dels även för de råvarubase-

Tabell 23.5 Industrins investeringar: faktisk och beräknad branschstruktur

SNI	Bransch	Årsmedeltal milj kr, 1975 års priser		
		1970–1976	1977–1978	1979–1985 enl SIND's beräkn
2	Gruvindustri	570	370	300
31	Livsmedelsindustri	1 050	1 100	1 100
32	Textil- och konfektionsindustri	320	220	300
33	Trävaruindustri	1 000	790	700
341	Massa- och pappersindustri	2 120	1 900	1 500
34 ./.				
353–355	Kemisk industri	890	1 020	1 400
36	Jord- och stenvaruindustri	420	520	500
37	Järn-, stål- och metallverk	1 350	760	800
381	Metallvaruindustri	820	690	900
382	Maskinindustri	1 120	970	1 300
383	Elektroindustri	680	650	600
384 ./. 3841	Transportmedelsindustri (exkl varv)	930	640	500
	Övriga branscher	1 480	980	1 000
2–3	Hela industrin	12 750	10 610	10 900

Källa: Industriutvecklingen i Sverige: SIND 1980:12.

rade sektorerna gruvindustri och järn, stål- och metallverk, samt naturligtvis varvsindustrin. Även transportmedelsindustrin har här antagits få en mindre produktionsökning än industrin i genomsnitt.

Dessa olikheter i utvecklingstakten innebär således förändringar av den svenska industristrukturen i två avseenden. Dels prioriteras de konkurrensutsatta sektorerna framför de som är skyddade från utländsk konkurrens. Dels sker inom den konkurrensutsatta sektorn en omfördelning bort från de traditionella basnäringarna i riktning mot de branscher som sannolikt har de bästa utvecklingsmöjligheterna på lång sikt.

Bedömningar av den internationella utvecklingen fram till sekelskiftet

Leontief-studien

Kan FN's utvecklingsstrategier förverkligas? Den frågan ställde man sig inom världsorganisationen i början av 1970-talet. Delvis emanerade frågan ur ett potentiellt konflikthot mellan miljöhänsyn (i främst i-länder) och ekonomisk tillväxt (i främst u-länder). Från u-landshåll tolkades diskussionen om miljöhänsyn som en debatt ämnad att förhindra en tillväxt i de egna länderna. Man ställde samtidigt krav på FN om åtgärder för att klyftorna mellan rika och fattiga länder måste radikalt minskas fram till sekelskiftet.

Tabell 23.6 Genomsnittlig procentuell tillväxt. Fasta priser

	I-länder		Resursstarka U-länder		Övriga U-länder	
	1970–1980	1980–2000	1970–1980	1980–2000	1970–1980	1980–2000
BNP	4,1	3,7	10,5	8,3	3,2	4,4
Investeringar totalt	4,2	3,9	20,1	10,1	2,2	6,6
Maskininv	2,6	3,6	20,6	9,2	2,2	7,1

Källa: Leontief et al., Scenario A.

Ur krav och resolutioner preciserades frågeställningen ytterligare. År 1973 gavs en expertgrupp under ledning av nationalekonomen Wassily Leontief i uppdrag att ge svar på frågan om konflikten mellan miljöhänsyn och ekonomisk utveckling i u-länderna. Resultatet publicerades 1976 i rapporten "The Future of the World Economy" – ett försök av FN att granska förutsättningarna för sina egna framtidsstrategier.

Leontief-rapporten ger, i några alternativa framtidsscenarier, en ganska optimistisk bild av de tekniska, ekonomiska och miljöpolitiska möjligheterna att åstadkomma någon form av rättvisare världsordning, i första hand en ekonomisk utjämning (mätt i BNP per capita) mellan världens länder. Den tillstyrker i stort de metoder och strategier som sedan länge förts fram i FN-sammanhang.

I Leontief-studien görs åtskillnad mellan u-länder med rika naturtillgångar och övriga u-länder. För båda dessa grupper av u-länder ter sig framtiden, enligt Leontief, ljusare än för i-länderna. För de fattigaste länderna framställs dessutom framtiden som mer lovande än den hittillsvarande utvecklingen, se tabell 23.6.

Interfutures

Inom OECD tillsattes 1976 en arbetsgrupp, som fick namnet Interfutures, med uppgiften att bedöma "hur de avancerade industriländernas och utvecklingsländernas framtida utveckling kan harmoniseras". Interfutures redovisade 1979 sina undersökningar i rapporten: "Facing the future: mastering the probable and managing the unpredictable" (OECD, Paris 1979).

Interfutures har skisserat fyra huvudalternativ för utvecklingen fram till år 2000. I det första alternativet, *scenario A,* antas att *inga grundläggande förändringar* inträder i världsekonomin. Alternativet bygger på att de för tillväxten nödvändiga kraven på strukturell anpassning verkligen realiseras. De nya industriländerna kommer att få en ökad betydelse i världsekonomin. Detta kommer till stor del att äga rum genom de multinationella företagens överföring av teknik och kapital. Även om detta alternativ bygger på en fortsatt tillväxt i ekonomin kommer tillväxttakten för industriländerna att bli något lägre än under 1960-talet.

För att detta alternativ skall bli verklighet krävs enligt Interfutures för det

Tabell 23.7 BNP-utvecklingen 1975–2000 enligt olika scenarier

Scenario	Årlig tillväxt i BNP					
	1975–2000				1990–2000	
	A	B2	C	D	A	B2
Sverige	3,4	2,5			3,1	2,5
OECD	4,3	3,4	2,3	3,3	3,4	3,1

Källa: Interfutures (OECD).

första en aktiv energipolitik, för det andra en samordning av den ekonomiska politiken bland industriländerna och en fördelning av justeringsbördan så att inte vissa länder drabbas speciellt hårt. För det tredje krävs att den exportorienterade politiken i de nya industriländerna tillåter skapandet av inhemsk marknad i dessa länder.

I det andra huvudalternativet, *scenario B*, behandlas tre olika delalternativ: B1, B2 och B3. *Scenario B1* är ett *lågtillväxtalternativ*. I detta alternativ antas att vissa grundläggande förändringar sker i folks värderingar avseende konsumtion, arbetsorganisation och produktionsstruktur. Ökad betydelse får istället faktorer som brukar sammanfattas i begreppet "livskvalitet" - yttre miljö, arbetsmiljö, full sysselsättning, regional balans, fritid, barn etc. Detta antas resultera i en jämnare inkomstfördelning både mellan industriländerna och utvecklingsländer, och inom länderna.

Scenario B2 och B3 bygger på att något eller några av de villkor som är nödvändiga för att det första alternativet skall förverkligas inte uppfylls. Detta skulle innebära att kraven på strukturell anpassning inte realiseras i en verklig strukturförändring och att en *permanent strukturkris* inträder. Resultatet blir att den nuvarande lågkonjunkturen fortsätter med låg investeringsaktivitet, låg produktivitetstillväxt, långsam produktionsökning och hög arbetslöshet.

Scenario C bygger på antagandet om låg tillväxt som en följd av en *"Nord-Syd" konfrontation.*

I *Scenario D* antas en *ökad protektionism* hos industriländerna. Detta får till följd att handel och kapitalöverföringen sker *inom* tre zoner; USA, EG och Japan. Till varje zon knyts de utvecklingsländer som är belägna i regionen.

I tabell 23.7 visas BNP-utvecklingen för några olika scenarier.

Sammanfattning

I ovan refererade studier framställs 1980-talet som ett viktigt vägskäl. På det nationella planet diskuteras om och i så fall på vilket sätt utvecklingen kan styras mot en ekonomisk tillväxt i nivå med 1960-talet. En fortsättning av 1970-talets utveckling leder till stora störningar i den samhällsekonomiska balansen.

På det internationella planet diskuteras å ena sidan den omvälvande strukturomvandling i världsmåttstock som ytterligare kan befästa existerande maktblock och skapa nya ekonomiska klyftor vid sidan av de gamla. Å andra sidan kan utvecklingen gå mot en nedtrappning av den ekonomiska

integrationen i världen, en utveckling mot flera, ekonomiskt ganska självständiga regioner, en minskning av den internationella arbetsfördelningen till fömån för ökad s k självtillit. De protektionistiska tendenser som på olika håll kan iakttas kan vara en första signal att man i olika länder - medvetet eller omedvetet - finner det andra alternativet mer tilltalande.

Samtliga utredningar betonar att om en ökad ekonomisk tillväxt skall kunna realiseras måste en relativt snabb strukturomvandling accepteras, i stil med 1960-talets. En viktig fråga i det här sammanhanget är vilken roll samhället via industripolitiken skall spela. Här går självfallet meningarna i sär, beroende på ideologiska utgångspunkter. Man kan urskilja å ena sidan ett *marginalisttänkande* vilket utgår från att justeringar (ibland dock betydande) inom befintliga ramar kommer att ge effekt och å andra sidan ett *aktörstänkande* vilket utgår från att statens roll måste ändras i framtiden (d v s staten måste bli mer aktiv i industripolitiskt hänseende.).

Vad gäller utvecklingen i Sverige framhålls att ökad industriexpansion och ekonomisk tillväxt kan uppnås om industrins investeringar i större utsträckning inriktas mot branscher som kemisk industri och delar av verkstadsindustrin. En sådan omstrukturering kan i ett medellångt tidsperspektiv ske inom ramen för i stort sett oförändrade totala industriinvesteringar jämfört med den genomsnittliga investeringsnivån under 1970-talet. Det beror på att de långsiktiga konkurrenskraftiga industribranscherna är betydligt minde kapitalkrävande än Sveriges traditionella basnäringar.

Företagens investeringsplaner synes dock inte, enligt SIND, överensstämma med denna önskvärda investeringsstruktur. Investeringarna inom kemisk industri och maskinindustri bör vara betydligt större, medan investeringarna inom gruvindustri, järn-, stål- och metallverk samt massa- och pappersindustri bör vara betydligt mindre än vad företagens planer anger. För att åstadkomma en vridning av investeringsstrukturen i önskvärd riktning krävs, enligt SIND, industripolitiska åtgärder.

23.3 Socio-ekonomiska förutsättningar

Investeringar i avancerad teknik är inte bara beroende av den tekniska utvecklingen och den ekonomiska utvecklingen i stort. Man kan också peka på en rad socio-ekonomiska faktorer som kan ha stor betydelse för i vilken takt avancerad teknik introduceras i näringslivet och samhället. Exempel på sådana faktorer är:

- företagens, de anställdas, politikernas och allmänhetens attityder till tekniska förändringar och ekonomisk tillväxt,
- relativa faktorpriser,
- arbetskraftstillgång,
- utbildningsnivå hos företagsledare och anställda,
- löneformer,
- de anställdas medinflytande.

Detta har diskuterats i kapitel 15 och 18 varför någon ytterligare redovisning ej ges här. Allmänt kan dock konstateras att i Sverige har ovan nämnda faktorer verkat på ett sådant sätt att de stimulerat investeringar i ny teknik.

24 Prognoser

24.1 Prognosmetoder, förutsättningar och prognosresultatens tillförlitlighet

24.1.1 *Inledning*

Enligt direktiven skall kommittén bedöma vilken utveckling datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik kan få på fem, tio och femton års sikt. Av prognoser som görs på så lång sikt kan man självfallet inte vänta sig en särskilt god precision. Inte minst gäller detta då man skall prognosticera en teknik som till stora delar ännu befinner sig i introduktionsstadiet.

Huvuddelen av den tid som kommittén bedrivit utredningsarbete inom området datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik har ägnats åt att bl a

- identifiera de teknikledande företagen med avseende på här aktuell teknik,
- identifiera företag och branscher som är eller kan väntas bli stora användare av tekniken,
- undersöka de produktionstekniska förutsättningar som måste råda för att det skall bli lönsamt att investera i tekniken,
- bedöma alternativa tillverkningsmetoder.

I det följande redovisas kommitténs bedömmingar (prognoser) av investeringsutvecklingen fram till mitten av 1990-talet för olika typer av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning. För vissa typer av utrustningar har prognosresultat kunnat härledas från empiriska beräkningar (modeller och enkätundersökningar). Andra utrustningstyper har däremot huvudsakligen prognosticerats med utgångspunkt från kvalitativa bedömningar.

Utgångsåret för prognoserna är 1979. Prognosresultat redovisas för perioderna 1979-1985, 1985-1990 (de angivna årtalen skall ej tolkas "bokstavligt" utan snarare som mitten av 1980-talet respektive början av 1990-talet) samt för första delen av 1990-talet.

I det följande redovisas kortfattat hur prognosresultaten har härletts för de olika prognosperioderna samt något om resultatens tillförlitlighet.

24.1.2 *Perioden fram till och med 1979*

I kapitlen 10-12 redovisades hur inhemsk produktion och investeringar i olika typer av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning utvecklades

under 1970-talet. Vidare redovisades hur investeringarna fördelades på olika företag (företagsstorlek samt fördelning på teknikledande och övriga företag), branscher och produktionsprocesser (med avseende på varor, seriestorlek, marknad m m). Dessa uppgifter utgör en viktig utgångspunkt för de olika prognoserna.

24.1.3 *Perioden fram till 1985*

Prognosresultaten för denna period bygger huvudsakligen på två enkätundersökningar som DEK genomfört bland leverantörer och användare av datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning. Prognosresultaten för denna period kan anses vara relativt tillförlitliga. Skälen härtill är

- att företagens investeringsplaner i stor utsträckning täcks in i prognosperioden,
- att enkätundersökningarna från tillförsel- respektive användningssidan gav i stort sett samma resultat,
- att nya generationer utrustningar (t ex adaptivt styrda verktygsmaskiner eller industrirobotar med syn) inte väntas få någon större spridning under första delen av 1980-talet,
- att de prognosticerade investeringarna i datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning är rimliga med hänsyn till verkstadsindustrins förväntade produktions- och investeringsutveckling.

24.1.4 *Perioden fram till 1990*

För så lång period som fram till 1990 är det inte meningsfullt att bygga en prognos varken på enkäter eller empiriska modeller. Utfallet är i så stor utsträcknig beroende av en rad "yttre" faktorer, t ex den internationella ekonomiska utvecklingen, verkstadsindustrins tillväxt och konkurrenskraft, energitillgång och -priser m m.

Med utgångspunkt från vad vi vet om dels utvecklingen av datorbaserad utrustning fram till i dag, dels företagens planer för den närmaste framtiden kan vi i kvalitativa termer bedöma den "troliga" utvecklingen. För att på något sätt kvantifiera dessa bedömningar formulerar vi några räkneexempel som, givet vissa antaganden, skall visa potentialen för verkstadsindustrins investeringar i datorbaserad utrustning.

I det följande redovisas det underlag som legat till grund för de räkneexempel som formulerats för olika typer av datorbaserad utrusnting. För NC-maskiner, och i viss mån även industrirobotar, har det varit möjligt att utgå från ett antal samband som kan anges empiriskt. För övriga typer av utrustning och system, dvs CAD-system, datorstyrda transportsystem och datorstyrda tillverkningssystem har sambanden endast kunnat anges kvalitativt eller härledas indirekt. Orsaken härtill är att de sistnämnda systemen har introducerats betydligt senare än NC-maskiner och utgör, trots att de har en mycket hög tillväxt, fortfarande en marginell del av maskininvesteringarna. Som en följd av att investeringar i nämnda system expanderar från en låg nivå blir empiriska investeringsberäkningar mycket känsliga för variationer i olika antaganden om samband, t ex andelar av totala maskininvesteringar.

NC-maskiner

De räkneexempel som formulerats för att illustrera potentialen för NC-investeringarnas utveckling fram till 1990 bygger bl a på följande antaganden:

(a) utvecklingen av verkstadsindustrins totala investeringar under 1980-talet[1],
(b) verkstadsindustrins investeringar i maskiner[1],
(c) verkstadsindustrins investeringar i verktygsmaskiner,
(d) NC-maskinernas andel av investringar i verktygsmaskiner,
(e) NC-teknikens utveckling och spridningsförlopp,
(f) stabiliteten i produktionsförhållandena.

Vi har gjort sådana antaganden att räkneexemplen skall ge övre och undre gränser för verkstadsindustrins investeringar i olika datorstödda konstruktions- och tillverkningsutrustningar.

I det följande redovisas vilka antaganden som gjorts beträffande (a)-(f) ovan.

(a) Antaganden om verkstadsindustrins investeringsutveckling under 1980-talet

Verkstadsindustrins investeringar i datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning är i hög grad beroende av branschens totala investeringar. Vi måste därför utgå från en prognos av den totala investeringsutvecklingen.

I Långtidsutredningen 1980 (LU 80) redovisas två investeringsalternativ för perioden 1979-1985, se tabell 24.1.

Det scenario LU 80 beskriver i alternativ 1 innebär att investeringarnas volymtillväxt under perioden 1979-1985 blir dubbelt så stor som under perioden 1965-1975. Emellertid skall man komma ihåg att tillväxten är beräknad med utgångspunkt i den extremt låga investeringsnivå som rådde under perioden 1977-1979. Även om investeringarna ökade med 11,5 % per år fram till 1985 skulle ändå inte investeringarnas andel av förädlingsvärdet nå upp till den nivå som rått fram till 1977. Alternativ 1 kan därför ses som en relativt snabb återanpassning mot "normal" investeringsnivå.

Alternativ 2, som kan betecknas som ett "låt-gå alternativ" innebär att investeringarna följer den trend som rått under de senaste åren.

För våra räkneexempel gör vi följande antaganden vad gäller verkstadsindustrins investeringar under 1980-talet:

[1] När vi talar om verkstadsindustrin avses verkstadsindustri exklusive varv. När vi talar om maskininvesteringar avses investeringar i både maskiner och bilar.

Tabell 24.1 Årlig procentuell förändring av verkstadsindustrins (exkl varv) bruttoinvesteringar i maskiner och byggnader, 1965–1979 samt prognos 1979–1985

			Alternativ 1		Alternativ 2
1965–70	1970–74	1974–79	1979–85	1979–90	1978–85
5,7	5,4	–5,9	11,5	9,7	–3,0

Källa: LU 80.

- Räkneexempel för att bestämma en *övre gräns* för investeringar i datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning.

Verkstadsindustrins bruttoinvesteringar antas öka med 11,5 % per år under perioden 1979-1985, dvs vi antar samma tillväxt som i alternativet 1 i LU 80. För perioden 1985-1990 antar vi att investeringarna ökar med 7,3 % per år. Dessa båda antaganden innebär att investeringarna för hela perioden 1979-1990 kommer att öka med 9,7 %, vilket är den tillväxttakt LU 80 räknar med i sitt huvudalternativ.

- Räkneexempel för att bestämma en *undre gräns* för investeringar i datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning.

En investeringsutveckling enligt alternativ 2 i LU 80 skulle leda till helt oacceptabla konsekvenser för den industriella och ekonomiska utvecklingen i Sverige. Om denna utveckling skulle råda under hela 1980-talet skulle investeringarna år 1990 endast uppgå till ca 70 % av 1979 års nivå, eller 46 % av 1975 års investeringsnivå. Detta är en föga sannolik utveckling, såvida inte "ny depression" eller liknande inträffar. Vi har för detta räkneexempel därför antagit en mer realistisk "lägsta" investeringstillväxt. Vi antar att *investeringarna ökar med 3 % per år under 1980-talet,* d v s ca halva den årliga tillväxten under perioden 1965–1974[1]. Även med en sådan investeringsutveckling uppstår stora anpassningsproblem i ekonomin.

(b) Antaganden om verkstadsindustrins investeringar i maskiner

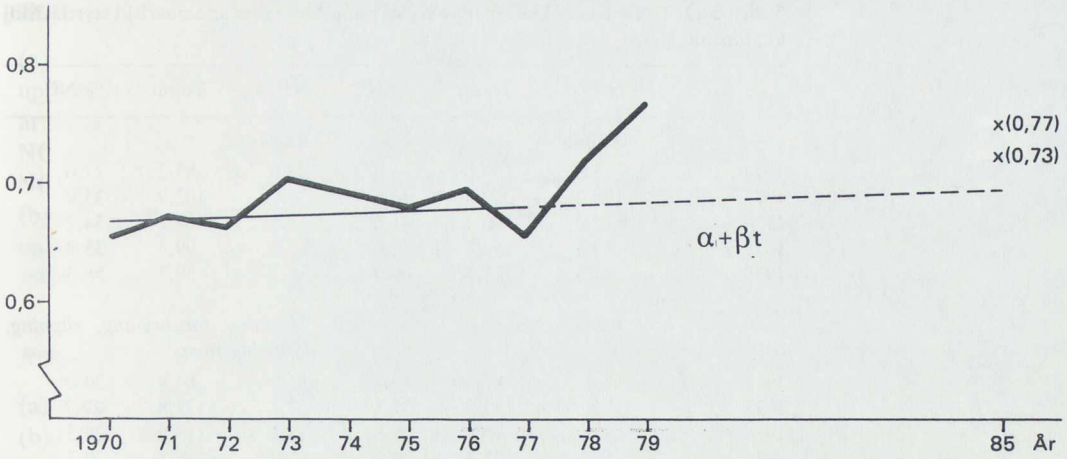
De antaganden om investeringsutvecklingen som gjordes i (a) avsåg de totala investeringarna. Då vi är intresserade av investeringsutvecklingen för datorstyrda maskiner måste vi ha någon uppfattning om hur de totala investeringarna fördelas mellan byggnader/anläggningar och maskiner/bilar.

Under perioden 1970-1979 uppgick maskininvesteringarnas (inkl bilar) andel av de totala investeringarna till i genomsnitt 70 %. Om vi exkluderar "de extrema" åren 1977-1979 var andelen 68 %.

Som framgår av figur 24.1 var maskininvesteringarnas andel av de totala investeringarna relativt stabil under perioden 1970-1977. Åren därefter har andelen ökat mycket kraftigt, från 65 % under 1977 till nästan 77 % under 1979. Förklaringen härtill är att under denna period var efterfrågan på verkstadsindustrins produkter låg varför det inte fanns behov av "expansionsinvesteringar" (byggnader). Investeringarna, som under denna period hade låg volym, inriktades i stället mot "rationalisering" (maskiner).

I figur 24.1 visas en linjär trend som beräknats för perioden 1970-1977. Trenden, som är svagt stigande, har dragits ut till 1985. Den extrapolerade andelen för 1985 är ca 70 %. Om vi skulle ha beräknat trender där även åren 1978 och 1979 inkluderats skulle det extrapolerade trendvärdet 1985 uppgå till 73 % respektive 77 %. Enligt vår mening finns det inga avgörande skäl som talar för att så höga maskininvesteringsandelar skulle vara bestående under hela 1980-talet. *Vi antar därför att maskininvesteringarna under 1980-talet kommer att svara för i genomsnitt 70 % av de totala investeringarna.*

[1] Denna investeringstillväxt är inte härledd utan har valts godtyckligt utifrån kvalitativa bedömningar av vad som kan anses vara "en rimligt låg investeringstillväxt".



Figur 24.1 Andelen investeringar i maskiner och bilar av totala investringar i verkstadsindustrin, 1970-1979.

Källa: DEK, SCB.

(c) Antaganden om verkstadsindustrins investeringar i verktygsmaskiner

Under perioden 1970-1978 svarade verktygsmaskinerna för i genomsnitt ca 30 % av de totala investeringarna i maskiner och bilar. Denna andel uppvisar emellertid stora årliga variationer. Under den aktuella perioden har variationsvidden varit 23 %–35 %. En slutsats man kan dra av detta är att investeringarna i verktygsmaskiner är betydligt konjunkturkänsligare än övriga maskininvesteringar.

Då det inte finns något som talar för några trendbrott vad gäller *verktygsmaskinernas andel av de totala maskininvesteringarna* gör vi antagandet att denna andel *i genomsnitt kommer att vara 30 % under 1980-talet.*

Om detta antagande inte skulle hålla är det mer sannolikt att den verkliga andelen kommer att vara under 30 % än över. Ser man nämligen till perioden 1970–1978 är trenden något avtagande. Då det primära syftet med våra räkneexempel är att bestämma en övre gräns för NC-investeringarna är det mindre allvarligt om vi skulle överskatta verktygsmaskinandelen.

(d) Antaganden om NC-maskinernas andel av investeringar i verktygsmaskiner

Varugruppen verktygsmaskiner innefattar ett flertal olika typer av maskiner. Vissa maskintyper är nästan uteslutande numeriskt styrda medan andra huvudsakligen är av konventionell typ. De verktygsmaskiner som i dag är numeriskt styrda är uppskattningsvis till 90 % metallskärande maskiner: svarvar, fräsar m fl. I tabell 24.2 redovisas hur NC-maskinernas andel av tillförseln har utvecklats för några olika maskintyper under de senaste åren.

De metallskärande maskinerna kommer även under 1980-talet att svara för den dominerande delen av NC-maskinerna. Andra maskintyper som i allt större utsträckning kommer att utrustas med numerisk styrning är metallformande maskiner, virningsmaskiner, monteringsmaskiner m fl.

Tabell 24.2 Tillförsel av olika typer av verktygsmaskiner som är numeriskt styrda. Milj kr, löpande priser

År	NC	Totalt	% NC	NC	Totalt	% NC
	Svarvar			*Fräsar*		
1974	53,9	156,6	34,4	23,0	83,2	27,6
1975	106,2	249,4	42,6	36,9	102,9	35,9
1976	73,3	176,4	41,6	47,6	137,1	34,7
1977	80,4	152,9	52,6	35,7	99,4	35,9
1978	84,9	121,5	69,9	52,3	89,7	58,3
	Borrmaskiner			*Maskiner för bryning, slipning, läppning m m*		
1974	17,0	87,5	19,4	17,0[a]	84,8	20,0[a]
1975	35,8	113,3	31,6	37,1	135,8	27,3
1976	19,6	76,1	25,8	35,1	118,9	29,5
1977	4,4	21,3	20,7	16,9	55,2	30,7
1978	8,4	26,8	31,3	9,8	68,8	14,2

[a] Uppskattat.
Källa: DEK, SCB.

I tabell 24.3 redovisas hur stor andel av den totala tillförseln av verktygsmaskiner som är numeriskt styrda.

Som framgår av tabell 24.3 har NC-maskinernas andel av den totala verktygsmaskintillförseln ökat från ca 12 % under 1974 till 26 % under 1978. Då numeriskt styrda metallformande maskiner, sammanfogningsmaskiner m m ej innefattats torde den verkliga NC-andelen under 1978 ha legat i storleksordningen 30 %.

För vart och ett av de två räkneexemplen, som skall visa utvecklingen fram till 1990, gör vi två olika antaganden beträffande NC-maskinernas andel av de totala verktygsmaskininvesteringarna. Vi får således totalt fyra olika räkneexempel som betecknas Ia, Ib, IIa och IIb. Nedan redovisas de antaganden som gjorts beträffande NC-maskinernas andel av de totala verktygsmaskininvesteringarna.

Tabell 24.3 Tillförsel av verktygsmaskiner totalt; svarvar, fräsar, borrmaskiner, maskiner för bryning, slipning m m totalt samt numeriskt styrda enheter. Milj kr, löpande priser

År	Verktygs-maskiner	Svarvar, fräsar, borrmaskiner, brynings- och slipmaskiner m m				
	Totalt (1)	Totalt (2)	(2) i % av (1) (3)	NC-maskiner (4)	(4) i % av (2) (5)	(4) i % av (1) (6)
1974	755	412,1	54,6	93,9	22,8	12,4
1975	995	601,4	60,4	216,0	35,9	21,7
1976	900	508,5	56,5	175,6	34,5	19,5
1977	631	328,8	52,1	137,4	41,8	21,8
1978	596	306,8	51,4	155,4	50,7	26,1

Källa: SCB, DEK.

Räkneexempel I (över gräns):

(a) NC-maskinernas andel av verktygsmaskininvesteringarna antas ha uppgått till 40 % under 1979 samt att NC-andelen därefter ökar med 1 % per år fram till 1990. Från våra enkätundersökningar vet vi att tillförseln av NC-maskiner var mycket hög under 1979. Grova beräkningar visar på en NC-andel om 35–40 %.
(b) NC-andelen antas ha uppgått till 35 % av verktygsmaskininvesteringarna under 1979 samt att NC-andelen därefter ökar med 1 % per år fram till 1990.

Räkneexempel II (undre gräns):

(a) Samma som (b) ovan.
(b) NC-andelen antas ha uppgått till 35 % av verktygsmaskininvesteringarna under 1979 samt att NC-andelen därefter ökar med 0,5 % per år.

I räkneexempel II har vi antagit i stort sett samma utveckling av NC-andelen som i räkneexempel I. Detta förklaras av att även om verkstadsindustrins produktion och investeringar skulle öka i långsam takt kommer företagen att fortsätta att öka sina investeringar i NC-maskiner för att öka produktiviteten (rationaliseringsinvesteringar).

(e) NC-teknikens utveckling och spridningsförlopp

I kapitel 23 redovisades bedömningar vad gäller den tekniska utvecklingen av NC-maskiner. Några större teknikgenombrott är ej att förvänta utan snarare successiva kvalitativa förbättringar.

Användningen av NC-maskiner har hittills dominerats av ett fåtal teknikledande företag. År 1970 svarade 15 företag för 70 % av NC-parken. I slutet av 1970-talet hade denna andel sjunkit till 40 % och i mitten av 1980-talet beräknas den uppgå till ca 35 %, se tabell 24.5. Mot bakgrund av dels ökade kunskaper i industrin om NC-tekniken, dels ett ökat utbud av enklare och billigare NC-maskiner antar vi att *även under senare delen av 1980-talet kommer de icke teknikledande företagen att fortsätta att öka sin andel av de totala NC-investeringarna.*

(f) Antaganden om stabiliteten i produktionsförhållandena

Prognoserna och räkneexemplen förutsätter att varuproduktionens sammansättning och de produktionsprocesser som krävs för produktionen ej förändras i någon större utsträckning. Exempelvis antas att den andel av produktionen som avser metallbearbetning i stort sett förblir oförändrad mellan 1980 och 1990.

Sammanfattning av de antaganden som ligger till grund för räkneexemplen avseende NC-investeringarna under 1980-talet

Beräkning av en övre gräns för NC-parken 1990

Räkneexempel Ia:

1 Verkstadsindustrins totala investeringar ökar med 11,5 % per år under perioden 1979–1985 och med 7,3 % under perioden 1985-1990.
2 Verkstadsindustrins investeringar i maskiner och bilar uppgår till genomsnitt 70 % av de totala investeringarna under perioden 1979-1990.
3 Verkstadsindustrins investeringar i verktygsmaskiner upp går till i genomsnitt 30 % av maskininvesteringarna under perioden 1979-1990.
4 NC-investeringarnas andel av de totala verktygsmaskininvesteringarna uppgår 1979 till 40 %. Därefter ökar andelen med 1 % per år.

Räkneexempel Ib:

1 – 3. Samma som räkneexempel Ia.
4 NC-investeringarnas andel av de totala verktygsmaskininvesteringarna uppgår 1979 till 35 %. Därefter ökar NC-andelen med 1 % per år.

Beräkning av en undre gräns för NC-parken 1990

Räkneexempel IIa:

1 Verkstadsindustrins totala investeringar ökar med 3 % per år under perioden 1979–1990.
2 – 3. Samma som räkneexempel I.
4 Samma som räkneexempel Ia.

Räkneexempel IIb:

1 – 3. Samma som räkneexempel IIa.
4 NC-investeringarnas andel av de totala verktygsmaskininvesteringarna uppgår 1979 till 35 %. Därefter ökar NC-andelen med 0,5 % per år.

Industrirobotar

Under perioden 1970–73 ökade antalet installerade (d v s stocken) industrirobotar med 35 % per år. Under perioderna 1973–1977 och 1977–1979 var den årliga tillväxten 38 % respektive 39 %. För perioden 1979–1984 beräknas, enligt våra enkätundersökningar, tillväxten bli 20 % per år (nettoökningen i stocken industrirobotar). Då man jämför tillväxttalen under 1970- och 1980-talen måste man dock komma ihåg att robotparken under det förstnämnda decenniet växte från en låg nivå.

Med utgångspunkt från dessa tillväxttal görs för perioden 1985–1990 antagandet att nettoökningen uppgår till 20 % per år vad gäller konventionella industrirobottillämpningar. Därtill kommer avancerade sensorutrustade robotar, som väntas komma till användning i större skala först under

senare delen av 1980-talet. De sensorutrustade robotarna väntas komma till användning främst inom bil-, datamaskin-, kontorsmaskin-, tele- och hushållsvaruindustrin. Beräkningar av antalet nya tillämpningar under perioden 1985–1990 bygger på diskussioner med företrädare från ovannämnda branscher, samt antaganden om när de olika sensorutrustade robotarna blir kommersiellt tillgängliga.

Datorstödda konstruktionssystem (CAD-system) och datorstyrda transportsystem

Prognoserna för dessa system bygger på kvalitativa bedömningar av prisutveckling, teknisk utveckling, spridningsförlopp samt internationella bedömningar.

Datorstyrda tillverkningssystem

Med detta begrepp menas en grupp maskiner och annan utrustning som styrs av ett överordnat system. I begreppet datorstyrda tillverkningssystem innefattas såväl *flexibla tillverkningssystem,* dvs system som snabbt kan ställas om för tillverkning av flera olika produkter och detaljer, som system för *produktion med begränsad bemanning (PBB-system).* Det senare är ett begrepp som lanserats av Mekanförbundet.

I våra enkätundersökningar har uppgifter inhämtats om antalet installerade PBB-system 1979 och prognos för 1984. Då det hos företagen föreligger stora skillnader i uppfattning om vad som avses med PBB är de redovisade uppgifterna mycket osäkra. Vad gäller utvecklingen fram till 1990 bygger uppgifterna, som skall tolkas med ännu större försiktighet, på kvalitativa bedömningar.

24.1.5 *Perioden fram till 1995*

Mot bakgrund av de begränsningar som angavs ovan torde det vara uppenbart att det inte är meningsfullt att göra varken kvantitativa prognoser eller räkneexempel för utvecklingen under 1990-talet med någon grad av tillförlitlighet. Vad som kan anges för första delen av 1990-talet är endast kvalitativa utvecklingstendenser grundade på vad vi vet i dag och vad vi tror om utvecklingen under 1980-talet. Vi kan ange utvecklingen i termer av "fortsatt snabb tillväxt", "avtagande tillväxt" etc. De redovisade utvecklingstendenserna är dock i viss mån konsistenstestade gentemot följande exempel på frågeställningar: Är utvecklingen rimlig med hänsyn till verkstadsindustrins produktions- och investeringsvolym, takten i den tekniska utvecklingen, hur snabbt ny teknik blir kommersiellt tillgänglig samt hur snabbt ny teknik sprids till olika kategorier företag och tillverkningsprocesser.

24.2 Prognos fram till 1985

24.2.1 *NC-maskiner*

Antalet installationer

I tabell 24.4 redovisas hur antalet installerade NC-maskiner utvecklats under perioden 1970-1979 samt en prognos av antalet installationer i slutet av 1984.

Tabell 24.4 Antalet installerade NC-maskiner 1970–1979 samt prognos för 1984

År	Antalet installerade NC-maskiner	Årlig genomsnittlig ökning av NC-stocken, %
1970	480	
1973	1 060	30
1976	2 100	26
1979	3 650	20
1984	6 010	11

Källa: Mekanförbundet, DEK.

I slutet av 1984 beräknas ca 6 000 NC-maskiner vara installerade, vilket innebär att NC-parken ökar med 11 % per år under perioden 1979–1984. Att tillväxttakten under denna period blir lägre än under 1970-talet skall ses mot bakgrund av att NC-parken då expanderade från en låg nivå. Under 1970-talet fick NC-tekniken sitt genombrott och under denna period realiserades sannolikt de mest lönsamma investeringarna. En annan förklaring, som diskuteras längre fram i detta avsnitt, är att produktionskapaciteten per NC-maskin kontinuerligt ökar, vilket innebär att allt färre maskiner krävs för en given produktionsvolym. Dessutom skall framhållas att tillväxttalen anger nettoökningen, dvs exklusive ersättningsinvesteringar. De senare ökar alltefter som NC-parken ökar.

Användningen av NC-teknik är i hög grad koncentrerad till ett fåtal stora företag. Av de NC-maskiner som var installerade 1979 fanns 41 % hos de 15 största NC-användande företagen, se tabell 24.5. Dessa företags andel av antalet NC- installationer har dock minskat kontinuerligt, år 1970 var andelen ca 70 %, och i slutet av 1984 beräknas den ha sjunkit till 34 %.

Tabell 24.5 Antalet installerade NC-maskiner 1970–1979 samt prognos för 1984. Fördelning på företagsgrupper

Företagsgrupp	1970	1973	1976	1979	1984
De 15 största NC-användande företagen	340 (71%)	670 (63%)	1 170 (56%)	1 490 (41%)	2 030 (34%)
Övriga företag	140 (29%)	390 (37%)	930 (44%)	2 160 (59%)	3 980 (66%)
Summa	480	1 060	2 100	3 650	6 010

Källa: DEK.

Tabell 24.6 Antalet installerade fleroperationsmaskiner (borr- och fräsmaskiner) 1979 samt prognos för 1984

Företagsgrupp	1979	1984	Årlig tillväxt, %
De 15 största NC-användande företagen	270 (51%)	410 (37%)	7
Övriga företag	260 (49%)	690 (63%)	18
Summa	530	1 100	13

Källa: DEK.

En beskrivning av NC-maskinernas antalsmässiga utveckling över tiden ger en grov bild av omfattningen av NC-teknikens användning. Det finns emellertid flera reservationer mot en sådan tolkning. *För det första* har NC-maskinerna under 1970-talet genomgått betydande kvalitativa förändringar (NC-maskinerna utrustas med verktygsväxlare, mät- och materialhanteringsutrustning, kraftfullare styrsystem m m) vilket inneburit att produktionskapaciteten per maskin ökat väsentligt. Denna utveckling väntas fortsätta under 1980-talet (se kapitel 23).

För det andra integreras NC-maskinerna i tillverkningssystem som arbetar under fler skift än tidigare vilket innebär att utnyttjandegraden ökar markant. *För det tredje* blir NC-maskinerna större och mer universala. Av de olika typerna av NC-maskiner har fleroperationsmaskinerna (borr- och fräsmaskiner) den snabbaste tillväxttakten, se tabell 24.6.

Dessa förhållanden är ytterligare en förklaring till varför tillväxttakten i NC-stocken väntas bli lägre under 1980-talet än under 1970-talet.

Kvalitativa förbättringar, högre utnyttjandegrad samt en ökad inriktning mot större maskiner medför att produktionsvolymen per maskin ökar i snabb takt. En NC-maskin modell 1980 har en produktionskapacitet som, enligt amerikanska bedömningar är minst tre gånger så stor som hos en maskin från 1970. NC-maskinernas antalsmässiga utveckling, relativt de konventionella maskinerna, ger därför en avsevärd underskattning av den produktionskapacitet som NC-maskinerna svarar för.

Fördelning på arbetsställestorlek

Som framgick av tabell 24.5 domineras NC-innehavet av ett fåtal stora företag. I tabell 24.7 visas hur NC-installationerna är fördelade på arbetställestorlek.

Arbetsställen med 200 anställda och däröver svarar för 9 % av antalet arbetsställen och för 67 % av sysselsättningen i verkstadsindustrin, se tabell 24.8. Under 1979 var 2/3 av NC-maskinerna installerade hos dessa arbetsställen. Vid denna tidpunkt förelåg det således en god överensstämmelse mellan sysselsättningsandel och NC-andel i denna arbetsställekategori. Arbetsställen med 10–49 anställda hade däremot en NC-andel som var väsentligt högre än sysselsättningsandelen, 22 % respektive 13 %.

Tabell 24.7 Antalet installerade NC-maskiner 1979 och 1984 fördelade på arbetsställestorlek

Arbetsställe-storlek Antal anställda	NC-maskiner				Antal NC-maskiner	
	Antal 1979	%	Antal 1984	%	Per arbets-ställe (1979)	Per 100 anställda (1979)
10– 49	880	22	1 350	23	0,33	1,47
50–199	525	14	1 090	18	0,65	0,65
200–	2 325	64	3 570	59	7,07	0,83
Summa	3 650	100	6 010	100		

Källa: DEK.
Anmärkning: Innehavet av fleroperationsmaskiner är i större utsträckning än övriga NC-maskiner koncentrerat till de större arbetsställena. Fleroperationsmaskinernas procentuella fördelning på de tre arbetsställeklasserna är:

	10–49	50–199	200–
1979	9%	15%	76%
1984	18%	21%	61%

Tabell 24.8 Antalet anställda och antalet arbetsställen fördelade efter arbetsställestorlek i verkstadsindustrin, 1977

Arbetsställestorlek Antal anställda	Arbetsställen		Anställda	
	Antal	%	Antal	%
(– 9)	(872)		(6 604)	
10– 49	2 426	68	54 488	13
50–199	812	23	81 289	20
200–	329	9	278 456	67
Summa	3 567	100	414 233	100

[a] Exklusive arbetsställen med nio anställda eller därunder. Dessa arbetsställen ingår ej i den följande redovisningen.
Källa: SCB.

I mitten av 1980-talet beräknas NC-andelen hos arbetsställen med 200 anställda och däröver ha sjunkit till 60 %. Den snabbaste tillväxten av NC-installationerna väntas ske hos arbetsställen med 50-199 anställda.

Fördelning efter branscher

Maskinindustrin är den delbransch som har flest NC-maskiner, både i absolut antal och i förhållande till förädlingsvärdet, se tabell 24.9. Detta förklaras av att maskinindustrin jämte metallvaruindustrin är den delbransch som relativt sett har störst andel skärande och formande bearbetning. En annan orsak till den höga NC-tätheten i maskinindustrin är att denna bransch huvudsakligen tillverkar investeringsvaror, se kapitel 12. Flertalet av komponenterna som ingår i dessa varor kräver såväl långa som komplicerade maskinbearbetning-

Tabell 24.9 Antalet installerade NC-maskiner 1979 och 1984, fördelade på branscher

	Antal		Procent		Antalet NC-maskiner (1979) per 100 milj kr förädlingsvärde (1977)
	1979	1984	1979	1984	
Metallvaruindustri	785	1 320	22	22	8,3
Maskinindustri	1 540	2 515	42	42	11,6
Elektroindustri	700	1 175	19	20	4,9
Transportmedelsind	465	770	13	13	3,2
Instrumentindustri	40	80	1	1	4,1
Övrig industri	120	150	3	2	
Summa	3 650	6 010	100	100	

Källa: DEK.
Anmärkning: År 1979 var antalet installerade fleroperationsmaskiner (borr- och fräsmaskiner) 530. Av dessa var 57 % installerade i maskinindustrin. Motsvarande antal och andel för 1984 beräknas bli 1 100 respektive 63 %.

ar, vilka är särskilt lämpade att utföras med NC-maskiner.

Inom elektro-, transportmedels- och instrumentindustrin spelar skärande bearbetning en relativt liten roll. I stället dominerar tillverkningsprocesser som sammanfogning (svetsning, lödning), virning (inom t ex elektroindustri), montering och kvalitetskontroll. Dessa arbetsprocesser kan också automatiseras men vanligtvis inte med NC-maskiner. I stället används utrustning som industrirobotar, transfermaskiner, monteringsautomater, specialbyggda maskiner m m.

Som framgår av tabell 24.9 är andelen NC-maskiner i de olika delbranscherna mycket stabil över tiden.

24.2.2 *Industrirobotar*

Antalet installationer

Industrirobotar började installeras i slutet av 1960-talet men det är först under senare delen av 1970-talet som de fått någon mer påtaglig betydelse i tillverkningsprocessen. De första industrirobotarna som installerades i industrin var dessutom enkla mekaniska hanteringsutrustningar med låg flexibilitet. Industrirobotar med elektroniska styrsystem började introduceras i större skala först i mitten av 1970-talet.

I slutet av 1979 uppgick antalet installerade industrirobotar till nästan 1 000 enheter, se tabell 24.10.

Det tog således industrin ca 10 år att uppnå en volym om 1 000 installerade industrirobotar. Det kan i det här sammanhanget vara intressant att referera till en prognos som gjordes 1972. Vid detta tillfälle bedömde teknisk expertis att 25 000 industrirobotar skulle vara installerade i Sverige 1980. Denna prognos är ett bra exempel på hur trögheten i spridningsförloppet för ny

Tabell 24.10 Antalet installerade industrirobotar 1970–1979 samt prognos för 1984

År	Antalet installerade industrirobotar	Årlig genomsnittlig ökning av robotstocken, %
1970	55	
1973	135	35
1977	490	38
1979	940	39
1984	2 300	20

Källa: Mekanförbundet, DEK.

teknik ofta underskattas. Denna tröghet beror på många faktorer: det tar lång tid innan tekniken bli kommersiellt tillgänglig, det tar lång tid innan befintlig kapitalutrustning ersätts, lönsamheten i den nya tekniken, kunskapsspridning m m.

DEK beräknar att ca 2 300 industrirobotar kommer att vara installerade i Sverige i slutet av 1984. Denna prognos bygger på undersökningar från såväl användningssidan som utbudssidan. I tabell 24.11 redovisas för perioden 1975–1985 inhemsk produktion och total tillförsel till Sverige av industrirobotar, baserade på uppgifter från leverantörer.

Totalt har t o m 1979 nästan 1 300 industrirobotar levererats till den svenska marknaden. I tabell 12.10 angavs antalet installerade industrirobotar till 940. Skillnaden mellan detta antal och den totala kumulerade tillförseln i tabell 24.11 utgörs av de robotar som successivt tagits ur drift fram t o m 1979. Möjligen föreligger också en underskattning av det antal som beräknats från användningssidan.

Det är rimligt att anta att i stort sett alla robotar som tillförts marknaden före 1976 har tagits ur drift före 1985. Den totala tillförseln för perioden 1976-1985 uppgår, enligt tabell 24.11, till 2 634. Detta antal överensstämmer mycket nära med efterfrågeprognosen i tabell 24.10, som angav antalet installationer till 2 300 i slutet av 1984.

Användningen av industrirobotar är i ännu större utsträckning än

Tabell 24.11 Inhemsk produktion och tillförsel till Sverige av industrirobotar. Antal och miljoner kronor, löpande priser

År	Inhemsk produktion				Total tillförsel till Sverige		
	Totalt		Leveranser till Sverige		Antal	Saluvärde Mkr	Kumulerad tillförsel. Antal
	Antal	Saluvärde Mkr	Antal	Saluvärde Mkr			
–1975	537	47	455	37	575	57	575
1976	148	29	86	15	101	19	676
1977	275	58	154	29	179	36	855
1978	314	73	123	23	160	34	1 015
1979	460	102	212	43	266	59	1 281
1980–1985	4 425	1 017	1 568	320	1 928	418	3 209

Källa: DEK.

Tabell 24.12 Antalet installerade industrirobotar 1970–1979 samt prognos för 1984. Fördelning på företagsgrupper

Företagsgrupp	1970	1973	1977	1979	1984
De 7 största robot-användande företagen	30 (55 %)	85 (63 %)	310 (63 %)	420 (45 %)	800 (35 %)
Övriga företag	25 (45 %)	50 (37 %)	180 (37 %)	520 (55 %)	1 500 (65 %)
Summa	55	135	490	940	2 300

Källa: DEK.

NC-maskiner koncentrerade till ett fåtal (stora) företag. De sju största robotanvändande företagen svarade under perioden 1970-1977 för ca 60 % av antalet installerade robotar. Under 1979 hade dock andelen sjunkit till 45 % och i slutet av 1984 beräknas den ha sjunkit till 35 %, se tabell 24.12.

Även om gruppen "övriga företag" ökar sin andel av robotinstallationerna kommer robottekniken även i fortsättningen att vara koncentrerad till stora företag. I gruppen "övriga företag" finns nämligen ett antal stora företag som kommer att öka sina robotinvesteringar i minst samma takt som de mindre och medelstora företagen.

Fördelning på arbetsställestorlek

I tabell 24.13 visas hur de installerade industrirobotarna är fördelade på arbetsställestorlek.

Arbetsställen med 200 anställda och däröver svarar för nästan 2/3 av alla robotinstallationer. Många av de ovan registrerade arbetsställena med mindre än 200 anställda tillhör stora företag. Det är därför rimligt att anta att storleksordningen 3/4 av alla robotar är installerade hos *företag* med mer än 200 anställda. Som framgår av tabellen kommer de stora företagen under första delen av 1980-talet att ytterligare förstärka sin dominans vad gäller användning av industrirobotar.

Tabell 24.13 Antalet installerade industrirobotar 1979 och 1984 fördelade på arbetsställestorlek

Arbetsställe-storlek Antal anställda	Industrirobotar				Antal industrirobotar	
	Antal 1979	%	Antal 1984	%	Per arbets-ställe (1979)	Per 100 anställda (1979)
10– 49	300	32	500	22	0,12	0,55
50–199	60	6	315	14	0,07	0,07
200–	580	62	1 485	64	1,76	0,21
Summa	940	100	2 300	100		

Källa: DEK.

Fördelning efter branscher

I tabell 24.14 visas hur industrirobotarna är fördelade på olika delbranscher.

Under 1979 var användningen av industrirobotar främst koncentrerad till metallvaruindustrin, ca 50 % av alla installerade robotar, och transportmedelsindustri, drygt 20 %. Koncentrationen till dessa branscher förklaras av att robotarna hittills främst kommit till användning vid maskinbetjäning respektive svetsning av produkter i stora serier vilka är karaktäristiska tillverkningsprocesser i dessa branscher.

Maskinindustrin och elektroindustrin tillverkar produkter både i små serier (t ex verktygsmaskiner respektive turbiner), medelstora serier (datorer och kontorsmaskiner) och stora serier (konsumentelektronik). I de två förstnämnda fallen har robotar ännu inte i någon större utsträckning kunnat överta de manuella operationerna. I det senare fallet har det hittills varit mer lönsamt med specialmaskiner, t ex monteringsautomater.

Under perioden 1979–1984 kommer antalet robotar att med öka en faktor 3,6 i maskinindustrin och med en faktor 3 i transportmedelsindustrin. Motsvarande ökningar i metallvaru- och elektroindustrin väntas bli 1,7 respektive 2,5. Inom maskinindustrin är det framför allt kontors- och datamaskinindustrin som kommer att öka sina robotinvesteringar. Transportmedelsindustrin, med Volvo och Saab i spetsen, kommer att expandera nuvarande robotsvetslinjer samt installera nya robotar för andra svetsoperationer, maskinbetjäning, målning m m.

Som framgick av tabell 24.9 var NC-maskinernas fördelning på branscher mycket stabil under perioden 1979–1984. Som framgår av tabell 24.14 är så inte fallet vad gäller industrirobotar, vilket kan förklaras av att robottekniken ännu inte är lika etablerad i industrin som NC-tekniken.

Tabell 24.14 Antalet installerade industrirobotar 1979 och 1984, fördelade på branscher

	Antal		Procent		Antalet industrirobotar (1979) per miljarder kronor förädlingsvärde (1977)
	1979	1984	1979	1984	
Metallvaruindustri	475	810	51	35	50,2
Maskinindustri	145	520	15	23	10,9
Elektroindustri	85	215	9	9	6,0
Transportmedelsind	205	605	22	26	14,1
Instrumentindustri	0	95	0	4	0
Övrig industri	30	55	3	3	
Summa	940	2 300	100	100	

Källa: DEK.

24.2.3 *CAD-system*

System för datorstödd konstruktion, CAD-system, började introduceras i Sverige i mitten av 1970-talet. Hittills är det huvudsakligen stora företag, företrädesvis elektronikföretag, som investerat i CAD. Detta förklaras av att systemen fortfarande är dyra i inköp samt att det hos användarna krävs egen kompetens för såväl handhavandet av systemen som utveckling av programvaror. För att en CAD-investering skall bli lönsam måste konstruktions- och ritningsarbetet vara av stor omfattning och helst måste systemet vara i drift i mer än ett skift.

Definition. I den följande redovisningen av investeringsutvecklingen för CAD innefattas ej bordsdatorer som används för t ex generering av verktygsvägar för verktygsmaskiner. Inte heller innefattas enskilda grafiska bildskärmsterminaler.

Med CAD avses här ett system som innefattar en minidator (alternativt en stordator), sekundärminne, en eller flera terminalarbetsplatser med grafiska bildskärmar, skrivare samt ritutrustning.

Antalet installerade CAD-system i Sverige uppgick 1979 till ca 60, se tabell 24.15. Den totala investeringskostnaden för dessa system kan uppskattas till ca 130 miljoner kronor. Därtill kommer kostnader för användarnas programvaruutveckling, utbildning m m.

Amerikanska datorföretag svarar för storleksordningen 80 % av CAD-marknaden. Hittills har dessa företag levererat ca 2 000–2 500 system. Det totala antalet CAD-system i världen torde därför uppgå till högst 3 000, varav Sveriges andel skulle vara 2 %.

Merparten av CAD-systemen återfinns i verkstadsindustrin. Resterande system finns vid högskolor, byggnadsföretag och stadsplaneringskontor. Ca hälften av CAD-systemen är installerade i elektronikindustrin. Alla större elektronikföretag använder i dag CAD i konstruktionsarbetet. Orsaken till att denna bransch är en så stor CAD-användare diskuterades i kapitel 5.

Det redovisade antalet installerade CAD-system ger inte en helt korrekt bild av CAD-användningen. Å ena sidan finns det företag som har flera system, exempelvis svarar ett företag för ca 1/3 av alla CAD-system. Å andra sidan finns det företag som använder CAD utan att ha tillgång till egna system. Detta sker genom servicebyråföretag som specialiserat sig på att sälja CAD-tjänster.

Tabell 24.15 Investeringar i CAD-system 1979 samt prognos för 1984

	1979		1984	
	Antal	Milj kr	Antal	Milj kr
De 22 största NC- och robotanvändande företagen	40	100	100	250
Övriga företag	20	30	100	175
Summa	60	130	200	425

Källa: DEK.

Fram t o m 1984 beräknar DEK att antalet CAD-system kommer att uppgå till ca 200. Den totala investeringskostnaden för dessa system kommer att överstiga 400 miljoner kronor. Då konstruktionsarbete inom elektronikindustrin redan i dag görs med CAD-system är det framför allt tillämpningar inom mekanik och anläggningsarbete som kommer att svara för huvuddelen av den ökade CAD-användningen.

24.2.4 *Datorstödda transportsystem, MPS-system och system för produktion med begränsad bemanning*

Datorstyrda transportsystem

Begreppet datorstyrda transportsystem omfattar en rad olika typer av system som skiljer sig åt vad gäller uppbyggnad, graden av datorstyrning, storlek och funktion. Det är därför inte meningsfullt att försöka precisera antalet installerade system. I kapitel 10 och 11 redovisades de största leverantörerna samt exempel på större installationer av transportsystem.

Investeringar i datorstyrda transportsystem är i stor utsträckning beroende av investeringar i annan maskinutrustning, t ex NC-maskiner och transfermaskiner. Då NC-maskiner och annan datorstyrd utrustning har betydligt större produktionskapacitet än konventionell utrustning blir materialtillförseln ofta den trånga sektorn. För att undvika underbeläggning på maskinerna kommer snabba och flexibla transportsystem att få en allt större betydelse i tillverkningsprocessen. Det är därför sannolikt att investeringar i datorstyrda transportsystem kommer att ske i samma takt som investeringar i NC-maskiner och industrirobotar.

Ett område där datorstyrda transportsystem kommer att spela en avgörande roll är inom system för produktion med begränsad bemanning (PBB-system). Om sådana system skall kunna köras obemannat under några timmar eller i ett extra skift måste det i systemet ingå ett materialhanteringssystem som kan transportera material till och från maskiner, mellan maskiner samt i vissa fall hela vägen från förråd till lager. Utvecklingen av flexibla transportsystem blir därför styrande för användningen av PBB.

Några särskilda prognoser för datorstyrda transportsystem kommer ej att redovisas, bl a mot bakgrund av ovan nämnda definitionsproblem. Däremot kommer sådana transportsystem som ingår i PBB-system att omfattas i bedömningarna av den senare typen av system.

Material och produktionsplaneringssystem

Nästan alla större företag använder sig av någon form av datorbaserade system för material- och produktionsplanering. I första hand är det förrådsoch lagerbokföringen samt vissa delar av tillverkningsplaneringen som är datoriserad. Däremot är arbetsorderstyrningen ännu inte datoriserad i någon större utsträckning. Vanligtvis är MPS-systemen inte heller kopplade till tillverkningssystemen.

Som en följd av att leverantörerna börjat marknadsföra standardiserade och modulärt uppbyggda MPS-system som baseras på minidatorer har tekniken under de senaste åren även börjat spridas till mindre och

medelstora företag, se kapitel 4. Potentialen för MPS är mycket stor och utgör en av de snabbast växande marknadssegmenten inom dataområdet.

System för produktion med begränsad bemanning (PBB)

En eller flera maskinsystem, utrustade med någon form av materialhanteringsutrustning, som kan producera utan eller med ringa bemanning, brukar benämnas system för produktion med begränsad bemanning (PBB). Definitionen av detta begrepp är emellertid mycket flytande och då man i industrin har olika uppfattningar om vad som är ett PBB-system är det mycket svårt att göra tillförlitliga mätningar av investeringar i PBB.

I den följande framställningen skall med PBB avses tillverkningssystem där

- utrustningen under viss tid kan producera automatiskt utan eller med ringa bemanning,
- det manuella arbetet kan utföras vid tider som är oberoende av korta arbetscykler,
- systemet är omställbart för att kunna producera flera olika detaljer med olika mått och dimensioner,
- totala investeringskostnaden överstiger 1 miljon kronor.

Med denna definition exkluderas automatiska system som är anpassade till enstaka detaljer, t ex stångkapningsmaskiner, stansning av plåt från bandmagasin m fl.

Givet denna definition av PBB har vi bl a via enkätundersökningar uppskattat att det i slutet av 1979 fanns ca 250 PBB-system (i denna siffra innefattas såväl stora som mindre maskinsystem). Då det finns stora oklarheter om vad som avses med PBB skall denna uppskattning endast ses som en angivelse av storleksordningen av antalet system.

I de flesta PBB-system ingår fleroperationsmaskiner. Som framgick av avsnitt 24.2.1 fanns det 1979 i verkstadsindustrin ca 530 fleroperationsmaskiner. Mot bakgrund härav verkar det rimligt att antalet PBB-system 1979 skulle ha uppgått till ca 250.

Fram till mitten av 1980-talet har vi uppskattat att antalet PBB-system i verkstadsindustrin kommer att uppgå till storleksordningen 500. Samtidigt som antalet system ökar sker också en förskjutning mot allt större och komplexa system.

24.3 Prognos fram till 1990

24.3.1 *NC-maskiner*

I tabell 24.16 redovisas resultaten av de räkneexempel som diskuterades i avsnitt 24.1.4. Man kan först konstatera att beräkningarna av NC-parkens storlek i slutet av 1984 stämmer väl överens med den prognos vi gjort utifrån enkätundersökningar.

Vad gäller NC-parkens storlek 1990 är denna i hög grad beroende av vilket antagande vi gör beträffande tillväxttakten för verkstadsindustrins totala investeringar. Om investeringarna ökar med 11,5 % per år under perioden

Tabell 24.16 Beräkningar av NC-parkens antalsmässiga utveckling fram till 1990. Inom parentes anges årlig procentuell ökning av NC-parken

År	Undre gräns Räkneexempel		Prognos enligt enkät	Övre gräns Räkneexempel	
	II b	II a		I b	I a
1970 480					
(30 %)					
1973 1 060					
(26 %)					
1976 2 100					
(20 %)					
1979 3 650					
	(8,1 %)	(9,7 %)	(10,5 %)	(11,2 %)	(12,6 %)
1984	5 400	5 800	6 000	6 200	6 600
	(6,5 %)	(7,8 %)		(11,9 %)	(12,5 %)
1990	7 900	9 100		12 200	13 400

Källa: DEK.

1979–1985 och med 7,3 % under perioden 1985–1990 kommer NC-parken 1990 att uppgå till 12 000–13 000 enheter. Om vi istället antager att investeringarna endast ökar med 3 % per år under 1980-talet kan NC-parken 1990 uppskattas till 8 000–9 000 enheter.

Som framgår av tabell 24.16 är NC-stockens årliga tillväxt kontinuerligt fallande. Detta har, som framhållits tidigare, följande förklaringar:

a) Under 1970-talet ökade NC-stocken från en låg nivå och samtidigt realiserades de mest lönsamma investeringarna.

b) NC-maskinerna får en snabbt ökande produktionskapacitet vilket innebär att det krävs färre maskiner för att producera en given mängd varor. Den ökade produktionskapaciteten är ett resultat av

- kvalitativa förbättringar i NC-tekniken,
- en inriktning mot större maskintyper, t ex fleroperations maskiner,
- att NC-maskinerna i allt större utsträckning används i mer än ett skift.

c) I slutet av 1980-talet kan NC-tekniken anses vara en konventionell teknik varför tillväxttakten allt mer närmar sig tillväxttakten för maskininvesteringar totalt.

24.3.2 *Industrirobotar*

Mellan 1979 och 1984 väntas antalet installerade industrirobotar öka från 940 till 2 300, se avsnitt 24.2.2. Detta innebär att robotstocken kommer att öka med i genomsnitt 20 % per år. Fram till och med 1984 väntas inte avancerade sensorutrustade robotar bli installerade i något större antal. Först under senare delen av 1980-talet väntas t ex industrirobotar med bildbehandlingssystem få någon större industriell betydelse.

För perioden 1985-1990 görs följande antaganden för ett räkneexempel som skall ange en övre gräns för robotstockens utveckling.

1) Antalet nettoinstallationer vad gäller traditionella tilllämpningar såsom

punktsvetsning, maskinbetjäning, sprutmålning m m ökar med 20 % per år. Detta är en hög tillväxttakt med hänsyn till att de mest lönsamma investeringarna torde vara realiserade redan under första delen av 1980-talet.

2) Antalet installationer för nya tillämpningar, främst montering, kvalitetskontroll och bågsvetsning, väntas uppgå till högst 2 000 enheter. Denna bedömning grundas på följande underlag:

- intervjuer och studier hos bl a monteringsintensiva företag,
- den tekniska utvecklingen av såväl industrirobotar som annan monteringsutrustning,
- nuvarande automatiseringsgrad vad gäller montering och kvalitetskontroll,
- antal anställda som är verksamma inom monteringsprocessen.

De mest monteringsintensiva branscherna är data- och kontorsmaskinindustri (SNI 3825), industri för hushållsapparater (SNI 38291 + 3833), teleproduktindustri (SNI 3832) samt bil- och motorindustri (SNI 3843). Dessa branscher hade 1978 ca 84 000 arbetare. Av dessa torde ca 25 000 vara sysselsatta med montering.

Inom elektronikindustrin, som är en av de mest monteringsintensiva branscherna, har man redan drivit automatiseringen mycket långt. De viktigaste hjälpmedlen för att automatisera monteringen har dock inte varit industrirobotar utan *komponentstandardisering* (för att få stora serier), *datorstyrda specialautomater, nya material och nya konstruktionsmetoder.*

De datorstyrda specialautomaterna är i jämförelse med de generella industrirobotarna billigare, betydligt snabbare och har bättre precision.

Det som ger de största produktivitetseffekterna i monteringsprocessen är emellertid nya material och nya konstruktionsmetoder. Industrirobotar och monteringsautomater rationaliserar monteringsprocessen inom ramen för en given monteringsvolym. Nya material och konstruktionsmetoder leder däremot till att monteringsvolymen reduceras (t ex i termer av antalet komponenter per produkt) och därmed monteringskostnaderna.

Mot bakgrund av vad vi sagt ovan bedömmer vi att år 1990 kommer högst 5 % av monteringspersonalen inom berörda branscher att ha ersatts av industrirobotar (effekterna av specialautomater, nya material och konstruktionsmetoder ej inkluderade). Totalt för de nya tillämpningarna inom montering, kvalitetskontroll, bågsvetsning m m bedömmer vi att högst 2 000 industrirobotar kommer att vara installerade i början av 1990-talet.

I tabell 24.17 visas beräkningar av robotstockens utveckling. Antalet installerade industrirobotar i slutet av år 1990 kommer enligt DEK's bedömningar att uppgå till högst 9 000, vilket motsvarar en årlig tillväxt av robotparken med 26 % under senare delen av 1980-talet. Sannolikt kommer det verkliga utfallet att ligga betydligt lägre, varför vi sätter den undre gränsen till 6 000 enheter. Nettoökningen i robotstocken blir då 17 % per år mellan 1984 och 1990, vilket trots allt är en icke föraktlig ökning.

Tabell 24.17 Antalet installerade industrirobotar. Ett räkneexempel för utvecklingen fram till 1990

År	Antalet installerade industrirobotar			Årlig genomsnittlig ökning av robotstocken, %
	Utvecklingen under 1970-talet	Prognos enligt enkät	"Prognos" enligt räkneexempel	
1970	55			
1973	135			35
1977	490			38
1979	940	940		39
1984		2 300		20
1990			6 000–9 000	17–26

Källa: DEK, Mekanförbundet.

24.3.3 *Investeringar i NC-maskiner och industrirobotar relativt totala maskininvesteringar*

I tabell 24.18 redovisas hur stor andel av de totala maskininvesteringarna som NC-maskiner och industrirobotar kommer att svara för, givet de antaganden som ligger till grund för räkneexemplen.

Givet antagandet om verkstadsindustrins investeringsutveckling samt övriga antaganden som ligger till grund för våra räkneexempel kommer NC-maskinerna att öka sin andel av de totala maskininvesteringarna från ca 6 % under perioden 1976–1979 till mellan 11 % och 14 % under perioden 1980-1984 och till mellan 14 % och 18 % under perioden 1985–1990. Industrirobotarna kommer under motsvarande perioder att öka sin andel från ca 1,3 % till ca 3 % respektive 6 %.

I de angivna investeringsandelarna ingår ej kringutrustning till NC-maskiner och industrirobotar; programmeringsutrustning, materialhanteringsutrustning, jiggar, fixturer, gripdon m m. Det är inte ovanligt att kostnaden för kringutrustning uppgår till över 50 % av maskinkostnaden. De totala investeringskostnaderna i NC-maskin- och industrirobotsystem är således avsevärt större än vad som anges av investeringsandelarna i tabell 24.18.

Tabell 24.18 Investeringar i NC-maskiner och industrirobotar, 1974–1990. Procentuell andel av totala maskininvesteringar

År	NC-maskiner	Industrirobotar
1974	4,0	
1975	7,7	
1976	5,6	0,6
1977	5,2	1,4
1978	6,0	1,3
1979	6,4	1,9
1976–1979	5,8	1,3
1980–1984	10,7–13,8	2,4–3,1
1985–1990	13,8–18,0	5,8–6,4

Källa: DEK.

24.3.4 *System för datorstödd konstruktion och för produktion med begränsad bemanning*

Vad gäller utvecklingen av CAD-system och PBB-system har det inte varit möjligt att på ett meningsfullt sätt göra varken prognoser eller räkneexempel. Den främsta orsaken härtill är att dessa tekniker fortfarande befinner sig i introduktionsstadiet. När en bredare spridning av CAD och PBB inträffar är bl a beroende av prisutveckling, potentiella användares kunskap om systemen samt av hur systemen utvecklas tekniskt vad gäller maskinvaror och programvaror.

Det finns emellertid vissa slutsatser man kan dra beträffande CAD och PBB. Vad gäller CAD väntas en större och mer generell spridning inträffa först under senare delen av 1980-talet. Under första delen av 1980-talet väntas användningen begränsas av att systemen är dyra i inköp, att datakompetens saknas hos många potentiella användare samt att brist på generella programvaror föreligger.

Potentialen för antalet installerade CAD-system 1990 torde ligga i storleksordningen 1 000 system. Användningen av CAD genom delad anläggning eller via servicebyrå kommer att öka varför antalet användare blir betydligt fler.

De PBB-system som i dag är installerade är i stor utsträckning skräddarsydda för en viss produktionsprocess inom ett visst företag. Att installera ett PBB-system kräver ett omfattande utvecklingsarbete av användarna själva. Innan PBB-systemen kan få någon vidare spridning i industrin, måste mer flexibla systempaket utvecklas. Den centrala punkten i utvecklingen av mer flexibla PBB-system är materialhanteringsdelen. För att kunna uppnå skalfördelar vid utveckling och produktion av PBB, vilket är en förutsättning för att systemen skall få en vidare spridning i industrin, måste materialhanteringssystemet vara så flexibelt att det kan hantera ett flertal olika detaljer, betjäna flera olika maskiner och transportera detaljer över olika avstånd. Det måste dessutom vara enkelt att ansluta materialhanteringssystemet till verktygsmaskinen(erna).

I början på 1990-talet kan antalet NC-maskiner uppgå till över 10 000 enheter. Rent teoretiskt skulle merparten av dessa kunna ingå i PBB-system. Av såväl tekniska som ekonomiska skäl är detta dock ej sannolikt. Enligt en amerikansk bedömning kommer 1987 ca 15 % av tillförseln av verktygsmaskiner att ingå i flexibla tillverkningssystem, se kapitel 22. Det är därför sannolikt att den övre gränsen för andelen NC-maskiner som 1990 ingår i PBB är högst 25 %. Då det ofta ingår mer än en maskin i ett PBB-system torde den övre gränsen för antalet PBB-system vara 1 500–2 000 i början av 1990-talet.

24.4 Sammanfattning samt utvecklingstendenser under 1990-talet

I de föregående avsnitten redovisades prognoser fram till och med 1984 för verkstadsindustrins investeringar i olika typer av datorstödda tillverknings- och konstruktionssystem. Då underlaget för dessa prognoser, speciellt vad gäller NC-maskiner och industrirobotar, är av relativt god kvalitet kan

skattningarna anses ha tillfredsställande precision.

För perioden fram till och med 1990 har vi inte ansett det vara realistiskt att redovisa några prognoser. I stället har vi utgått från olika räkneexempel och kvalitativa bedömningar, som haft som syfte att bestämma rimliga intervall för investeringar i olika typer av utrustningar och system. Resultaten för beräkningarna är sammanfattade i tabell 24.19.

En slutsats som DEK dragit och som återspeglas i tabell 24.19 är att revolutionerande teknikgenombrott eller någon plötslig robotisering i verkstadsindustrin inte är att vänta. Automatiseringstakten under 1980-talet kommer i bästa fall att ligga på samma nivå som hittills. Investeringar i datorstödd konstruktions- och tillverkningsutrustning sker successivt och för industrin i sin helhet i en jämn takt.

Den övre gränsen för antalet installerade industrirobotar skulle enligt DEK's beräkningar ligga kring 9 000 enheter 1990. Sannolikt kommer det verkliga utfallet att ligga kring 6 000 enheter. En ökning med 5 000 industrirobotar under 10 år är inte särskilt dramatiskt med hänsyn till att verkstadsindustrin består av ca 4 500 arbetsställen och sysselsätter 420 000 personer, varav 288 000 arbetare (uppgifterna avser 1977). Uttryckt i 1977 års sysselsättningsnivå skulle antalet industrirobotar 1990 motsvara ca 2 % av antalet arbetare.

Vad gäller NC-maskiner kommer antalet installerade enheter att uppgå till mellan 8 000 och 13 000 i början av 1990-talet. Då potentialen för metallskärande NC-maskiner snart är realiserad är det främst metallformande maskiner, sammanfogningsmaskiner, mätmaskiner m fl som svarar för NC-maskinernas tillväxt under senare delen av 1980-talet.

Den redovisade investeringsutvecklingen för CAD- och PBB-system

Tabell 24.19 Investeringar i NC-maskiner, industrirobotar, CAD-system och PBB-system. Bedömningar av utvecklingen under 1980-talet och första delen av 1990-talet

År	NC-maskiner	Industri-robotar	CAD-system	PBB-system
1970	480	55		
1973	1 060	135		
1976	2 100			
1977		490		
1979	3 650	940	60	250
Mitten av 1980-talet	6 000	2 300	200	500
Början av 1990-talet				
– övre gräns	13 000	9 000	1 000	1 500
– undre gräns	8 000	6 000		
Mitten av 1990-talet	Ungefär samma tillväxt som maskininvesteringarna totalt	Tillväxten avtar men är betydligt högre än tillväxten för maskininvesteringarna totalt	Fortsatt snabb tillväxt. Datorintegrerade konstruktions- och tillverkningssystem utgör en snabbt växande andel av maskininvesteringarna	

Källa: DEK.

bygger på mycket osäkra uppskattningar. Samtidigt är det dessa systemtyper som kommer att medföra de största produktivitetsvinsterna, speciellt om CAD-systemen integreras med tillverkningssystemen.

Under 1990-talet kommer sannolikt antalet datorstyrda maskiner endast öka i samma takt som maskininvesteringarna totalt, vilket är naturligt då flertalet maskiner då är datorstyrda. Den datorstyrda tillverkningstekniken blir konventionell teknik.

Maskinernas prestanda kommer att förbättras avsevärt samtidigt som de i allt större utsträckning integreras i såväl PBB-system som med överordnade tillverknings- och produktionsstyrsystem. Investeringar i PBB-system samt CAD- och MPS-system väntas därför fortsätta i en snabb takt även under 1990-talet. Produktionen inom verkstadsindustrin blir allt mer flödesorienterad och kommer att uppvisa stora likheter med processindustrin.

Bilaga 1. Förändrad tillverkningsorganisation och dess återverkningar på kapitalbindningen. En studie vid ASEA

av Sam Nilsson,
Industriens Utredningsinstitut

Förord

Föreliggande utredning ingår som en del i institutets undersökningar av teknisk förändring och produktivitet i industrin. Studien tillkom på initiativ av Ingenjörsvetenskapsakademiens Teknikhistoriska Råd. En preliminär version av studien användes som underlag i IUI:s bidrag till IVA:s projekt Kunskap och konkurrenskraft. Därefter har betydande kompletteringar och revisioner gjorts på uppdrag av den statliga data- och elektronikkommittén. Arbetet har utförts av civilekonom Sam Nilsson.

Till de många personer som på olika sätt bidragit till studien vill institutet rikta ett tack. Särskilt bör nämnas professor Erik Dahmén, studiens idégivare och initiativtagare, och tekn dr Curt Nicolin, ASEA, utan vars aktiva intresse och stöd studien aldrig kunnat komma till stånd. Till Apparatsektorn inom ASEA, och särskilt dess dåvarande chef, direktör Kjell Swärd, samt även Per-Erik Mohlin, Roland Jansson, Tage Bergfeldt, Roland Nurbo och Sten Jakobsson, vill institutet framföra ett varmt tack. Utan deras positiva attityd och uppmuntrande medverkan hade studien inte kunnat genomföras.

Institutet erkänner tacksamt finansiellt stöd i form av ett forskningsstipendium från Sven och Dagmar Saléns Stiftelse samt ett anslag från data- och elektronikkommittén.

Stockholm i december 1980

Gunnar Eliasson

Kapitel 1 Inledning

Studier av den svenska industrins utveckling visar att ekonomin har expanderat snabbt under efterkrigstiden.[1] Industriproduktionens tillväxt var hög i början av perioden och den råvarubaserade exportindustrin utvecklades särskilt snabbt. Liberaliseringen inom utrikeshandeln och en expansiv ekonomisk politik ledde senare till att industriproduktionen och produktiviteten ökade snabbare under 1960-talets första hälft än under något annat skede i modern tid.

Efter 1960-talets mitt har den ekonomiska tillväxten blivit betydligt långsammare och under senare år tidvis varit negativ. Särskilt utvecklingen

[1] Se t ex B Carlsson, E Dahmén, A Gruf-man, M Josefsson och J Örtengren, *Teknik och industristruktur - 70-talets ekonomiska kris i historisk belysning.* IUI, IVA, Stockholm 1979, s 54 ff.

"arbetsproduktiviteten" (produktionsvolymen per arbetad timme), dvs det mått som i kvotens nämnare endast har antalet arbetstimmar, används ofta i den allmänna debatten som ett tecken på industrins effektivitet och som en indikation bl a på utrymmet för löneökningar eller högre vinst.

Ofta försöker man mäta produktionsvolymen i förhållande till ett sammanvägt mått på insatsen av såväl arbetskraft som kapital, varvid den s k totalproduktiviteten erhålls. En ökning av denna betyder inte att det är just insatsen av arbete och kapital som givit det ifrågavarande bidraget till produktionen annat än i rent mätteknisk mening. Förädlingsvärdet i industrin är ett resultat av en mängd olika mänskliga aktiviteter, organiserade av vad som bäst sammanfattas under rubriken "företagarverksamhet". I många produktivitetsberäkningar sammanfattas dessa under den vilseledande rubriken "teknikfaktorn" eller den intetsägande rubriken "restposten" och avser sålunda den del av en produktionsvolymökning som inte förklaras av ökade insatser av arbetskraft och kapital. Dessa resursinsatser förklarar för övrigt endast till högst en fjärdedel produktionsutvecklingen i industrin under efterkrigstiden.

I företagarverksamheten ingår att organisera användningen av teknik i vid mening, dvs inte bara sådant som kan iakttas i maskiner, apparater, transportmedel och dylikt utan även sådant som har att göra med bl a inköp, produktion, materialhantering, distribution och marknadsföring. Till studiet av den svenska industriella utvecklingen hör således vad som hänt i tekniskt och organisatoriskt hänseende *inom* fabrikerna för att förvandla råvaror och material till färdiga produkter.

Inom begreppet "organisation" har det utvecklats flera teknikområden: operationsanalysen och dess varianter, systemanalys och spelteoretiska beräkningar har varit betydelsefulla för att organisera varuflödet, såväl i produktion som i råvaru- och produkttransporter. Flödesberäkningar ger information om erforderliga lagerutrymmen och behov av buffertar mellan olika led i produktionen och möjliggör sålunda harmonisering av maskinsystem och daglig styrning av förloppet. Datamaskinerna har därvid spelat en stor roll, dels genom styrning av flödet, dels genom simulering av alternativa utformningar av produktionssystem.

Det är svårt att få fram något mått på verkningarna av alla sådana förbättringar. Men det är ändå av intresse att presentera olika angreppssätt på tekniska systemproblem som använts i företag. De produktivitetsberäkningar för perioden 1950-76 som gjorts vid IUI visar att den s k teknikfaktorns bidrag till den ekonomiska tillväxten i industrin sålunda utgjort hela 76 %.[1] Bidraget har också ökat över tiden för att under de senaste åren ha svarat för nästan hela tillväxten; teknikfaktorn bidrog med 92 % till produktionsökningen 1970-75. Dess relativa betydelse har alltså ökat, dvs arbetskraft och kapital har svarat för en allt mindre del av produktionsvolymökningen.

Sett över hela efterkrigstiden och till olika branscher har verkstadsindustrin haft den största teknikfaktorn och även ett av de högsta tillväxttalen för produktionsvolymen. En viktig förklaring till teknikfaktorn är den strukturomvandling som sker mellan olika industribranscher. Studien vid IUI har visat att ungefär en tredjedel av teknikfaktorn skulle kunna förklaras av förändringar i branchstrukturen.

[1] B Carlsson m fl, a a, s 33 ff och 109-114.

I en analys gjord på en lägre aggregationsnivå, ett internationellt storföretags svenska del, visade sig en omorganisation på företagsnivå innebärande övergång till linjeteknik (produktorienterad tillverkning) ha svarat för ungefär hälften av produktivitetsökningen i företaget.[1] Den andra hälften är hänförlig till vad som vanligen benämns vardagsrationaliseringar, vilka mer påverkas av lokala förhållanden, som t ex den faktiskt tillämpade tekniken, arbetarnas och ingenjörernas kvalifikationer, arbetplatsens utformning etc. Vardagsrationaliseringarna är en mer företagsspecifik typ av teknisk utveckling och är därför mindre överförbar mellan företag än den mer investeringsbundna tekniska utvecklingen.

Den nämnda studien exemplifierar vilka produktivitetshöjande åtgärder som vidtagits i fem olika avdelningar inom en division i ett företag. Det konstateras att spridningen i produktiviteten är stor mellan avdelningarna; den högsta arbetsproduktiviteten är dubbelt så hög som den lägsta. Detta kan bero på att olika produktionsanläggningar kan tillhöra olika tekniska "årgångar"; det rör sig i så fall om en skillnad i genomsnittlig teknisk ålder på 10-15 år mellan avdelningarna.

Vidare framgår av studien att, där konkreta arbetskraftsbesparingar kunnat studeras, de produktivitetshöjande åtgärderna fördelar sig med hälften på investeringsbundna förändringar (t ex införande av nya maskiner) och hälften på organisation (t ex förändrad ackordsättning) och att det föreligger ett ömsesidigt beroendeförhållande mellan dessa två typer av produktivitetsutveckling.

Ny teknik kan t ex rubba ett produktionstekniskt jämviktstillstånd och skapa en potential för framtida rationaliseringar genom omorganisation.

En annan aspekt på förändringar i tekniskt och organisatoriskt hänseende inom industrin är den minskning av genomloppstiden som kunnat registreras i många produktionsprocesser. Eftersom detta inneburit dels att realkapitalet blivit bättre utnyttjat, dels att behovet av rörelsekapital minskat, kan man använda beteckningen "kapitalbesparing" för att sammanfatta vad det varit fråga om.

Aspekter på kapitalets roll i industrin

I dagligt tal menas med rationalisering en ökning av produktionen per arbetstimme. Men det är uppenbart att det ofta är lika värdefullt att sänka kapitalmängden i förhållande till produktionen. Härigenom sjunker inte bara kostnaderna utan dessutom stiger räntabiliteten genom att vinsten divideras med en mindre kapitalmängd. Inom verkstadsindustrin är det på många håll möjligt att väsentligt öka omsättningshastigheten hos det fysiska kapitalet, dvs byggnader, maskiner och varor. Inverkan på kostnader och räntabilitet skulle bli starkt gynnsam. Man sparar inte bara de direkta kapitalkostnaderna i form av räntor, avskrivningar etc utan därjämte reduceras personal och andra kostnader vid intensivare kapitalutnyttjande. I själva verket visar det sig ofta, att personalbehovet till en viss del bestäms av kapitalmängden. När t ex den nya stationsbyggnaden anlades på Arlanda fick såväl Luftfartsverket som flygbolagen inte oväsentligt öka sin personal för en oförändrad trafikvolym, dvs den större kapitalmängden förorsakade även större personalkostnader. När Landvetter, Göteborgs nya flygplats,

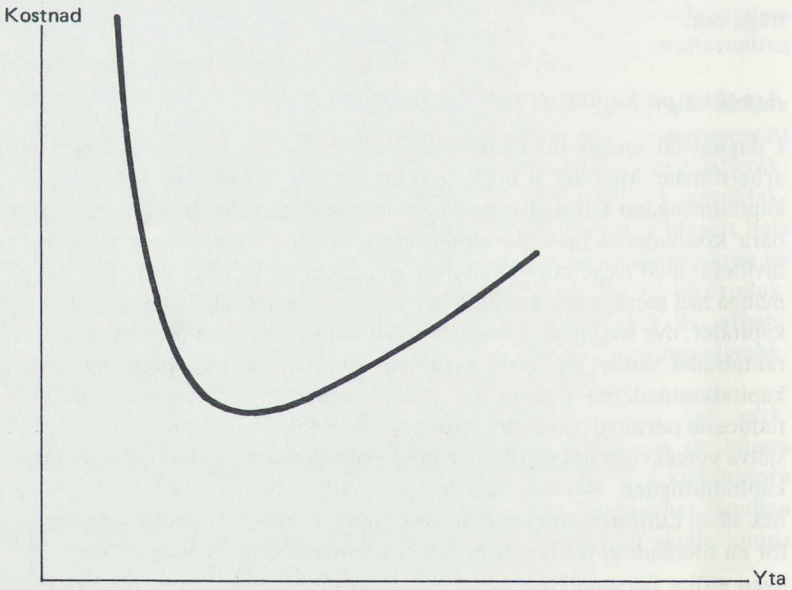
[1] B Carlsson m fl, a a, s 122.

togs i drift måste personalen, som på gamla flygplatsen Torslanda var 155 personer, ökas till 275 för att hantera i princip samma trafikvolym.

Figur 1 visar mera principiellt sambandet mellan totala produktionskostnader från en viss produktion som funktion av den yta som används för denna produktion. Minskad yta innebär lägre lokalkostnader, lägre transportkostnader och lägre kommunikationskostnader intill dess ytan blir så liten att trängsel uppstår.

Det normala vid varje investering är att man söker finna en sådan avvägning mellan kapitalkostnader och arbetskostnader att lägsta totalkostnad uppstår. Om utnyttjandetiden för utrustningen kan ökas, förskjuts jämvikten i riktning mot mer kapitalresurser och mindre arbete. Det kan också uttryckas så att ju intensivare en utrustning kan utnyttjas, desto mer avancerad och effektiv skall den vara. En stor del av rationaliseringsmöjligheterna är knutna till ett bättre utnyttjande av kapitalföremålen, t ex genom att införa förbättrad utrustning. Utvecklingen av programstyrda maskiner gör att man snabbare än annars kan uppnå kontinuerlig produktion. Förutsättningar skapas för att införa mer effektiva produktionsutrustningar, eftersom de kommer att även omfatta medellånga serier, tunga objekt samt montageupppgifter vid sidan om de mer traditionella områdena med långa serier och detaljtillverkning.

En vanlig föreställning är att robotar motiveras av miljöskäl eller av behovet av att spara arbetskraft. Funnes inga andra skäl, vore tillfällena för robotinstallationer troligen färre i industrin. Det främsta motivet synes i stället vara dels att robotar kan öka utnyttjandet av befintligt produktionskapital, dels att högre produktion per timme kan nås med minskad genomsnittlig kapitalåtgång per producerad enhet som följd. En robot kan hålla hög arbetstakt, den behöver inga pauser och lunchraster och är ej heller



Figur 1. Samband mellan totala produktionskostnader för en verksamhet och byggnadsstorlek (yta)
Källa: C Nicolin, "Kapitalanvändningen i industrin"; i J Herin-L Werin, *Ekonomisk debatt och ekonomisk politik i Nationalekonomiska föreningen 100 år, Norstedts, Stockholm 1977.*

frånvarande särskilt ofta. Mindre arbetsytor erfordras, vilket leder till snabbare varuflöden, minskade interna transporter och därmed minskat behov av investeringar i byggnader. Härigenom kan genomloppstiden avsevärt sänkas samt buffertlagren minskas. En förutsättning är att roboten skall kosta mindre än vad som motsvaras av det frigjorda kapitalet. Roboten kan därför sägas representera en desinvestering (frigörande av kapital), inte en investering (bindande av kapital). Personalbesparingar behöver i det fallet endast utgöra en ytterligare positiv effekt. Roboten förenar i idealfallet personalens anspråk på bättre arbetstider och arbetsförhållanden med kapitalutnyttjandets krav på längre drifttid.

Transformatorfallet – en illustration av problemet

I början av 60-talet fanns inom ASEA på den dåvarande elektroniksektorn ett antal produktions-, produktflödes- och kostnadsproblem.[1] Inom en enhet tillverkades en relativt enkel produkt, små enfas distributionstransformatorer med begränsad orderstorlek. Årsproduktionen var ca 30 000 enheter fördelade på totalt 28 varianter (varav 4–5 grundvarianter). Relativt stora förråd och lager samt en mängd material i arbete observerades i verkstäderna, vilket sammantaget band stora mängder kapital. Genomloppstiden för produkterna var ca 15 veckor. Från företagets sida menade man att detta förhållande skulle gå att förändra. Vid en mer produktorienterad tillverkningsprocess – till skillnad från den funktionella – skulle det gå att reducera genomloppstiden och därmed det bundna kapitalet. Målet i utgångsskedet var att reducera genomloppstiden till en vecka.

Vintern 1962–63 knöts kontakter med ett konsultföretag. Två personer därifrån kom sedermera över till Västerås för att studera problemen och initiera ett pilotprojekt.

Man ville bland annat

- drastiskt nedbringa genomloppstiden för produkterna och minska varuförlagen (förråd, lager samt varor i arbete)
- förenkla administrationen
- utveckla styrprinciper i produktionen för och prioriteringar med hänsyn till maskinkapaciteten
- begränsa kötiden mellan operationerna (den skulle ej få överstiga 2 timmar; i så fall skulle reservkapacitet avdelas och insättas).

Projektet berörde totalt ett tjugotal personer. Själva produktionsprocessen bestod i korthet av utplockning, lindning av spole på en kärna, montering, koppling, provning, impregnering samt avsyning och test, sammantaget omkring 6–7 avgränsade operationer. Tidigare utfördes dessa i en funktionell princip; de första operationerna skedde på en våning i fabriken (lindningsavdelningen), de mellanliggande på en annan (hopsättning) samt slutligen avsyn och test på ytterligare en tredje avdelning. I lindningsavdelningen lindades givetvis en mängd andra produkter än just spolarna till ovannämnda transformator, vilket ledde till prioriteringsproblem.

Man bestämde sig för att lyfta ut vissa delar ur den funktionella processen för att samla alla tillverkningsmoment på en plats i en flödeslinje för enbart transformatorer. Operationerna skulle följa på varandra i en logisk följd utan

[1] Detta avsnitt bygger i allt väsentligt på information som lämnats av Kurt Karlsson, ASEA, dåvarande medlem av transformatorprojektet.

stora mellanlager och förflyttningar av material mellan olika delar av fabriken.

Tidigare var genomloppstiden 16 veckor/100 %, dvs samtliga varianter löpte igenom verkstaden på denna tid, i vissa fall kunde dock tiden röra sig om 8–10 veckor. Inom projektstudien fann man "skrämmande brister" på många håll i tillverkningen. Det fanns t ex en hel flora av produktvarianter. Konstruktionsavdelningen visade en påtaglig glädje i att hela tiden rita nytt. Ingen hade tidigare pekat på behovet av standardisering/modulisering av de i produkten ingående byggbitarna. Den nya tesen – MOPS[1] – var att utifrån starkt standardiserade delar kunna bygga ett flertal utseendemässigt olika slutprodukter, dvs man införde ett slags mekanofilosofi. Detta ger kunden ett intryck av att få en för honom skräddarsydd produkt. Vad denne eftersträvar är ju i sista hand en lösning på ett problem, inte en raffinerad (och dyr) specialprodukt.

De idéer som inplanterats från ledningens och konsultgruppens sida samt den press som hela tiden lades på produktionsfolket ledde till en radikal minskning av genomloppstiden. Efter en tid nåddes tiden 1 vecka/90 %. Såväl ekonomin som produktkvalitén förbättrades. Ytterligare en positiv effekt var att man nu på ett bättre och mera rättvisande sätt kunde fördela kostnaderna på varje produkt, dvs produkten kunde belastas endast med de verkliga kostnaderna. Positivt var också en ökad direkt kommunikation. Människor kunde nu tala med varandra om skilda produktionsproblem vid tillverkningen av transformatorerna utan att hindras av fysiska avstånd. Man arbetade i en sammanhållen grupp inom samma avdelning med en specifik produkt.

Begränsningen av antalet varianter hade ett flertal gynnsamma effekter för transformatorsidan. Partistorleken kunde ökas, gemensamma verktyg användas och administrationen förenklas. Liksom tillverkningsmomenten tidigare var fysiskt åtskilda gällde detsamma för administrationen; avdelningar för konstruktion, planering, arbetsledning och arbetsstudier fanns ofta i helt skilda byggnader. Papper skickades mellan husen och det var svårt att överblicka informationsflödet. Idéerna om fysisk enhet och närhet gällde nu också administrationen. Man ville knyta ihop flödet i en "papperslinje" och skapa en produktorienterad administrativ grupp. Genom förkortade informationsvägar var syftet att bl a samordna orderberedning med orderstart och leveranstidpunkt. Verkstad/kontor skulle integreras på verkstadsgolvet, endast avgränsade med skärmväggar. Till och med försäljningssidan föreslogs ingå i denna grupp. Vid den tiden fick man ej personalens gehör för dessa långtgående planer; dock samlades den administrativa sidan ihop enligt produktlinjeprincipen. Man standardiserade också tillverkningsunderlagen genom ett system som innebar att man efter hand adderade nya underlag från konstruktion, planering, beredning etc på samma utgångsdokument, dvs man kopierade från originalet en arbetskopia på vilken man noterade orderbundna uppgifter för att till slut kopiera erforderligt antal kopior för verkstaden i flera generationer.

Slutresultatet blev att man i den nya organisationen nådde en genomloppstid av 3 dagar/50 % och 5 dagar/90 %. Detta följdes också av en mycket hård kassationsuppföljning där man direkt försökte spåra orsaken till uppkomna fel och leda dessa tillbaka till respektive produktionsavsnitt. Det

[1] MOPS står för MarknadsOrienterad Produkt-Standardisering.

faktum att projektet initierades och genomfördes snabbt bedöms ha bidragit starkt till det positiva slutresultatet.

Detta projekt kan ses som en föregångare till produktverkstadsfilosofin och var otvetydigt en spjutspets i utvecklingen. Numera produktorienteras produktionen i största möjliga utsträckning inom ramen för dess lönsamhet i hela ASEA:s tillverkningsprogram. Metoden har också fått efterföljare utanför företaget.[1]

Problem och syfte

I slutet av 1960-talet accentuerades vissa produktionsproblem inom den verkstadsmekaniska tillverkningen på ASEA. Vid de allt högre produktionsvolymer som uppnåddes visade det sig att köer och väntetider växte. Det var svårt att få grepp om det totala verkstadsflödet av material och produkter. Anskaffningstiderna i produktionen var långa och råvaru- och halvfabrikatförråden ökade, liksom volymen material ute på verkstadsgolvet. Flaskhalsar uppstod och stora mängder varukapital bands i produktionen.

Syftet med föreliggande arbete är att genom en fallstudie ge exempel på vad som ligger bakom produktivitetsutvecklingen i ett företag. Studien avser att beskriva och analysera organisations- och teknikförändringar i produktionssystemet och kan sägas innehålla en delanalys av teknikfaktorn. Vi har valt att studera en produktionsenhet vid ASEA:s apparatsektor – en avgränsad del inom tillverkningen av kontaktorer. Utgångspunkten är den situation som rådde före en genomgripande omorganisation 1974. Denna situation jämförs med nuläget. En fråga är om någon effekt kan iakttas vad gäller kapitalets omsättningshastighet i produktionen. Studien koncentreras till produktionen och produktionstekniska problem och behandlar inte andra sidor av företagarverksamheten.

Fältarbetet till föreliggande studie har gjorts på ASEA i Västerås under våren 1978 samt kompletterats i början av 1980. En tillverkningsenhet har studerats inom apparatsektorn. Ungefär lika delar av materialet har hämtats från muntliga intervjuer och skriftlig dokumentation, till övervägande del prognoser och kalkyler från olika projekt. De intervjuade har i de flesta fall varit befattningshavare inom produktionsavdelningen på sektorn. Från produktionssidan har man en god överblick över och insikt i alla de problem som uppstår vid förändringar i organisationen. Även befattningshavare från ekonomibyrån och kvalitetsavdelningen har intervjuats. Rundvandringar i verkstäderna har gett en värdefull inblick i verkliga förhållanden samt tillfällen till kontakter med de anställda.

Kapitel 2 Funktionell eller integrerad verkstad?

Den traditionella layout-typen för verkstadsproduktion är den funktionella. Verkstaden indelas i områden, där ett visst slag av maskiner sammanförs. Stansar, pressar, svarvar, borrmaskiner, slipmaskiner etc står var för sig inom mer eller mindre synliga gränser. Man vill på detta sätt utnyttja de stordriftsfördelar som kan uppnås. Genom att sammanföra likartad utrustning till en plats kan man skapa ett högt maskinutnyttjande och stor

[1] Se vidare ett antal skrifter under rubriken *Nya fabriker - gruppering av produktionsutrustningar.* SAF, Stockholm 1979.

flexibilitet. Därmed menas att en viss operation kan utföras i flera alternativa maskiner. Detta skapar stabilitet i produktionen, eftersom produktionen kan läggas över i närstående utrustning i händelse av störningar utan att större förseningar behöver uppstå. Man får ett koncentrerat kunnande genom att det ofta finns en chef för varje maskingrupp och genom att de som arbetar där blir specialister. Tillverkningsteknisk expertis utvecklas. Administrationen tenderar dock att bli krånglig, bl a beroende på det komplexa materialflödet. Produktflödet går mellan underavdelningarna och nödvändiga buffertar och mellanlager läggs upp mellan maskingrupperna. Produktens väg blir lång och passerar avdelningsgränserna flera gånger. Dessutom korsar olika insatsvaror varandra, varvid köer och prioriteringsproblem uppstår. Det blir svårt att kontinuerligt ha ett grepp om tillverkningen.

Genomloppstiden är en funktion av summan av bearbetningstiderna, transporttiderna inom verkstaden samt väntetiderna vid maskingrupperna. Prioriteringsfrågorna blir besvärliga. Man ger gärna långa serier av detaljer med högt volymvärde företräde. På så sätt kan genomloppstiden för små och enkla detaljer bli betydande och den produkt i vilken den synbart oviktiga detaljen ingår blir fördröjd i motsvarande grad.

Resultatet kan bli långa väntetider och köer vid maskinerna. Mellanlagren blir stora och därmed också det bundna kapitalet.

Inom verkstadsindustrin representerar ofta varorna en stor del av det totala arbetande kapitalet, medan maskiner och anläggningar svarar för en mindre del. Stora förråd och lager av varor och halvfabrikat påverkar också lokalbehovet. Det faller sig alltså naturligt att angripa varuförråd och -lager om man avser att minska kapitalbindningen. Den funktionella verkstadens höga maskinbeläggning får man betala med en låg tillgänglighet på varor i arbete samt en lång genomloppstid för produkterna.

Ett sätt att nedbringa förråds- och lagerkostnaderna genom en mer flödesinriktad tillverkning med kort genomloppstid finner vi i den integrerade verkstaden. Denna innebär en strävan till automatisering, vilken skall minska de direkta arbetskostnaderna i produktionen. En annan benämning för denna produktionsfilosofi är *produktverkstad.*

Namnet kommer därav att man organiserat produktionen efter produkten. Inom en och samma avgränsade enhet tillverkas, monteras och provas samtliga (med några få undantag) ingående detaljer till en standardprodukt. Inga detaljer för "utomstående" produkter tillverkas eller bearbetas. Varje enskild produktionslinje är avpassad för respektive produkt, vilket vid lågt kapacitetsutnyttjande innebär låg utnyttjandegrad av hela maskinparken. Detta är priset man får betala för kort genomloppstid och hög beredskap. I produktverkstaden är den kontinuerliga detaljplaneringen och tillverkningsuppföljningen överflödig och ersätts av verkstadens/arbetsledarens övervakning. Tillverkningen planeras i grunden en gång för alla vid själva verkstadens projektering. Huvudtanken är att det direkta beroendet av andra enheter inom företaget skall elimineras.

En övergång till denna princip kan många gånger innebära att man får tänka om helt vad gäller tekniska och styrningsmässiga faktorer. Varje verkstad är ju speciellt inrättad för tillverkning av en generation av en produktfamilj. Tillverkningen sker direkt mot monteringsavdelningens behov, där prognoser ligger till grund för tillverkningsvolymen. Exempel på

detta inom ASEA är tillverkningen av kontaktorer. Det handlar om en lagerproduktion, byggd på månatliga försäljningsprognoser.

En projektgrupp inom ASEA:s tillverkning av kontaktorer inom apparatsektorn angav följande fördelar som en produktverkstad kan väntas ge i jämförelse med en funktionellt organiserad verkstad:

- Förenklad arbetsledning genom en mera direkt styrning av processen.
- En enda chef med totalansvar.
- Effekterna av driftstopp och frånvaro kan lättare observeras och åtgärdas, vilket ger lägre kassationskostnad.
- Enklare administration och mindre planeringspersonal. Efterkalkylarbete kan enklare systematiseras. Kostnader av olika slag hänförs lättare direkt till produkten.
- Kortare genomloppstid och dessutom genom direktstyrt flöde mindre variationer i densamma.
- Kortare och rationellare transporter inom verkstaden, speciellt om maskinerna står i följd enligt materialflödesprincipen.
- Högre mekaniseringsgrad kan erhållas, åtminstone i de fall där produktionsvolymen är tillräcklig.
- Mindre utrymmen erfordras för varor under arbete.
- Bättre arbetstillfredsställelse kan erhållas genom att varje arbetare kan se sin insats i ett större sammanhang.

I produktverkstaden strävar man efter att ha en enda arbetsledare. Han skall överblicka hela tillverkningen och på ett optimalt sätt kunna styra de olika produktionsavsnitten. I och med att ansvaret för hela tillverkningen av en produkt ligger hos en person kan suboptimeringar undvikas, som t ex motverkande prioriteringar på skilda avdelningar. Höga krav ställs alltså på arbetsledaren. Produktkännedomen hos personalen kan förväntas öka då en och samma person nu övervakar flera moment och följer produkten längre tid i förädlingsprocessen.

Bland produktverkstadens nackdelar kan nämnas:

- Lägre maskinutnyttjande då maskinerna enbart används för specifika produkter.
- Om en maskin stannar finns risk att hela linjen stoppas eftersom buffertförråden är små.
- Lägre produktflexibilitet då verkstaden är specialanpassad till en viss produkttyp. Förändringar är dyrbara då nya produkter kräver "nya" verkstäder.
- Minskad specialistkunskap (tillverkningsteknisk) som följd av att flera slag av maskiner och tillverkningsavsnitt skall övervakas av samma person.

Kraven på säkra prognoser om produktens livslängd och volym blir stora i produktverkstaden, eftersom hela verksamheten byggs kring en enda produktgrupp. Det har på vissa håll sagts att produktverkstaden kräver *större* yta än den funktionella, men i varje fall kan material och halvfabrikat avlägsnas från åtskilliga ställen i verkstadslokalen. Man får en "renare" verkstad.

Kapitel 3 ASEA-gruppen

ASEA-gruppen består av 94 rörelsedrivande företag, varav 38 utanför Sverige. Antalet anställda är 43 400 (slutet av 1979). Fakturerad försäljning 1979 var 11 800 Mkr. Verksamheten täcker hela elkraftområdet: utrustningar för vattenkraft, fossileldade värmekraftverk och kärnkraftverk, för kraftöverföring med växelström och likström vid alla förekommande spänningar för kraftdistribution och för övervakning och styrning av stationer, ställverk och hela kraftsystem. Vidare tillverkas elektrisk utrustning för industrier, transportmedel - lok, motorvagnar, fartygsutrustningar - kranar, truckar, industriugnar, högtryckspressar samt motorer, apparater m m ingående som komponenter i andra tillverkares produkter.

Av ett ledande företag inom starkströmsindustrin krävs att det skall kunna leverera inte bara enskilda maskiner, apparater och andra komponenter utan också kompletta utrustningar och system till kraftförvaltningar, industrier och trafikföretag. För att möta dagens krav måste företaget ha ett brett sortiment av tekniskt avancerade produkter som ständigt förbättras genom ett intensivt utvecklingsarbete. Starkströmsföretagens FoU-kostnader ligger över genomsnittet för industrin som helhet. Flertalet av de internationellt ledande företagen i branschen härstammar från pionjärtiden under 1800-talets sista decennier. Till dessa företag hör ASEA, som grundades 1883. I dag är ASEA nummer 11 bland världens elektrotekniska företag räknat efter omsättning och är representerat i ett 90-tal länder.

Moderbolaget

Västerås är huvudort för verksamheten. Moderbolagets produktion är uppdelad på elva sektorer, som var och en inom sitt produktionsområde har resurser för teknisk utveckling, konstruktion, produktion och viss säljverksamhet. De är också resultatvisande enheter. Se vidare figur 2.

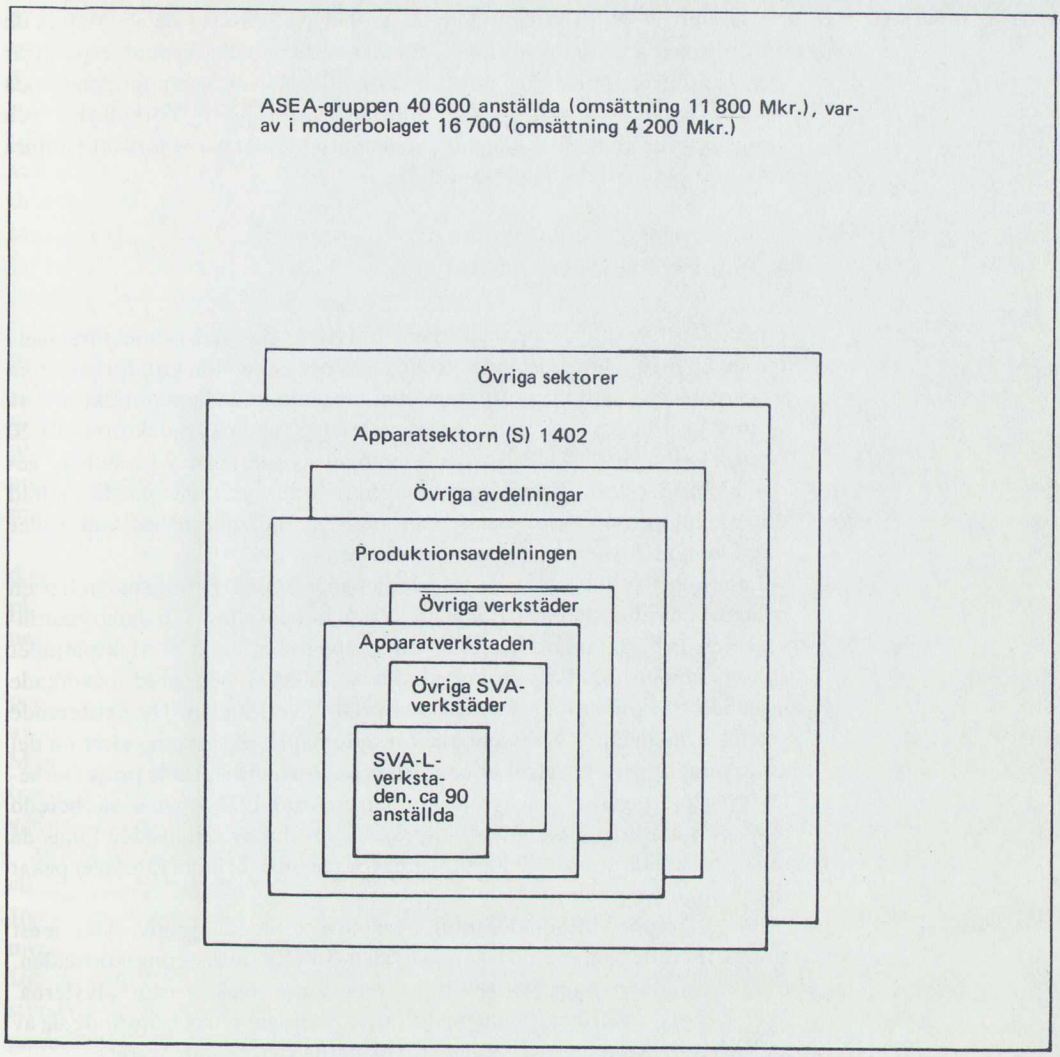
Man tillverkar inom sektorerna bl a apparater, reläer och elektriska förbindningar, kraftöverföringsprodukter, växel- och likströmsmaskiner, elektriska lok och datorbaserade styrsystem för industrin. Vidare finns anläggningssektorn för totalplanering och igångkörning av anläggningar inom kraft- och industriområdena, halvfabrikatsektorn för gjutgods m m, mekansektorn för växlar, telfrar, traverser, truckar, transportbanor, gruvspel, industriugnar samt slutligen en servicesektor.

Omsättningen för moderbolaget var 1979 4 200 Mkr och antalet anställda drygt 16 700.

Apparatsektorn

Apparatsektorn, S-sektorn, tillverkar lågspänningsapparater (kontaktorer, reläer, motorskyddsbrytare) och ställverk, som t ex försörjer en lokal med ström. I de senare ingår lastbrytare, säkringar, kontaktorer, motorskydds- och effektbrytare m m. S-sektorn har en omsättning på ca 280 Mkr med drygt 1 400 anställda (1979).

Produkterna säljs via både anläggningsavdelningar och direktförsäljningskontor. Det betyder att sektorns försäljningsavdelning i många fall inte



Figur 2. Skiss av företagets struktur. Jämförelsesiffror 1979. Inom Apparatsektorn gäller "omräknat" antal anställda (hela tjänster).

har någon direktkontakt med slutförbrukaren. Man säljer antingen till ASEA:s försäljningsbolag ASEA-Skandia eller till regionkontor, som i sin tur har försäljningskontor under sig.

Stora specialbeställningar, t ex kraftverk från utlandet, går också direkt från sektorerna till det aktuella dotterbolaget.

Apparattillverkningen

Inom apparattillverkningen finns för närvarande (1979) 1 402 anställda (se figur 2). En kontaktor är en elektromekanisk standardprodukt som tillverkas mot försäljningsprognos. Den säljs dels separat i olika storlekar (ampèretal) till kunder, dels ingående i större enheter, t ex ställverk, också tillverkade vid ASEA.

Genom att följa en tillverkningsenhet vid ASEA och i detalj studera de förändringar som där skett har vi försökt bedöma vilka kapitalbesparingar och konsekvenser i övrigt dessa medfört. Det är en genomgripande och resurskrävande förändring som gjorts vid företaget. Förkalkyler och prognoser har studerats. I de fall där det varit möjligt har vi försökt jämföra prognoserna med det faktiska utfallet.

Kapitel 4 Projektet SVA-L

Drastiskt uttryckt kan man säga att en "frälsningsvåg" gick genom företaget i början av 1970-talet. Kostnader skulle jagas och ekonomin förbättras genom nya grepp i produktionen. Företagsledningen initierade flera projekt. Ett av de första var flödesorganisation av tillverkningen av små kontaktorer (10–20 ampère). Personal skulle sparas genom nyinvesteringar i maskiner, genomloppstiderna i produktionsprocessen nedbringas genom förändrad tillverkningsfilosofi samt därigenom positiva bidrag erhållas vad gäller minskning av förråd och lager i verkstäderna.

Längst i utvecklingen av ny teknik gick man i SVA-L-verkstaden där en mängd specialmaskiner (se appendix) fick anskaffas i halvfabrikattillverkning och slutmontering. Tre olika apparater inom storleksområdet 40–160 ampère skulle automatmonteras, vilket i hög grad påverkade utseende och omfattning för den nya produktverkstaden. De existerande produkterna befanns vara lämpade för automatisk tillverkning efter en del smärre ändringar i konstruktionen. Efter en förstudie startade projektarbetet och planeringen av den nya verkstaden omkring 1972 och man var beredd att "satsa lite extra" på detta pilotprojekt. Produktverkstadsidén fanns då redan inom sektorn. Bl a hade tidigare lyckade projekt inom företaget pekat dithän (se s 445).

Projektgruppen arbetade fram flera investeringsalternativ. Det mest automatiserade alternativet innebar den största investeringskostnaden. Några lysande ekonomiska resultat förutspåddes dock ej i förkalkylerna. Man övergav också den framtagna försäljningsprognosen och använde sig av en lägre tillväxtfaktor vid volymberäkningarna i ett senare skede.

Anslagsbegäran om drygt 8 miljoner för nyinvesteringar bifölls av ledningen under 1973 och 1974. De tunga bitarna i anskaffningshänseende var:

- Utrustning för kärn- och ankartillverkning
- Monteringsautomater
- Transportutrustning
- Provningsutrustning

För den aktuella produktverkstaden tillkommer sedan "övrigt", bl a kap- och borrutrustning, lödautomat, kontaktsvetsutrustning och plastpressar.

Försäljningsprognoserna enligt investeringskalkylen har inte uppfyllts. Lönsamhetskalkylerna är mycket volymberoende. Detta har naturligtvis gett utslag i resultatet, eftersom man i dag på grund av konjunkturläget inte tillverkar mer än ca 50 % av prognosvolymen.

Som helhet kan sägas att automationen i produktverkstaden har drivits

mycket långt. I vissa maskiner används de allra senaste tekniska tillämpningar som finns att tillgå. Nämnas kan linjen för magnettillverkningen i 40-storleken. Ingen annan tillverkare torde heller i så hög grad ha satsat på monteringsautomater i slutmonteringen som man gjort här. På något håll i tillverkningsprocessen tror man sig ha gått för långt tekniskt sett, exempelvis vad gäller monteringsautomat för hjälpkontakter. Man har fått alltför många driftavbrott, till stor del beroende på att maskinen är för komplicerad; den innehåller alltför många funktioner. När något gått galet har det dock inte funnits någon stoppfunktion. Alltför många, av varandra inbördes beroende funktioner, samt maskiners oförmåga att avkänna fel i det material som bearbetas är de huvudsakliga brister som påtalats. Att maskiner inte kan tänka har man verkligen fått belägg för. Å andra sidan kan dessa funktioner efter hand förbättras och förfinas. På andra håll vill man redan nu gå längre; nästa steg kan vara operatörsfri produktion i kontaktsvetslinjer och plastpressar. Ett annat exempel på avancerad tillverkning inom företaget är apparatsektorns tryckgjutning av aluminiumlock och -kapslar, där ingen människa vidrör materialet förrän produkten är färdig.

Figur 3 visar mer i detalj produktverkstadens uppbyggnad, hur produktflödet går från höger till vänster, från halvfabrikattillverkning via plastpressning till montering. Observera att någon detalj temporärt försvinner till annan avdelning (inom SVA).

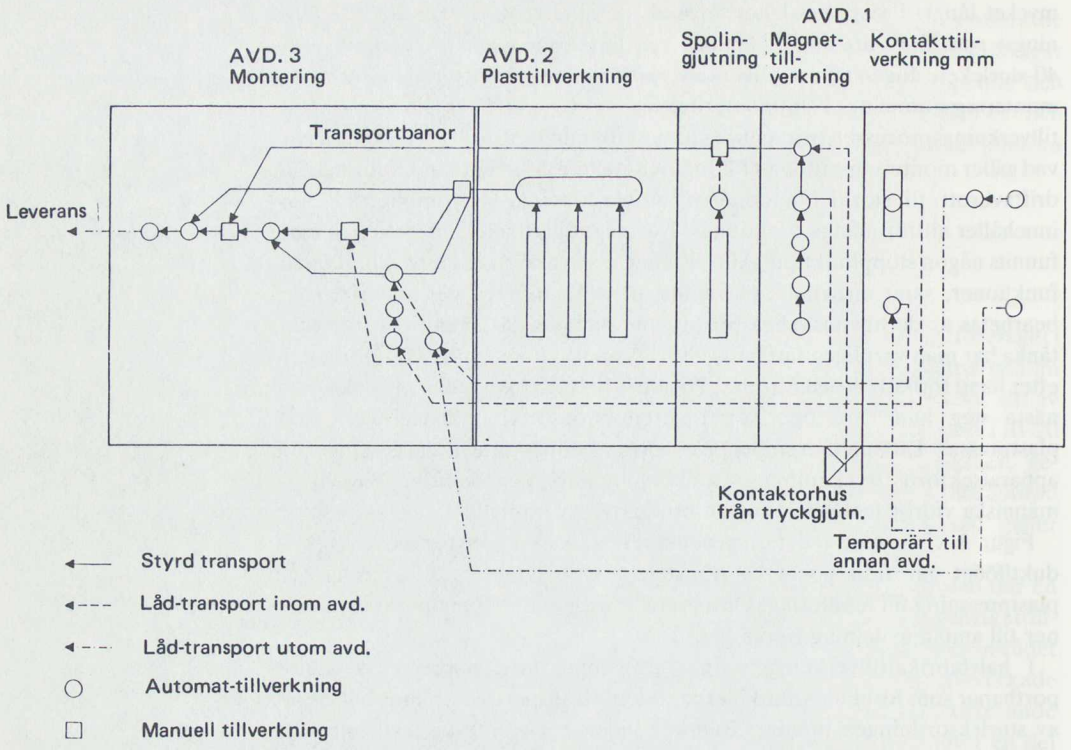
I halvfabrikattillverkningen finns utrustning med permanenta transportbanor som förbinder maskinerna. I dessa transportbanor finns buffertar av storleksordningen timmar. Banorna leder in i monteringsavdelningen. Man kan dock inte helt avskaffa lådor och backar. Exempel på detta är transporten av spolar, som i ett avsnitt går "baklänges" samt färdiga ankare, vilka körs i backar in till monteringsautomaten.

Ej fler än tre modeller tillverkas samtidigt på SVA-L-verkstaden: storlek 40 tillverkas alltid i en egen linje medan man alternerar mellan modell 80 och 160 (flödesorganisation) respektive 315 och 630 (batchorganisation). Flera monteringsautomater finns i de båda flödeslinjerna (för 40 resp 80/160-modellerna), 6 st i 80/160-linjen och 7 st i 40-linjen. Dessa styrs via styrskåp, innehållande bl a kontaktorer och reläer, i kombination med pneumatik. Det rör sig alltså om en kombinerad styrning med luft/el. Vidare finns automater i halvfabrikatproduktionen, t ex vid tillverkningen av kontaktskenor (avdelning 1), som styrs på liknande sätt. Tidigare, före produktverkstadens tillkomst, tillverkades samtliga kontaktorer manuellt med hjälp av standardmaskiner (svarvar, fräsar etc).

I kontaktsvetslinjerna (avdelning 1) tillverkas färdiga kontakter, som transporteras ut från produktverkstaden för att senare återkomma via buffert. Kontaktsvetslinjer är förhållandevis komplicerade utrustningar och kräver skickliga operatörer. Det är framför allt inställningen av linjens olika enheter som kräver vana och skicklighet. Om inte inställningen görs på ett riktigt sätt riskerar man att råka ut för stora problem.

De färdiga kontakterna är oljiga och måste tvättas, vilket sker i en annan avdelning. Därefter transporteras kontakterna till montering. Avdelningen där kontakterna tvättas ligger således utanför produktverkstaden, vilket kan medföra väntetider.

Allmänt kan sägas att igångkörnings- och intrimningstider ofta överstiger



Figur 3. SVA-L-verkstaden

förkalkylerade värden. Maskinerna är komplicerade och det är många detaljer som skall fungera. Vissa enheter i verkstaden har inte hållit måttet varför det i dag är aktuellt med nyinvesteringar. Exempel på detta är slipningsfunktionen i en del av magnettillverkningen och gängningsenheten i kontaktsvetslinjerna. I ett fall anser man sig ha gått för långt i sofistikeringsgrad; i den tidigare använda automatmonteringen av hjälpkontakter uppstår alltför ofta fel och avbrott. Extra operatörer måste nu användas för övervakning av denna montering.

Maskinutrustningen (enligt maskinlistan i appendix) har installerats under projektets gång. De ursprungliga investeringskalkylerna upptar en stor del av denna utrustning, men produktförändringar har också kommit till stånd under tiden, vilket påverkat maskinparken. Exempel på detta är monteringsautomat för DIN-klämma (DIN-bricka med skruv skall hålla en kabel på plats i kontaktorn). Tillverkningstekniska problem har som nämnts efter hand påvisat behov av annan utrustning. För närvarande finns planer på införskaffande av en ny planslipmaskin i avdelning 1.

Generellt har den nya utrustningen ersatt konventionella standardmaskiner i den tidigare blandade tillverkningen. Produktionen var manuell enligt flerstationsprincipen. Den nya utrustningen är till övervägande del elektro-mekaniskt styrd, dvs med hjälp av kontaktor och relä. Provutrustningen – 3 stycken automater – i avdelning 3 är datorstyrd.

En vanlig filosofi vid dimensioneringen av en produktionsanläggning är att söka skapa "sug" i slutändan av processen genom att ge de senare

maskinerna i kedjan större kapacitet än maskinerna i början av kedjan. Fungerar då denna "omvända tratt"-filosofi? Ett tecken på detta skulle kunna vara den renhet som verkstaden uppvisar. Man har lyckats undvika stora mellanlager. Anhopningar uppstår dock lätt om någon funktion fallerar, speciellt i direkt anslutning till transporteringssystemet. Det är svårt att i dag, med tanke på den totalt låga volymen, bedöma hur flödena skulle se ut vid exempelvis fördubblad tillverkningsvolym.

En annan svårighet som man också ser är att verkligen få ett totalt grepp om en hel verkstad. Rent praktiskt kan man bara koncentrera sig på en bit i taget. Olika maskinavsnitt fungerar med varierande tillförlitlighet. Det hela måste bli en stegvis anpassning av produktionsapparaten, vilket tar lång tid.[1]

Det fordras en stor arbetsinsats för att få igång ett projekt av denna omfattning och att sedan få det att löpa enligt planerna. Allteftersom gamla problem löses tillstöter nya komplikationer, efter hand dock av mindre dimensioner. I början av 1980 har funderingarna riktats mot nästa produktgeneration. Den nuvarande produktverkstaden torde leva till någon gång i mitten av 1980- talet då en ny apparatserie och en ny verkstad skall stå klara.

Magnettillverkningen

I detta avsnitt studeras en avgränsad del i produktverkstaden – tillverkningen av kärnor och ankare (= magnettillverkningen, se figur 3).

Den tidigare använda metoden kan beskrivas på följande sätt: Från ett plåtband stansas plåtdetaljer i stansautomat. Plåtbitarna plockas ihop och vägs upp manuellt till bestämd tjocklek och via buffert går materialet till manuell hopläggning och nitning i hydraulpress. Ipressning av skärmlindning i manuellt betjänad excenterpress. Manuell planslipning av magnetens bottenyta och planslipning av polytan i manuellt betjänad pendelslipmaskin. Borrning och gradning av stödskenans hål sker i manuellt betjänad horisontalborrmaskin. Därpå följer gradning och i/urplockning i anoljningsbad, varefter magneten går vidare till förråd och senare montering i respektive kontaktor.

Den föreslagna metoden kan enkelt sammanfattas på följande sätt: Storlekarna 315–630 (ampèretal) tillverkas enligt tidigare metod. Storlekarna 40-160 tillverkas i fem helt automatiska linjer, varav en för ankare plus kärna 40 (körs samtidigt), och en vardera för 80 kärna, 80 ankare, 160 kärna, 160 ankare. I linjerna tillverkas kärna respektive ankare från och med stansning till och med anoljning. Polytorna fräses i stället för slipas. Ingen buffertering eller omställning av verktyg behövs. Två man bedöms åtgå för övervakning.

Följande för- och nackdelar bedömdes finnas i det föreslagna alternativet:

Fördelar

- Liten personalinsats.
- Ej tempoarbete; endast övervakning och kontroll och därför större arbetstillfredsställelse.

[1] Om automation, produktionsstyrning och optimering av hela system, se t ex K Lumsden, *Teknologisk produktionsstyrning*, Lunds Tekniska Högskola 1975, kapitlen 1, 4 och 5.

- Inga omställningar av verktyg.
- Stor tillgänglighet. Vid haveri kan manuell betjäning insättas.
- Produktionen dimensionerad för överkapacitet. Okänslig för volymvariationer på kort sikt.
- Hög flexibilitet – lätt att styra förloppet.
- Ringa buffertering.
- Kort genomloppstid (ca 0,5 timmar från stansning till anoljning).
- Jämn kvalitet.

Nackdelar

- Produktionen känslig för stora haverier.
- Höga krav på personalens kunnande, dvs i förlängningen ökade krav på personalutbildningen vad gäller en bredare kunskap om hela produktionsprocessen.
- Relativt dåligt personalutnyttjande.

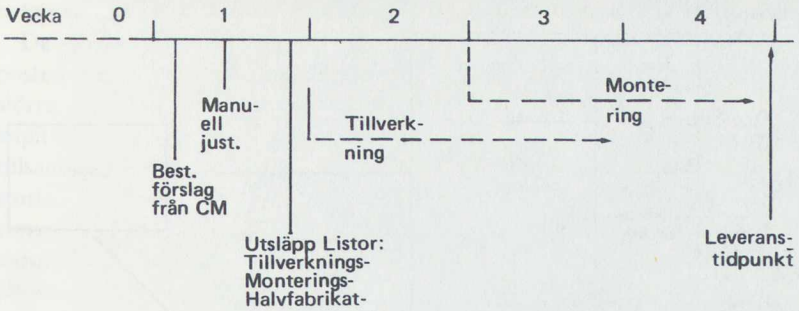
I detta alternativ skulle enligt förkalkylerna kostnaderna för direkta lönerna minska från 735 till 625 tkr (prognos för 1976), reparationer och underhåll öka med 70 tkr (från 10 till 80 tkr), verktygskostnader minska med 30 % (17 tkr) samt förlags- och stabskostnaderna med 10 % (66 respektive 132 tkr), allt relaterat till 1976 års prognosvolym (325 000 apparater) och jämfört med den gamla tillverkningsmetoden. Vi ser att det enligt kalkylen rör sig om relativt små rationaliseringsvinster, totalt handlar det om en besparing av 255 tkr, vilket motsvarar 9 % av produktionskostnaden i utgångsläget.

Produktionsplaneringen

Dagens planeringssystem inom apparatsektorn är mycket betydelsefullt för att kontrollera och styra material- och artikelflödena. Vi presenterar huvuddragen i detta system vad gäller standardprodukter med hög volym (dvs tillverkningen av kontaktorer).

Produktverkstaden får var fjortonde dag en tillverkningslista och en monteringslista från planeringsavdelningen på sektorn. Till grund för dessa listor, som skrivs ut av ett "centralt materialstyrningssystem" (CM), ligger ett tillverkningsprogram som bestämmer farten på produktionen. Det kvartalsvisa tillverkningsprogrammet är ett överordnat styrinstrument. Det ligger till grund för dels verkstadsplaneringen, dels materialprognoserna. Dessa prognoser styr sedan dimensioneringen av huvudförråden samt verkstadens uttag från huvudförråd till veckoförråd. Genom dessa styrs också viss detaljtillverkning mot buffertförråden i verkstaden. Planeringen per tvåveckorsperiod innebär att man går in och bestämmer antalet av de olika produktvarianter som skall tillverkas. Beställningsförslaget från CM tar hänsyn till lagerbeståndet, efterfrågan, konjunkturläget, prognoserna osv. Man kontrollerar material- och kapacitetsbehov och justerar utläggen manuellt, t ex för brist på vissa halvfabrikat.

Tillverkningslistan styr monteringen och halvfabrikatlistan styr detaljtillverkningen. För planeringsarbetet har införandet av produktverkstäder bl a inneburit större tidsnärhet och bättre överblick.



Figur 4. Planeringsrutinen

Materialplanering och orderplanering innebär i princip att man tar reda på det totala antalet produkter som skall tillverkas (enligt prognos) och bryter ned detta till ingående detaljer. Planeringsarbetet har både förenklats och förbättrats, samtidigt som personalbehovet minskat för denna funktion.

Monterings- och halvfabrikatlistan kommer samtidigt. Det betyder att monteringen efter hand plockar ut en fjortondagarsbuffert samtidigt som halvfabrikattillverkningen fyller på med samma hastighet.

De erfarenheter som gjordes visade att en ännu hårdare central samordning var nödvändig. Verkstadens egenstyrning med "2-bingesystemet"[1] har därför minskat till förmån för rutinen med CM.

Detta gäller främst bestämning av orderstorlekar i halvfabrikattillverkningen samt storleken av linjeförråden, som tenderat att bli alltför stora.

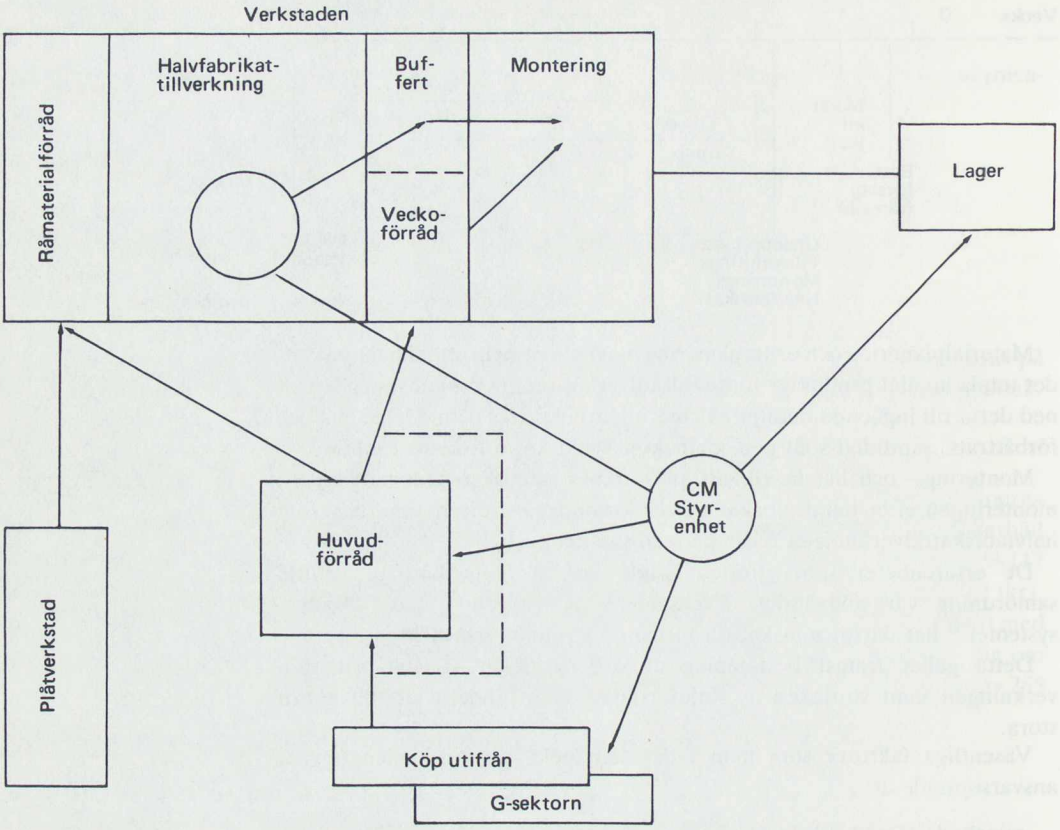
Väsentliga faktorer som man i dag kan peka på inom planeringens ansvarsområde är:

- minskade förråd och lager
- kortare återanskaffningstider
- ökad uppbindning på leverantörssidan, vilket innebär att man genom kontrakt försöker få bättre kontinuitet samt prismässiga fördelar.

Tillverkningen sker alltså enligt en 14-dagarsrutin. Under denna tid görs vardera en omställning i två av tillverkningsprocesserna, en omställning mellan modell 80 respektive modell 160 (flödesorganisation) och en omställning i 315/630-avdelningen. Modell 40 tillverkas under hela perioden och där sker inga omställningar. Totalt skall alltså under en tvåveckorsperiod 5 olika apparater tillverkas i verkstaden. För att minimera antalet omställningar strävar man efter att börja nästkommande period med samma modell som den förra avslutades med. Omställningar betraktas som besvärliga, speciellt i automatutrustningarna. En omställning i någon av monteringslinjerna tar ca 11 mantimmar i anspråk. Schematiskt ser tillverkningsordningen ut enligt följande i de tre processerna:

	Modell	Vecka 1	Vecka 2	Vecka 3	Vecka 4	Vecka 5
Linje-tillv.	40	40	40	40	40	40 osv
Linje-tillv.	80/160	80	160	160	80	80 osv
Batch-tillv.	315/630	315	630	630	315	315 osv
		planeringsperiod 1 ("SPRUT"-period)		planeringsperiod 2 osv		

[1] 2-binge-systemet innebär helt enkelt att medan låda nr 1 avtappas vid något tillverkningsställe fylls låda nr 2 på vid förråd eller mellanlager. Lådorna bör sedan byta plats utan att det uppstår någon brist vid tillverkningsstället.



Figur 5. Skiss, planeringssystemet

Också i halvfabrikattillverkningen eftersträvas så få och enkla omställningar som möjligt. De är dock för närvarande ofrånkomliga och helt beroende av tillverkningsvolymen. Om denna vore tillräcklig skulle man automatisera, tillverka samtliga modeller i enskilda linjer och därigenom helt slippa omställningar. Även om automatiseringar drivs längre återstår problemet med specialvarianter som måste tillverkas för vissa kunder. Detta innebär kompletteringar, men samma leveranstider måste hållas gentemot dessa kunder. Här har man stor hjälp av ett administrativt datasystem för att rekvirera, plocka ut och leverera på kort tid. En marginal på 4 timmar kan gälla för extrabehandling av dessa varianter.

Kapitel 5 Resultat

I detta kapitel presenteras några av resultaten angående strävan att minska det bundna kapitalet i produktionen. En redovisning av dessa finns också i den löpande texten i övrigt men här analyseras några speciella iakttagelser vad gäller det bundna kapitalet i produktionen i förhållande till produktionsvolyms-, omsättnings- och personalförändringar sett mot bakgrund av den totala omorganisation som skett. Ett framräknat mått på kapitalomsättningshastigheten presenteras för produktverkstaden såväl som mått på ar-

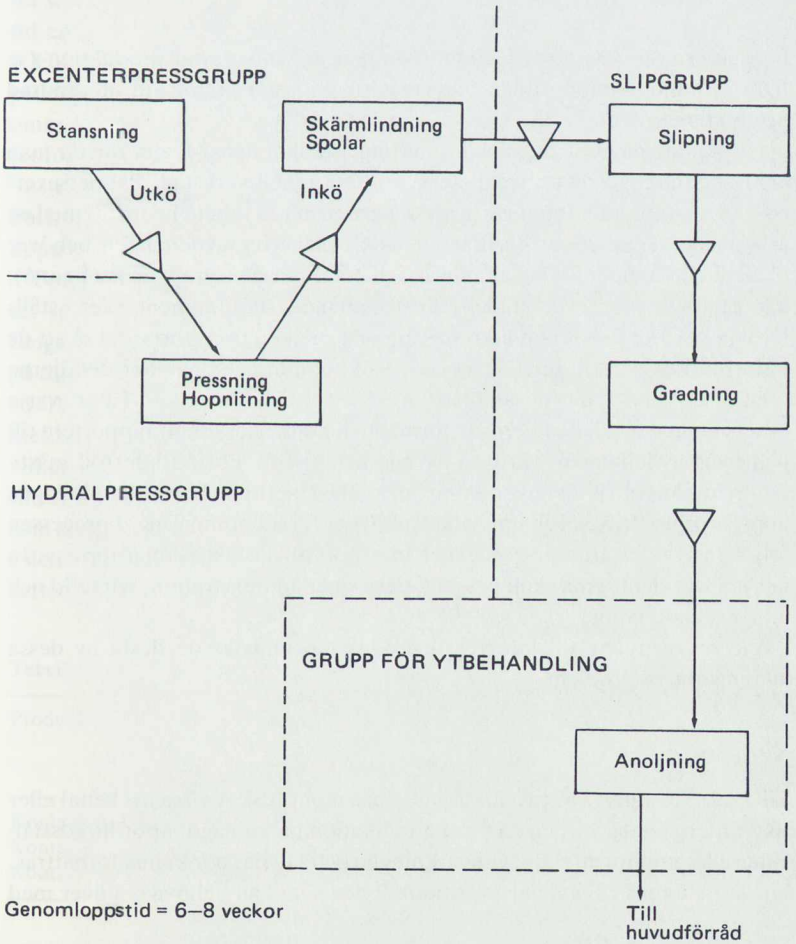
betsproduktiviteten.

De största kapitalmängderna finns inom verkstadsindustrin i allmänhet i posten varor. Av det arbetande kapitalet i ASEA är varukapitalet ensamt större än byggnadskapitalet och maskinkapitalet sammantagna; ofta är kapitalet i varuförlagen ca 50 % större än i de båda sistnämnda posterna tillsammans.[1] Varorna har också en indirekt inverkan på byggnadskapitalets storlek i och med att byggnaderna till stor del har till uppgift att rymma varorna. Stora kapitalbesparingar kan alltså göras genom minskning av varuförlagen samtidigt som ett förbättrat kapitalutnyttjande överhuvud taget eftersträvas.

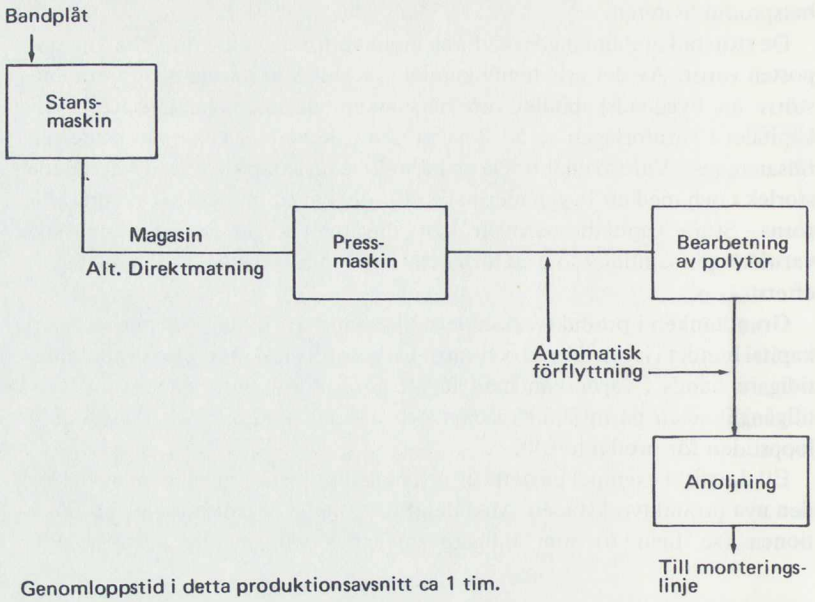
Grundtanken i produktverkstäderna har varit att flytta över pengar från kapital bundet i lager, förråd och varor i arbete till maskiner. Det kapital som tidigare bands i varor kan man få att göra större nytta genom att öka tillgängligheten på maskinkapacitet och därmed kraftigt förkorta genomloppstiden för produkten.

Ett drastiskt exempel på detta är just magnettillverkningen inom en del av den nya produktverkstaden. Med den funktionella organisation av produktionen (se figur 6) som tidigare användes var genomloppstiden för

[1] *Källa:* C Nicolin, *Kapitalutnyttjning inom ASEA*, PM 1975.



Figur 6. Magnettillverkningen – funktionell produktion



Figur 7. Magnettillverkningen – integrerad produktion

produkterna 6–8 veckor. Genom övergång till integrerad produktion (se figur 7) kunde omloppstiden reduceras till endast 1 timme vid oförändrad produktionsvolym.

Hur kunde då en så drastisk förändring åstadkommas? Detta förstår man enklast genom att iaktta trögheten i en funktionell verkstad. Pappersexercisen är omfattande. Inom varje maskingrupp måste arbete beordras med en arbetssedel. Förmannen fordrar en sedel; planeringsavdelningen behöver likaledes dokument för bevakning av arbetet. Från stansgruppen (se figur 6), där samtliga inom verkstaden förekommande stansmoment sker, ställs färdiga detaljer lådvis i en utkö tillsammans med en transportsedel så att de hittar till rätt maskin i pressgruppen. Vid hopnitningen hamnar detaljerna först i en inkö, nu tillsammans med en ny arbetssedel. Efter varje arbetsmoment skall den berörde förmannen kontrollera samt rapportera till planeringsavdelningen, varifrån ny beordring sker. Förrådskontroll måste ske med hänsyn till behoven inom varje maskingrupp. I brådskande lägen uppstår prioriteringsproblem, vilket lätt leder till suboptimering. I processen följer en ny utkö, transportsedel och transport till nästa maskingrupp osv. Ju fler gränser detaljerna skall passera, desto mer administration, väntetid och motverkande viljor.

Vid en övergång till integrerad produktion undviks de flesta av dessa administrativa problem.

Riktvärden

Till hjälp vid studier av produktionen finns inom ASEA vissa nyckeltal eller riktvärden. Dessa värden kan ge en indikation på att något är otillfredsställande eller mindre effektivt i tillverkningen och således bör kunna förbättras. För att indikera vilka delar av produktionen som kan behöva ses över med

avseende på genomloppstiden har man från företagets sida utarbetat ett nyckeltal som skall ge en ideal genomloppstid. Den skall gälla för "en tillverkning som bedrivs i tillräckligt stor skala i en väl fungerande produktionsapparat". Genomloppstiden T bör vara i storleksordningen

$T = k \cdot \sqrt{\text{förädlingsvärdet}},$

där T = antalet timmar
k = konstant, empiriskt bestämd.

Målet för vissa genomloppstider kan alltså sättas enligt denna formel. Den är dock konstruerad utifrån enstyckstillverkning och förmodligen inte särskilt relevant i denna typ av (standard)produktion. Låt oss ändå se på några med hjälp av formeln framräknade värden och jämföra dessa med de verkliga. De gäller för magnettillverkningen, dvs från och med produktionen av elektroplåt från stora rullar till det att kärnor och ankare möts i monteringsavdelningen. Förekommande mellanlagring i verkstaden beaktas. Se tabell 1.

De 8 timmar som gäller för de mindre kontaktorerna är ett resultat av de stora investeringarna och den hårda satsning som gjorts på dessa produktionslinjer. Den planeringsmässiga genomloppstiden är egentligen 4 veckor för samtliga produkter, dvs 14 dagars buffert och 14 dagars återanskaffningstid enligt den tidigare presenterade planeringsrutinen.

För modell 315 finns funktionell verkstadslayout kvar i mindre skala; produktionsvolymen har bedömts vara för liten för att motivera en omorganisation. Tillverkningsmetoden är manuell jämfört med automatlinjer för de övriga. Vi ser att denna tillverkning ej kan anses uppfylla kriteriet "... i en väl fungerande produktionsapparat". En eventuell automation är dock helt beroende av tillverkningsvolymen för att tillräcklig lönsamhet skall uppnås.

Formeln enligt ovan används dock inte i praktiken för dessa produkter, dvs att reducera genomloppstider är inget självändamål. Produktionscykeln fungerar så att order läggs ut var 14:e dag. Inom denna tid skall det som finns på tillverkningslistan produceras. Med hänsyn till denna läggs sedan order ut i verkstaden med en volym som skall ge en rimlig genomloppstid. Smärre mellanstopp i tillverkningslinjen spelar mindre roll inom 14-dagarsperioden, vilken är den egentliga återanskaffningstiden. I den tidigare blandade tillverkningen var den formellt sex veckor, ofta dock faktiskt det dubbla. Vad som alltså menas med genomloppstiden är svårt att få ett entydigt begrepp för i den typ av tillverkning det här är fråga om, nämligen en standardiserad serietillverkning med olika nivåer av halvfabrikat- och buffertförråd.

Tabell 1 Teoretisk och verklig genomloppstid

Produkt	Genomloppstid (timmar)	
	Teoretisk	Verklig 1978
Kontaktor EG 40	4,2	8
Kontaktor 80/160	6,3	8
Kontaktor 315/630	7,2	80

Intressantare torde värdet på omsättningshastigheten av varuförlagen vara, vilket ger en mer rättvis bild av strävan att hålla volymen av dessa nere.[1] Ett framtida mål för den cykliska planeringen kan vara att införa 7-dagars planeringsperiod, vilket gynnsamt skulle påverka förlagens omsättningshastighet. Detta ställer sig i dag dock oekonomiskt ur administrativ synvinkel.

Varuförlag och kapitalets omsättningshastighet

Nedan visas hur hela sektorns förråd- och lagersituation har utvecklats och hur det arbetande kapitalet förändrats i jämförelse med omsättningsutvecklingen.

Tabell 2 visar sektorns egna, direkt påverkbara poster.

Förrådet har legat i stort sett konstant i löpande priser, vilket innebär en avsevärd volymminskning.[2] Lagersidan är mer oberäknelig. Vi kan dock se att man också här har hållit sig inom snäva ramar.[3] Samtliga ovanstående poster är konjunkturkänsliga och kan också påverkas av andra åtgärder av mer teknisk natur. En summering av posterna ger en förvånansvärt jämn serie, som pendlar mellan 90 och drygt 115 Mkr, medan omsättningsserien i löpande priser går från drygt 100 Mkr år 1967 till knappt 300 Mkr år 1977. Observera att omsättningen värderas till OVN = offererat verkstadsnetto.[4]

Av intresse kan också vara att se på en förkalkyl som gjordes för SVA-L-verkstaden under dess projektering. Denna förkalkyl jämförs nu med det verkliga utfallet i tabell 3.

Även följande kapitalmått fanns i förkalkylen: Verkstadsnetto/ (varor i arbete + egna förråd) vilka beräknades enligt nedan för de båda metoderna.

Tidigare produktionsmetod, prognos för 1976: 39,0/6,15 = 6,3.

Föreslagen produktionsmetod, prognos för 1976: 29,8/1,30 = 22.

[1] Omsättningshastigheten på varuförlagen har ökat på följande sätt: 1976 omsattes de ca 14 ggr, 1978 ca 16 ggr och 1979 ca 19 ggr.

[2] Till 1975 inräknades de s k veckoförråden i förrådssiffrorna medan de nu finns i posten varor i arbete och uppgår till storleksordningen 9 milj kronor. Mindre förråd eftersträvas allmänt.

[3] Under goda år sjunker lagervärdet (t ex 1976) medan varuvärdet i tillverkningen stiger. Det omvända händer under dåliga år; de höga lagervärdena för 1977 och 1978 skall ses mot bakgrund av den konjunkturbetingade uppbyggnad som då pågick. Produktionen hölls igen och personalen gick delvis på väntetid. Under det relativt goda 1979 steg värdet av varor i arbete igen medan lagret avtappades. De igångkörningsproblem man hade i början i SVA-L-verkstaden 1973–74 påverkade också varuposten i negativ riktning. Vidare skall märkas att sektorns övriga produktion, såsom ställverk och kontrollutrustningar, i högre grad än kontaktorerna påverkar de förråds- och lagervärden som angivits. Situationen i SVA-L-verkstaden avspeglas främst i posten varor i arbete.

[4] Ett förkalkylerat utleveranspris från verkstaden som skall täcka tillverkningskostnaderna. Verkstadens prestation sätts till fasta priser från vissa tidpunkter med indexuppräkningar för t ex ökade arbetskraftskostnader. Någon vinst uttas ej. Leverans sker till lager eller direkt till försäljningsavdelningar.

Tabell 2 Förråd, lager samt varor i arbete 1967–79. Mkr, löpande priser

	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
A													
Förråd	35,9	38,0	35,8	32,4	30,6	30,7	29,9	28,2	31,4	25,2	29,2	26,3	30,6
Lager	25,9	34,4	29,5	23,6	20,8	24,2	29,8	25,3	28,0	21,1	49,8	50,4	43,9
B													
Varor i arbete	47,4	31,6	28,8	37,4	40,7	29,3	30,9	43,0	47,9	50,4	37,9	33,6	51,1

Tabell 3. Förkalkyl och utfall för produktverkstaden. Milj kronor

	Tidigare metod 1971	Tidigare metod 1976 prognos	Föreslagen metod[a] prognos	Utfall 1977	Utfall 1978	Utfall 1979
Utlevererat OVN + index	8,8	39,0	29,8	32,0	21,8	30,3
Förlag + lineförråd	4,2	8,7	2,8	2,0	2,4	2,0
Maskiner	0,7	2,2	4,4	6,1	7,4	8,2
Lokaler	0,5	1,0	1,0	1,6	1,8	2,0
Summa bundet kapital	5,4	11,9	8,2	9,7	11,6	12,2
Kapitalomsättningshastighet	1,6	3,3	3,7	3,3	1,9	2,5

[a] Föreslagen metod = produktverkstad. Man gjorde alltså två prognoser med utgångspunkt från den tidigare metoden. Dels en som byggde på samma (tidigare) metod, dels en enligt ny (föreslagen) metod.

Det ekonomiska resultatet visar att posten varor i arbete (ingår i förlag) kunnat reduceras väsentligt i den nya organisationsformen jämfört med vad fallet hade blivit i den funktionella verkstaden. De prognosticerade värdena för kapital bundet i varor i arbete har dock överskattats vad gäller den gamla metoden. Detta värde (8,7 Mkr) gäller för en beräknad årsproduktion av 325 000 apparater, vilket skall jämföras med dagens volym 120-130 000 (1979). Hur stort detta värde skulle ha blivit om den gamla produktionsformen behållits är dock svårt att ange. Just problemet med varor i arbete och det häri bundna kapitalet var något som tidigt uppmärksammades och som man kommit tillrätta med i den nya organisationsformen. En direkt synlig effekt av ökade produktionsvolymer i början av 1970-talet var just anhopningen av material och halvfabrikat på verkstadsgolvet.

För att belysa problemet från ett annat håll kan man ställa frågan om den väsentliga personalreduktion som skett också kunnat komma till stånd utan införande av den nya filosofin med produktverkstäder. Säkerligen hade mer eller mindre genomgripande så kallade vardagsrationaliseringar genomförts i den gamla organisationen, men vilken effekt dessa hade haft på det totala

behovet av arbetskraft är svårt att med säkerhet fastställa. Helt klart är att man inte hade klarat av dagens produktionsvolymer med dagens insats av personal enligt den gamla produktionsmodellen. Kostnaden för att fortsätta med den funktionella organisationen hade därvidlag inneburit högre personalkostnader, högre kostnader för varor i arbete och lägre kostnader för maskiner och utrustningar. Det totala bundna kapitalet i dagens verksamhet är i stort lika med vad som gällde för den gamla produktionsmetoden. Om man fortsatt enligt den gamla modellen visar kalkylen för 1976 att det bundna kapitalet skulle ha uppgått till ca 12 Mkr. Prognosen för produktverkstaden indikerade ett lägre belopp men genom de maskininvesteringar som tillkommit efterhand blir summa bundet kapital jämförbart i de båda fallen. Bundet kapital i maskiner är nu i det närmaste fördubblat i produktverkstaden jämfört med kalkylerade 4,4 Mkr. Det har visat sig att det många gånger inte räcker med att bara investera i avancerade maskiner och automater. Tillförsel och bortförsel av material och komponenter vållar ofta problem. Dyr kringutrustning tillkommer som komplement till maskingrupperna. Likaså har de igångkörningstekniska problemen med de olika specialmaskinerna varit uppenbara. Företaget självt har måst göra åtskilliga detaljförändringar och -förbättringar på utrustningarna för att få produktionen att flyta.

Kapitalomsättningshastigheten har inte utvecklats särskilt gynnsamt då inte heller omsättningen (utlevererat OVN från verkstaden) ökat mer än marginellt de senaste åren. Produktionen, liksom arbetsproduktiviteten, har dock ökat det senaste året. Den exakta relativa personalreduktionen är svår att ange men den torde ej understiga 40 anställda. Med en uppskattad kostnad av 100 000 kronor per anställd och år ger det en inbesparing av 4 Mkr årligen, dvs de totala maskininvesteringarna i projektet på 17 Mkr betalas genom detta tillbaka på omkring 4 år.

Slutbedömningen måste sönderfalla i två delar, där mycket tyder på att företaget knappast hade klarat dagens priskonkurrens utan den ena delen av nyordningen, medan den andra ställer sig mera tveksam ur lönsamhetssynpunkt. Automationen och rationaliseringarna i halvfabrikattillverkningen (avdelningarna 1 och 2) har givit goda resultat, t ex automatlinjerna för kärn- och ankartillverkning. På samma sätt har utfallet för de s k OKU-automaterna (monteringsautomater för kontaktpaket) i avdelning 3 varit positivt, trots problemen vid igångkörning och intrimning av utrustningarna. Mera tveksamt är företaget till om satsningen på (slut)-monteringsautomater för kontaktorerna varit riktig. Investeringarna har här inte motsvarats av förväntade minskningar av personalbehovet.

Ett stort problem under 1970-talet – speciellt dess senare del – har varit den dåliga beläggningen i verkstaden. Exempelvis stod verkstaden helt stilla under vissa perioder år 1978.

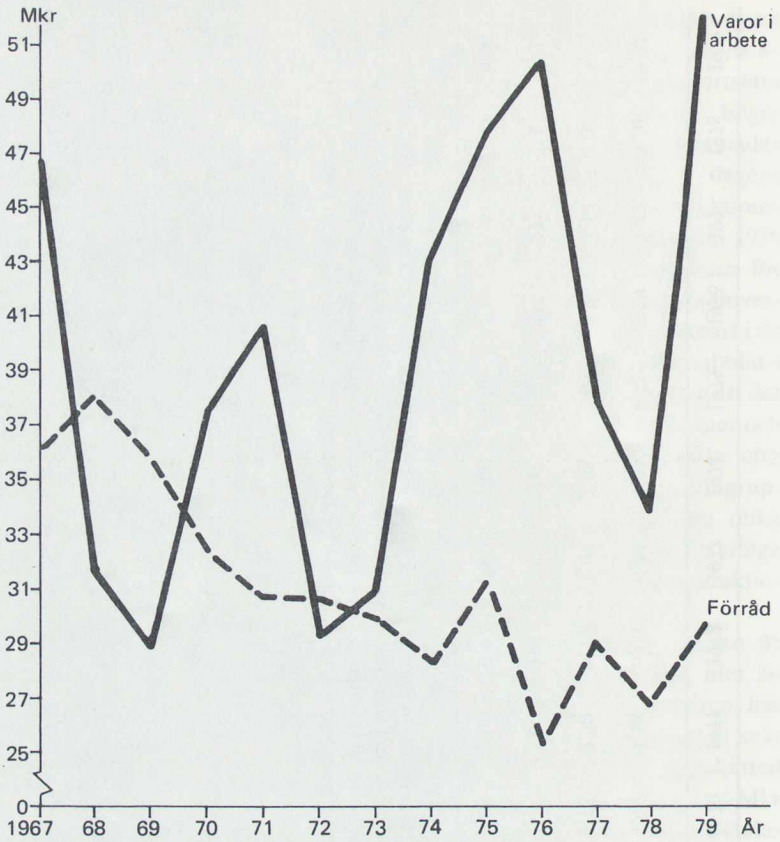
Avslutningsvis visas utvecklingen i diagramform för hela sektorn.

Tabell 4 kapitalkvoter, Apparatsektorn, 1967–1979

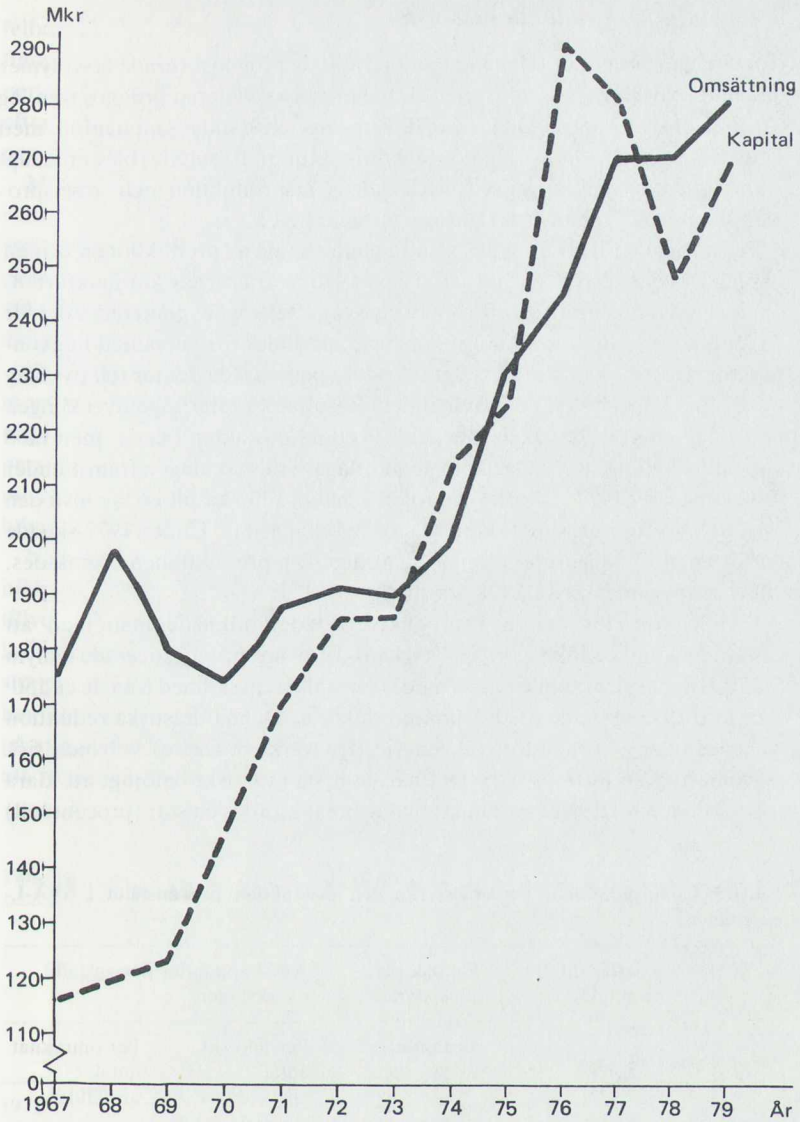
		1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Omsättningen[a] per krona varor i arbete	$\frac{C}{B}$	2,46	3,81	4,29	3,96	4,18	6,06	6,04	4,93	4,71	5,79	7,42	7,20	5,32
Omsättningen/varor i arbete + egna förråd	$\frac{C}{A+B}$	1,40	1,73	1,91	2,12	2,39	3,11	3,07	2,98	2,85	3,86	4,19	4,04	3,3
Totalt arbetande kapital	T	174	198	180	174	188	193	190	200	231	245	271	271	282
Kapitalomsättnings-hastighet	$\frac{C}{T}$	0,67	0,61	0,69	0,86	0,91	0,97	0,99	1,08	0,98	1,19	1,04	0,89	0,96

[a] Utleveranser till förkalkylerad tillverkningskostnad (OVN).

Anm: C står för omsättningen i sektorn respektive år. I första raden (C/B) får vi alltså "omsättningen per krona varor i arbete". En utveckling från nivån omkring 3 till nivån omkring 6, dvs en fördubbling, har skett under perioden. Om vi dessutom medräknar de direkt påverkbara förråden (C/(A+B)), blir den gynnsamma utvecklingen än mer påtaglig. Sektorns egna förlag, maskiner och fastigheter samt summan av andelarna i gemensamma tillgångar ger serien (T) för det totalt arbetande kapitalet. Ett mått på kapitalomsättningshastigheten, dvs omsättningen divideras med det arbetande kapitalet, erhålls då genom kvoten (C/T). Under perioden har en förbättring åstadkommits från ungefär 0,7 till 1,0.



Figur 8. Förråd och varor i arbete, Apparatsektorn 1967–1979 Löpande priser



Figur 9. Totalt arbetande kapital samt omsättningen 1967–1979 i Apparatsektorn
Löpande priser

Personal- och produktionsstatistik

Efterfrågan under perioden har ej motsvarat de prognosticerade årsvolymer man i förkalkylerna räknade med. Inte heller en reviderad prognos som låg 30 % lägre infriades. Den nya verkstadens införande sammanföll med oljekrisen och den därav följande lågkonjunkturen. Resultatet blev ett dåligt kapacitetsutnyttjande. SVA-L-verkstadens årsproduktion och arbetsproduktivitet samt personalstyrka framgår av tabell 5.

Förklaringen till en till synes samtidig minskning av produktionen och en ökning i personalstyrkan åren 1975 och 1976 är främst ett konjunkturfenomen. Under hösten 1976, efter en tid av svag efterfrågan, planerades det för en markant produktionsökning. Personal anställdes för en väntad högkonjunktur. Det är en fördel att tidigt rekrytera personal då det tar relativt lång tid att öka kapaciteten i det avseendet. Resultatet i efterfrågeutvecklingen blev dock en s k "besvikelsepuckel". Produktionstakten ökade, men med den eftersläpning som gäller kom genomslaget i tillverkningen främst under första delen av 1977. Efterfrågan föll då snabbt tillbaka till en låg nivå och man befann sig i en situation med stor överkapacitet. Under 1977 skedde därför en kraftig lageruppbyggnad samtidigt som produktionen bromsades, vilket avspeglas främst i 1978 års siffror.

I kalkylerna för den nya produktverkstaden räknade man med att väsentligt kunna sänka personalstyrkan. 1976 års prognosticerade volym (325 000 apparater) skulle klaras med 60 anställda till skillnad från de ca 150[1] som före 1973 sysslade med denna produktion. Denna drastiska reduktion lyckades man ej genomföra. Även vid den verkliga (lägre) volymen fick personalstyrkan justeras upp. Det har visat sig praktiskt omöjligt att klara produktionen med så få anställda; bland annat gjordes en stor (procentuell)

Tabell 5 Totalproduktion, personalstyrka och produktion per anställd i SVA-L-verkstaden

	Årsproduktion kontaktorer ca	Faktisk personalstyrka (kollektivanställda) ca	Antal apparater per anställd i verkstaden	
			Per faktiskt antal anställda	Per omräknat antal anställda[a]
1973	130 000	150	867	–
1974	155 400	82[b]	(1 895)	(1 950)
1975	120 000	67[b]	(1 793)	(1 915)
1976	99 700	96	1 039	1 080
1977	143 900	92	1 564	1 687
1978	92 500	83	1 114	1 240
1979	123 000	77	1 597	1 692

[a] Omräknat till antal hela tjänster i nämnaren.

[b] Medan SVA-L byggdes upp (automatiserades) från och med 1974, förekom ofta hjälp från legoavdelningar. Produktverkstaden övertog efterhand alltmer av arbetet samtidigt som automationen ökade. Den höga produktionssiffran för 1974 skall ses mot bakgrund av en stor inlåning av personal, främst i monteringsavdelningen. Detta framgår ej av statistiken och den visar därför generellt för låga personalvärden under de första åren.

[1] Denna uppgift är ungefärlig, eftersom avdelningarna vid denna tid var utspridda och personalstyrkan delvis hade andra arbetsuppgifter än de som sedan bildade SVA-L-verkstaden. Exempelvis monterades samtliga apparater i en enda monteringsverkstad.

felbedömning av monteringslinjen. I stället för uppskattade 6–7 montörer finns där idag det dubbla antalet. Exempelvis har man fått tillgripa extra personal för manuell skruvdragning. Ett annat problem är frånvaron, som efter hand har stigit i hela företaget, vilket innebär att den totala personalstyrkan måste vara större än beräknat.

Man räknar idag med att verkstaden är färdig, att automatiseringen är slutförd inom detta produktionsavsnitt och att produktionen nu kan öka till åtminstone 150 000 apparater utan någon personalökning. Behovet av personal skiftar i trappstegsformade intervaller. Vid större produktion än 150 000 apparater måste ny personal tillföras i monteringslinjen (avd 3), där annars flaskhalsproblem skulle uppstå.

Direkt personal är operatörer och maskinskötare medan indirekt personal innefattar ställare och avdelningsreparatörer samt materialmästare och i något fall avsynare. En blandad tillverkning skulle idag ha krävt en personalstyrka på ca 150–160 man, dvs ungefär dubbelt så stor som den nuvarande enligt en kalkyl som gjordes 1972 (prognosvolymen var dock högre än dagens verkliga). Se vidare appendix.

När linjetillverkningen startade (1974) hade man en del manuellt hjälparbete utlagt på andra avdelningar inom sektorn. Exempel på detta är tillverkning av kontaktskenor samt viss plastpressning. Specialmaskinerna krånglade ofta i början, vilket kunde leda till månadslånga produktionsstopp. Det var alltså från starten inte någon homogen produktverkstad. Efter hand har mer och mer av tillverkningen samlats i verkstaden. Arbetsinsatsen på apparaterna har också förändrats och utökats. Ett användarkrav gjorde att man vid halvårsskiftet 1978 införde en högre spänningskapacitet på

Tabell 6 Sysselsättning i produktverkstaden (kollektivanställda) vid slutet av respektive år

	Kontakt- och magnettillverkning Avd. 1			Spollindning, plastpressning Avd. 2			Montering Avd. 3			Totalt		
	Direkt	Indirekt	Summa	Direkt	Indirekt	Summa	Direkt	Indirekt	Summa	Direkt	Indirekt	Summa
1971							20[a]	1	21			
1972							27[a]	2	29			
1973							46[a]	2	48			
1974[b]	20[c]	3	23	17	1	18	37	4	41	74	8	82
1975	8[c]	2	10	14	1	15	36	6	42	58	9	67
1976[d]	12	3	15	22	1	23	54	4	58	88	8	96
1977	11	3	14	22	1	23	49	6	55	82	10	92
1978	11	5	16	21	1	22	42	3	45	74	9	83
1979	11[e]	5	16	18	1	19	38	4	42	72	10	77

[a] Här ingår även montering av en äldre modell. Montering av hjälpkontakter ej inkluderade.
[b] Linjetillverkningen startar.
[c] 1974 övertog SVA-L magnettillverkningen som var manuell. 1975 kom magnetlinjen igång för modell 40 (= personalreduktion).
[d] 1976 övertogs fler arbeten från sidoavdelningar och manuell efterjustering fick göras i många fall på grund av krånglande utrustningar.
[e] Formellt var ytterligare fem personer registrerade i denna avdelning.

apparaterna, 660 V, i stället för 500 V som ditintills producerats. Denna grövre produkt kräver fler moment i tillverkningen. Som exempel har också en s k DIN-bricka konstruerats för att ingå i kontaktorerna.

Under 1976 och 1977 fanns överkapacitet på personal; många gick på väntetid. Fortfarande är tillverkningsvolymen för liten för den maskinkapacitet man skaffat sig. Över åren spelar också frånvaron in; den ökar hela tiden och måste kompenseras med relativt fler anställda. Vidare är en faktiskt anställd person idag en mindre resurs än i början av 70-talet. Mer tid går bort genom utbildning o dyl. I och med den allt högre automatiseringen försvinner de manuella jobben efter hand och ersätts av arbeten som automatskötare, t ex i avdelning 3 (monteringsavdelningen). När det vid omändringar i produktionshänseende inom företaget blir aktuellt med omplaceringar försöker man i första hand göra dessa inom sektorn och till motsvarande arbete. Det medför oftast inga problem med dessa omplaceringar; svårigheten bestäms till viss del av konjunkturen eftersom en balansering av personalläget med hänsyn till produktionsvolymen alltid måste ske.

Totalt för hela sektorn har investeringar på i storleksordningen 30 Mkr under perioden 1973–78 gett en faktisk personalminskning på ca 120 man, eller 10 % av totalstyrkan. I förkalkylerna räknades med 160 man. I mars 1978 hade ytterligare 17 försvunnit, dvs 137 man totalt. Detta resultat bekräftar de erfarenheter man också gjort på andra håll inom företaget, nämligen att huvuddelen, säg ca 80 %, av en kalkylerad reduktion kan genomföras utan större svårigheter. Den återstående delen är ofta arbetsam att genomföra, delvis givetvis beroende på hur pass realistisk målsättningen för projektet har varit.

Maskinoperatören blir mer och mer betydelsefull, automatiseringen till trots. I verkligheten är det oftast inga rena automater som installeras utan snarare ett mellanting mellan automat och standardmaskin, vilket kräver en skicklig operatör för att få till stånd ett så högt utnyttjande som möjligt. Vikten av dennes funktion som kontrollant och bevakare, icke minst vad gäller upptäckt av "dolda" fel som i processen kan ge omfattande negativa

Tabell 7 Personalstyrkans utveckling i sektorn 1972–1979

	Produktverkstaden (SVA-L)			Kontaktortillverkningen (SVA)			Apparatsektorn (S)		
	Tjänstemän	Arbetare	Summa	Tjänstemän	Arbetare	Summa	Tjänstemän	Arbetare	Summa
1972	. .	. .	(28)	11	279	290	755	1 350	2 105
1973			(99)	11	278	289	711	1 299	2 010
1974	3	80	83	14	332	346	733	1 268	2 001
1975	4	63	67	16	280	296	730	1 234	1 964
1976	3	92	95	18	413	431	550	1 237	1 787
1977	4	85	89	19	361	380	512	1 097	1 609
1978	3	75	78	18	270	288	458	1 000	1 386
1979	4	78	82	16	253	269	458	928	1 386

Anm: Siffrorna anger s k omräknat antal 1972–1979. Den stora minskningen av antalet tjänstemän mellan 1975 och 1976 berodde främst på en omorganisation mellan vissa sektorer.

konsekvenser, och förmåga att förutse och ingripa i tid, kan inte nog understrykas.

En produktverkstad är uppdelad i produktionsgrupper, vilka själva skall bära sina kostnader. De åläggs att betala lokal- och maskinhyra. Lokalhyran betalas per m^2 med justering för lokalens läge och kvalitet. Maskinhyran är proportionell mot nyanskaffningsvärdet. Produktverkstadens arbetsledare har ansvaret för att tillverkningsprogrammet hålls. Han kan inte skjuta över ansvaret på någon annan om produkterna ej kommer fram i tid. I SVA-L har man tre arbetsledare med var sitt ansvarsområde. En av dessa är chef för hela produktverkstaden. Resultatuppföljningen sker områdesvis.

Arbetsmotivationen hos maskinskötarna har inte blivit den önskade. Man trodde att överblicken av tillverkningsförloppet skulle få dem att förstå och mera aktivt leva upp till kvalitetskraven. Arbetsuppgifter vid de automatiska maskinutrustningarna är ändå de mest eftertraktade i verkstaden jämfört med de mer monotona arbetsuppgifter som fortfarande finns kvar på vissa håll. Hos arbetsledarna kan däremot en hög arbetsmotivation märkas. Det är snarare de som fått produktansvar och överblick i produktionsprocessen.

En helt avgörande faktor för investeringar i automatiska produktionsutrustningar är volymen (partistorleken). Själva filosofin med produktverkstaden motverkar på sätt och vis detta, åtminstone rent beläggningsmässigt. Det hela går ut på att hålla en sådan verkstad *ren,* dvs inga utomstående produkter släpps in för bearbetning. Frågan har nu väckts om man mot bakgrund av de höga investeringskostnaderna verkligen har råd att exempelvis låta ett helt produktionsavsnitt stå stilla när härför avsedd tillverkning inte belägger maskinerna i önskvärd utsträckning.

Har man gått för långt i renodlingen av idén med produktverkstäder? Denna fråga ställs av två uppsatsförfattare (Carlsson och Magnusson, Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm, 1977) med anledning av en studie vid ASEA. Författarna pekar på att man nu på flera håll nått framgångar: styrningsmässiga fördelar, lägre förlag och bättre produktegenskaper. Nackdelar, såsom för lågt maskinutnyttjande på produktverkstäderna, minskad specialistkunskap och problem med ersättare vid frånvaro, har efter hand accentuerats. Utbildningen av operatörer kan vara bekymmersam. Den hårda gränsdragning som görs mellan verkstäderna innebär att de erfarenheter och lärdomar som görs stannar inom respektive verkstad. Författarna väljer två avsnitt i produktionen för att studera huruvida det vore försvarbart att avlägsna dessa maskingrupper ur produktverkstäderna och åter bilda helt oberoende funktionella enheter. Vinsten med detta skulle vara ett högre maskinutnyttjande och personal med specialiserad kunskap, vilket skulle leda till ökad driftsäkerhet och jämnare beläggning. Man vill alltså återinföra ett funktionellt tänkande inom begränsade avsnitt.

Helt naturligt minskar kontrollen över materialflödet medan mellanlagren ökar, liksom risken för bristsituationer, vid omflyttning till en funktionell princip för vissa tillverkningsavsnitt. Detta får vägas mot de fördelar ett ökat tillverkningstekniskt kunnande hos operatören medför. Dessutom utnyttjas både maskiner och personal bättre. Någonstans går det en gräns där idén med produktverkstäder ej längre är lönsam för vissa moment. Man blir då tvungen att samla liknande tillverkning till ett enda ställe för att nå upp till volymer som kan motivera stora investeringar i maskiner och kanske också

medge helt operatörsfri produktion. Man får också den effekten att det produktionstekniska erfarenhetsutbytet ökar mellan de individer som sysslar med likartad tillverkning, dvs man kan lättare prata och diskutera med varandra.

Kapitel 6 Teknikförändringar kontra personal, arbetsmiljö och produktkvalitet

Maskin och människa

Övergången till den nya tillverkningsorganisationen medförde givetvis vissa konsekvenser för den personal som tidigare sysslat med tillverkningen av kontaktorer på det "gamla" sättet. En totalt sett minskad personalstyrka var en grundförutsättning för ett godkännande av nyinvesteringarna från företagsledningens sida. Ny utrustning med ny teknik erfordrade operatörer som kunde behärska dessa. Angående de häri liggande hoten om friställning för viss personal måste vi komma ihåg att ASEA är ett storföretag och att de personalproblem som uppstår kan angripas där på ett helt annat sätt än i ett mindre företag. En väsentlig personalminskning i ett enda företag av t ex SVA-L-verkstadens storlek (100–150 anställda) skulle där troligen få större negativa konsekvenser för personalen.

I produktverkstaden infördes ny, högteknologisk utrustning på flera håll. Inom monteringsavdelningen t ex rörde det sig om en helt ny teknik med datorstyrda, programmeringsbara provningsautomater för slutprovning av de tillverkade kontaktorerna. Tidigare hade man på en central monteringsenhet (gällande samtliga modeller) monterat och provat apparatens olika delar för hand med hjälp av enkla hjälpmedel. De elektroniskt styrda provningsautomaterna är idag (januari 1980) 3 till 4 år gamla. Det är fråga om komplicerad elektronisk utrustning. 17 olika funktioner provas med mycket stor noggrannhet. Tidigare testades endast 3–4 olika huvudfunktioner och till skillnad från idag fanns det plats för mer subjektiva bedömningar av apparaterna. Den tekniska utvecklingen har därför också haft avsevärda kvalitetshöjande effekter. Hela flödet av färdiga kontaktorer måste passera dessa provningsautomater (3 till antalet), varför det är av stor vikt att de fungerar. En hög serviceberedskap hålls därför.

Ett av målen i personalhänseende är att operatören och ställaren skall vara samma person i automatlinjerna. Detta innebär att operatören också kan utföra den andres uppgifter, bl a omställningar, samt teoretiskt i viss mån förstå maskinens uppbyggnad och funktion. Det finns också avdelningsreparatörer som har ytterligare utbildning och de skall kunna klara av enklare fel i utrustningen. Även befattning som ställare och avdelningsreparatör kan innehas av samma person. Reparatören, som tillhör en central styrka inom sektorn, har styr- och reglerteknisk utbildning.

Vid nuvarande tillverkningsvolym arbetar man 1-skift i SVA-L-verkstaden; vid en högre volym skulle 2-skift tillämpas. Studier i verkstaden har visat att utnyttjningstiden för maskinerna (materialbrister frånräknade) ligger på 60–80 % av den teoretiskt möjliga drifttiden. De lägre värdena gäller för den komplicerade[1] (automatiska) utrustningen, ofta skräddarsydda

[1] En monteringsautomat anses vara komplicerad om antalet tillverkningsmoment och bearbetade detaljer summerar till minst åtta.

specialmaskiner, medan den högre utnyttjningstiden gäller för standardmaskiner. Ett exempel avseende en formspruta för thermoplast (standardmaskin) respektive en automatiserad magnetlinje (där en komplett magnet tillverkas) ger följande värden:

	Utnyttjningsfaktor	
	Standard-maskin	Special-maskin
Maskinens verkningsgrad (M)	0,97	0,80
Fördelningstid (inställning m m (F))	1,04	1,08
1 - Kassationsandelen (K)	0,97	0,95
1 - Upplärningsandelen (U)	0,97	0,97
Underhåll, reparationer, indirekta arbeten (R)	1,10	1,12
Utnyttjningsfaktor = (M·K·U)/(F·R)	ca 0,80	0,61

Maskinerna har utvecklats genom åren och kommer att utvecklas starkt vad gäller prestanda och andra driftegenskaper. Om man kan hålla utnyttjningstiden konstant – runt 80 % – fås direkt en effektivitetsvinst just genom den förbättrade teknologin. Målet för produktionen är nu att höja de relativt låga utnyttjningsvärdena för specialutrustningarna (60–65 %). I detta sammanhang är standardiseringen ett viktigt begrepp. Utrustningarna bör om möjligt styras av styrsystem uppbyggda av standardkomponenter. Därigenom uppnås stora fördelar ur service- och underhållssynpunkt. Standardisering eftersträvas på samtliga nivåer – från automatisk provningsutrustning till standardmaskiner. Som exempel på det senare kan nämnas pneumatiska skruvdragare där man numera i verkstaden använder sig av ett begränsat antal (3–4 stycken av totalt ett femtiotal på marknaden) utprovade och kända fabrikat.

Allmänt kan sägas att det idag för personalen råder ett högre krav än tidigare på tekniskt kunnande i verkstaden; detta gäller såväl operatörer som ställare och avdelningsreparatörer. Maskinerna har blivit alltmer komplicerade. Ett generellt krav på operatörsnivå är ett allmänt ordningssinne och att kunna hålla rent i verkstadsmiljön samt ha förståelse för mekaniska och elektriska problem, åtminstone till den grad att ej felaktiga åtgärder vidtas. Samtidigt som utrustningen är komplicerad är den också dyr. Detta innebär att kravet ökar på företagets egen utbildning och ansvaret för de anställda i verkstaden. Under de senaste åren har man inom apparatsektorn satsat mycket på en tvåmånaders introduktionsutbildning av de monterare och ställare som skall tjänstgöra vid automatlinjerna. Det finns också en central utbildningsenhet för moderbolaget där en mera direkt specialutbildning för olika befattningshavare sker. Vidare finns möjligheter för viss personal att få extern utbildning av mer eller mindre privat karaktär. Den nya utrustningen och den nya tillverkningsfilosofin har medfört ett ökat krav på flexibilitet hos personalen; man måste ha kunskap om och kunna betjäna flera maskiner också inom andra verkstäder. Den faktiska personalreduktion det har varit

fråga om inom SVA-L har egentligen inte lett till några problem då man kunnat anpassa styrkan dels genom naturlig avgång, dels genom att bygga ut den ovan omtalade flexibla styrkan, som skall kunna alternera mellan olika produktionstoppar i skilda verkstäder. Arbetstagarsidans krav på arbetsutvidgning borde därigenom i högre grad kunna tillfredsställas. Varierande arbetsuppgifter kan bidra till ökad tillfredsställelse i arbetet. Vid tidigare produktionsmetod var det en operatör och en maskin som bildade en enhet, varje man hade "sin" maskin. Detta förhållande försvinner idag. Vidare är det ett faktum att dagens förfinade verkstadsstyrning, t ex minskade ställtider genom förinställda verktyg, innebär färre avbrott vilka tidigare kunde upplevas som positiva just genom den egna personliga insatsen vid en omställning. Sammanfattningsvis kan sägas att den ökade flexibiliteten har sitt ursprung i rationaliseringar. Om den tillverkning som tidigare tog 14 dagar i anspråk idag klaras av på 4, ger detta ledig kapacitet i form av bl a personal. Men då måste produktionen planeras så att det sker en viss vandring mellan skilda arbetsuppgifter.

En strävan hos produktionsledningen är att plocka bort tunga, monotona och farliga arbetsmoment i verkstaden genom att automatisera dem. Ett generellt problem rent tekniskt vid en sådan utveckling har visat sig vara till- och bortförsel av material runt automaten/roboten. Själva roboten arbetar ofta oklanderligt medan flödesproblematiken accentueras. I SVA-L-verkstaden har vid den tekniska förändringen många monotona arbetsuppgifter försvunnit; exempel på detta kan vara magnettillverkningen (se figurerna 6 och 7, s 459–460).

Ett bestående intryck av en rundvandring i produktverkstaden SVA-L är den renhet som där uppvisas, i form av avsaknad av såväl smuts som materialupplag. I början uppstod det vissa bullerproblem med den nya utrustningen, t ex med vibrationsmatare i monteringsavdelningen. Efter hand har man lyckats dämpa bullret och ljudnivån är nu bättre i automatlinjerna än i de tidigare standardmaskinerna. De nya automatiska utrustningarna borde också kunna vara stimulerande att arbeta med för tekniskt intresserade personer.

Utbildningsfrågor

De som nu arbetar i SVA-L-verkstaden är en blandning av stampersonal och nyanställda. Det råder ej någon specifik situation för denna produktion utan folk nyanställs och avgår i samma grad som i andra verkstäder inom sektorn. Årligen föreligger en naturlig personalomsättning på 10–15 personer i en verkstad av denna storlek (ca 100 anställda). Befattningarna inom automatlinjerna är nya sedan produktverkstadens tillkomst.

Vid nyanställningar söks personal med skilda meriter beroende på vilken befattning som skall tillsättas. För operatörer finns inget formellt krav på yrkesskola eller motsvarande. I verkstaden finns det många typer av arbeten och många slag av maskiner. I det enklaste fallet kan det röra sig om ett tempojobb eller ett manuellt arbete, exempelvis gradning av plastdetaljer till kontaktorn. Man söker egentligen alltid personal med verkstadsteknisk utbildning men det får man inte alltid. Det blir också här ofta en blandning av utbildade/ej utbildade personer.

Den personal som anställdes vid de nya automaterna hade ingen tidigare erfarenhet av sådan utrustning. Den direkta utbildningen för operatörerna sker vid automaterna i en inslussningsverkstad. För rekryteringen av personal med verkstadsutbildning har man vid samtliga produktionsavdelningar inom sektorn haft stor nytta av AMU-Center i Västerås. Flera operatörer på SVA-L-verkstaden har gått vägen via AMU. Även några reparatörer som nu ingår i "centrala styrkan" har fått sin grundutbildning där.

Personal som internanställts har hämtats från flera olika befattningskategorier beroende på det specifika behovet. För automatoperatörer kan man inte ställa krav på verkstadsteknisk utbildning. Det är först när det gäller avdelningsreparatörer som ett formellt utbildningskrav ställs. För apparatsektorn vore det önskvärt om den interna utbildningen mer inriktades mot specialmaskiner. En sådan omläggning är också planerad. I dag behövs ej särskilt många utbildade svarvare och fräsare till sektorn utan vad som krävs är personer som har kunskap om pneumatik, hydraulik och i viss mån elektronik för att betjäna/övervaka/reparera industrirobotar och andra helautomatiska maskiner. Den utbildning som ges vid AMU har härvidlag befunnits ligga väl framme.

Den utbildning som givits operatörerna har till övervägande del skett inom sektorn. Vid köp av viss komplicerad utrustning har leverantören också ansvarat för intrimning och utbildning/upplärning på plats. Operatörer och arbetsledare har då deltagit. Inom ASEA finns en hög kompetens på utbildningsområdet, bl a har man en egen yrkesskola.

Operatörerna vid automatlinjerna behöver ej ha kunskap om de styrsystem som betjänar exempelvis provningsautomaterna. Det är dock numera en ambition från de ansvarigas sida att även ge teoriavsnitt om detta i den introduktionsutbildning som tidigare nämnts. Man räknar också med att operatören efter hand lär sig mer och mer om den maskin han/hon betjänar. Provningsautomaterna t ex är högteknologiska och har mycket komplicerade styrsystem. För att ändra i dessa och för hela omprogrammeringar behövs hjälp utifrån, från leverantörer och andra specialister. I de pneumatiskt styrda automaterna kan ställare och reparatörer ändra/åtgärda fel i styrsystemet. Man vill givetvis ha så duktiga operatörer som möjligt som kan uppmuntras att efter hand lära sig alltmer om maskinerna. Operatören avancerar då vanligen i befattningshänseende till ställare och avdelningsoperatör. Egentligen har man alltid ett högre krav på respektive befattningskategori än man i verkligheten får. Den monotona delen, som ändå ingår i de flesta jobb, innebär att man ofta får nöja sig med personal med lägre kvalifikationer. Detta är också konjunkturberoende; vid god tillgång på arbetskraft kan relativt sett högre krav ställas. Den internutbildning som ges i sektorn gäller alltså de automatskötare som skall betjäna monteringslinjerna. Det gäller ej personal som direkt betjänar standardmaskiner. "Inslussningsverkstaden" upplevs som mycket värdefull av de nyanställda montörerna. Det bedrivs ständigt företagsintern utbildning. 1978 gavs t ex pneumatiska kurser omfattande både teori och praktik. Den första kursen omfattade 21 timmar med 254 elever. Deltagarna, som främst var ställare och verktygsmakare, var utvalda av arbetsledarna. Den andra kursen var på operatörsnivå och omfattade 14 timmar. Här deltog ca 100 personer. I en

enkätundersökning efter dessa kurser fick man genomgående positiva svar.

Prestations- och kvalitetsaspekter

I verkstaden används, där det är möjligt, ett lönesystem baserat på prestation. Detta kan innehålla en större eller mindre fast del. Ju fler moment som inte kan beräknas och förutses i en specifik arbetsuppgift, desto större fast del innehåller lönen. De direkta ackorden, baserade på antal tillverkade enheter finns i dag på:

- den manuella monteringen av 315 och 630
- spoltillverkningen samt
- plastpressningen.

Inom dessa produktionsavsnitt har det varit relativt lätt att normera produktionen med hjälp av MTM-studier. Vid andra stationer, såsom kontakt- och magnettillverkningen samt vid hjälpkontaktmonteringen, är detta ett svårare problem. I och med att intrimningen fortgår ökar maskinernas verkningsgrad och produktiviteten ökar i mer eller mindre regelbundna trappstegsformade intervall. Först när inkörningssvårigheterna kan anses övervunna är det lämpligt att normera produktionen med hjälp av tidsstudier.

I ett högautomatiserat produktionssystem måste störningsfrihet och pålitlighet eftersträvas. Ett prestationslönesystem baseras på att operatören upptäcker och åtgärdar fel i så god tid som möjligt. Det blir då frågan om förebyggande vård och förutseende av vad som kan orsaka driftstörningar. Ett sådant förutseende är mycket värdefullt ur företagets synvinkel och bör premieras.

I produktverkstadsprojektet för SVA-L hade man ursprungligen följande filosofi. Om fel upptäcktes vid provningen i slutet av tillverkningskedjan, skulle man gå direkt till tillverkningsstället för att avhjälpa felet. Detta skulle kunna göras på grund av den korta tid som skulle förflyta mellan detaljtillverkning och slutmontering-provning. Dessa förväntningar har inte riktigt infriats. Att snabbt lokalisera upptäckta fel till rätt del av tillverkningsprocessen visade sig i många fall mycket svårt. I stället måste en hårdare kvalitetskontroll ske i linjerna - och detta var naturligtvis svårare att komplettera i efterhand.

En viktig aspekt vid automatiserad tillverkning är – naturligt nog – att människan saknas, och då också människans känsel, syn och hörsel. En skruv som saknar gängor kasseras av en kontrollant. Om ej automaten har denna kassationsfunktion inbyggd kan konsekvenserna bli omfattande. T ex kan en ogängad skruv pressas in i en kontaktorhalva, vilket medför risk för brott och driftstörningar långt senare. Vad som från början ej beaktades, men som bör finnas vid automatiserad produktion, är en noggrann granskning av ingående detaljer, dvs det gäller att minimera antalet avarter redan från början. Snävare toleranser är ett krav. Vidare bör någon "känselfunktion" finnas med; maskinen har då en egenjustering som slår till en stoppfunktion vid fel på detaljerna. Som exempel kan nämnas problem av dessa slag med den minsta kontaktorn vid igångkörningen (med automatisk tillverkning) i

början av 1970-talet. Genom den försämrade tillförlitligheten som blev resultatet har säkerligen delar av den svenska marknaden förlorats. Detta kan stå som ett exempel på de svårigheter som uppstår vid förändringar och nydaningar.

Man kan även se det ur en annan aspekt. Den kostnad företaget har för garantiåtaganden är inget bra mått på mängden felaktiga produkter. När det gäller standardprodukter av denna typ byter kunden oftast ut hela kontaktorn och köper en ny (förmodligen av annat märke). Detta ger negativ good-will och påverkar framtida avsättningsmöjligheter.

Men inte bara själva kontaktorn utan ett helt driftavbrott kan innefattas i "garantiåtagandet". Följdkostnaderna som ett fel kan medföra kan vara mycket stora, t ex ett haveri/stillestånd på ett fartyg. Genom en metod, där man med hjälp av en teoretisk uppskattning jämför samhällets (kundens) kostnader för felaktiga, icke tillförlitliga produkter och företagets kostnader för att eliminera detta fel, kan man beräkna när det blir lönsamt att angripa orsaken till felet. Genom detta kan större insatser motiveras för att förbättra kvalitén och öka driftsäkerheten på apparaterna.

Inom avdelningen kvalitetskontroll finns statistik som klart påvisar en försämring i kvalitetshänseende efter det att produktverkstäderna körts igång. Felkostnaderna i procent av producerat verkstadsnetto gick upp från 1,1 till knappt 3. Denna utveckling har dock åter vänts till det bättre. Siffrorna är emellertid inte helt jämförbara. Uppgången av felkostnaderna kan hänföras till två skilda orsaker: För det första var det en effekt av en betydande framflyttning i produktionsteknik då problem uppstod i samband med igångkörningen av nya maskiner. Den automatiska monteringsverkstaden t ex var en medveten utvecklingsattack, där ett av målen var att skaffa kunskap. En viktig lärdom av den automatiska monteringen är att man där måste ha snävare toleranser på komponenterna än vad som krävs vid manuell montering. Att detta inte insågs från början kan vara en bidragande orsak till ökade kassationer. För det andra var det en effekt av höjda kvalitetskrav. Genom den sofistikerade provningsutrustningen upptäcks fel och mindre variationer i högre grad än tidigare. Dessa problem angrips och analyseras mer noggrant vilka sammantaget haft en kvalitetshöjande effekt samtidigt som felkostnaderna – åtminstone till en början – naturligtvis steg på grund av ovan nämnda igångkörningstekniska problem.

En annan sida av problemet, förutom svårigheten att lokalisera de fel som upptäcks först i slutfasen i produktionslinjen, är de "oförklarliga" fel i produkterna som uppträder när man börjar manipulera med genomloppstiderna och som kanske inte upptäcks förrän långt senare. Magnettillverkningen kan här tjäna som exempel. Vi har tidigare sett hur man drastiskt förkortat genomloppstiden. Detta innebär att magneten kommer på plats i kontaktorn mycket tidigare räknat från det att tillverkningen startade. Då har inte materialet hunnit stabiliseras – kanske har t ex anoljningsprocessen inte hunnit verka ut – och små, små skiftningar äger rum i materialet efter slutmonteringen med icke avsedda, negativa effekter som följd.

En åsikt som framförts – och som förmodligen är riktig – är att en automatiserad linje ej bör byggas för en redan existerande produkt. Produkten har en gång konstruerats för en helt annan tillverkningsprocess. Exemplet med brickan som håller en skruv kan belysa detta: Denna bricka

kunde inte monteringsautomaten klara av. Trots protester från konstruktionssidan bestämdes att skruven skulle dras fast utan bricka. Tester hade visat att det skulle fungera tillfredsställande. Men i externa (och extrema) industriella miljöer lossnade skruven under de stora påfrestningar som där uppstod. Med tanke på de omfattande konsekvenser en felaktig kontaktor kan få måste händelser av dessa slag betraktas som allvarliga. Det fanns alternativa lösningar på problemet som monteringsautomaten kunde klara av. Viktigt vid projektering för nya produkter är ett intimt samarbete mellan konstruktion – beredning – produktion och kvalitetskontroll.

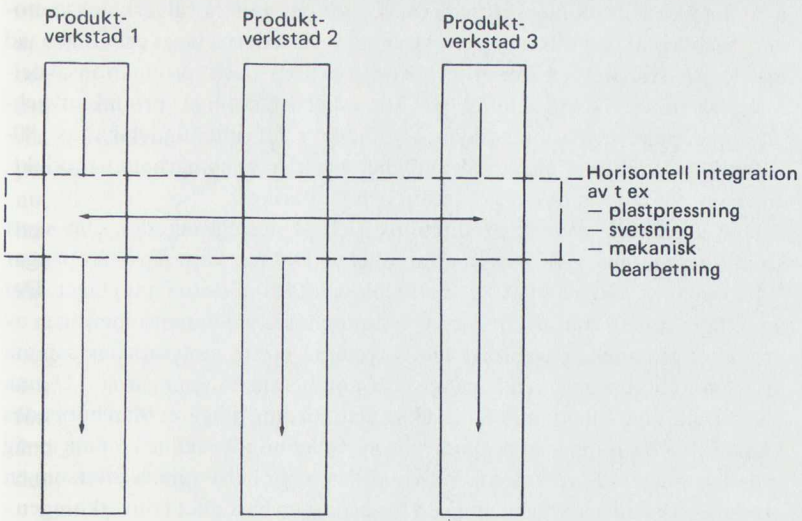
Tveklöst positivt är däremot det gensvar för kvalitetsfrågor som kunnat märkas från verkstadens sida. I och med att man nu framställer hela produkten ökar också ansvaret för att få fram en funktionsduglig slutprodukt. Personal från verkstadsledningen bör också tidigt komma in i projekteringsskedet av nya produkter/metoder för att redan från början uppmuntras till ett ansvarstagande.

Kapitel 7 Sammanfattning

De förändringar som beskrivits i föreliggande rapport härstammar från början av 1960-talet. Tillverkningsvolymerna ökade då kraftigt, varvid flödet av dokument och material blev alltmer svåröverskådligt i administration och verkstad. Företagsledningen, medveten om storleken av det kapital som fanns bundet i produktionen, iscensatte då en intensiv kapitaljakt. För att förbättra lönsamheten ville man skära ned sortimentet, särskilja rutinerna för olika orderslag och införa ny tillverkningsorganisation för att därigenom öka omsättningshastigheten på det arbetande kapitalet. En uttalad strävan var också att minska det omfattande manuella arbetet i monteringsavdelningen. Den produktionstekniska utvecklingen som hela tiden skedde i ASEA medförde att ambitionen växte vad gäller automatisering i produktionsprocessen. Inom apparatsektorn tillverkades stora volymer standardprodukter vilka var lämpliga objekt för ett pilotprojekt med produktverkstäder.

För ASEA:s del har införandet av produktverkstäder blivit om ej en produktionsmässig succé så i alla fall ett steg i riktning mot bättre och effektivare tillverkningsmetoder. Utan de omändringar som gjorts bedömer man inom ASEA att man inte hade kunnat försvara sin position på marknaden. En av utvecklingarna för integrerad flödesproduktion är ett slags modifierad produktverkstad med funktionella interagerande avdelningar, dvs man samlar ihop vissa tillverkningsmoment från flera produktverkstäder till en enhet där samma slag av bearbetning utförs. I kontaktortillverkningen kan detta exempelvis gälla för plast- och excenterpressning. Utnyttjningen av maskinutrustningen ökar, en del maskininvesteringar av kompletterande slag kan undvikas och den specifika tillverkningstekniska kunskapen samlas till ett ställe. Kontinuiteten i flödesprocessen går förlorad, men denna negativa inverkan kan motverkas genom att så långt som möjligt bibehålla orienteringen av material och halvfabrikat med hjälp av tekniskt förbättrade hanterings- och transportutrustningar.

I vertikalt integrerade verkstäder skulle det alltså inplanteras horisontellt



Figur 10. Skiss, modifierad produktverkstad

sammanbundna tillverkningsmoment för samma slag av produktion. Denna symbios mellan verkstäderna skulle bidra till ett ökat maskin- och personalutnyttjande. Vidare kan den värdefulla expertkunskapen på skilda tekniker bättre tillvaratas. Denna unika och för företaget nödvändiga kunskap hos personalen kan möjligen ha underskattats när man från början planerade för integrerad produktion. Problemet med den modifierade formen är att bibehålla flödet någorlunda intakt utan nya mellanlager och småtransporter inom verkstaden. Kravet på förfinade planeringsrutiner ökar i och med större produktionsenheter, liksom förutsättningen att bättre ta tillvara och motivera administrativa systemförbättringar.

Priset för låg styckekostnad och snabbare flöden i verkstaden har blivit minskad flexibilitet i produktionen. Detta har delvis fått uppvägas genom en ökad flexibilitet hos personalstyrkan, dvs utbildning sker så att arbetstagaren kan klara av flera arbetsuppgifter på flera verkstäder. Detta tillfredsställer samtidigt krav i denna riktning från arbetstagarorganisationerna. Ur allmän ergonomisk synvinkel kan det också vara positivt att byta arbetsuppgifter.

Under 1970-talet har man inom företaget lärt sig hur man skall och inte skall bygga en produktverkstad, speciellt med tanke på förhållandet tillverknings- eller monteringsteknisk komplexitet kontra automatiseringsgrad. I nästa produktgeneration vill man t ex inom ett produktionsavsnitt bygga ihop fyra mindre enheter av kontaktorn var för sig som sedan slutmonteras till en femte. Detta bidrar till en enklare monteringsprocedur. Här återinförs då ett slags funktionellt tänkande.

Införandet av produktverkstäder kräver ordentliga volymer i tillverkningen som kan motivera maskinutrustning i relativt stor skala. Det ideala fallet vore vid så stora produktionsvolymer att en produktverkstad ekonomiskt kunde försvaras för varje apparatstorlek. En avgörande komplikation vad gäller den nuvarande apparatserien har varit att denna s k EG-serie ursprungligen ej konstruerades för automatmontering. En lärdom

av detta är att produkten bör utformas efter den tänkta tillverkningsmetoden. Själva grunden till en hög effektivitet i verkstäderna läggs egentligen vid det första strecket på ritbordet. Konstruktions- och produktionsavdelningarna måste konfronteras på ett tidigt stadium i produktutvecklingsprocessen. Produktionssidans synpunkter får inte underskattas. 80-talets kontaktor blir med nödvändighet en mer genomarbetad produkt, anpassad till automatisk bearbetning och hantering.

Den utveckling av nya produktions- och planeringsmetoder som skett inom företaget har givit många erfarenheter. Det har varit dyra läropengar många gånger; vad man lärt sig är att kanske inte ta så stora bitar i taget. Det är viktigt att man träffar rätt med volymprognoser vid dimensioneringen av produktverkstaden. De tillverkade volymerna måste motsvaras av samma insatser/ambitionsnivå vad gäller försäljningsansträngningarna. Denna hopkoppling har inte funnits i tillräcklig utsträckning tidigare. Man hoppades kanske att avsättningen av apparaterna mer eller mindre skulle komma av sig själv. De planerade volymerna i tillverkningen bör helst uppnås eftersom en produktverkstad egentligen är gjord för endast en hastighet i tillverkningen - full fart. Styckepriset på produkterna blir högre om prognosticerad volym ej nås och en situation med överkapacitet uppstår.

Genom de ovan beskrivna förändringarna har kapitalets omsättningshastighet påverkats. Utvecklingen har dock inte varit särskilt gynnsam i detta avseende. Under ett av de senaste åren har den t o m nått under nivån 2 ggr per år (1978, se tabell 3, s 465). Detta har flera förklaringar. Produktionen och därmed utlevererat verkstadsnetto har legat under tidigare uppgjorda prognoser. Samtidigt har det bundna kapitalet, speciellt i maskiner, överstigit planerna. Återigen poängteras det faktum att kapitalet i maskiner i dag är i det närmaste fördubblat jämfört med förkalkylerna för projektet, 8,2 Mkr mot 4,2 Mkr. Skillnaden kan ses som ett mått på problemen att forma materialflödena mellan maskiner och maskingrupper i verkstaden, t ex problemet med att bibehålla orienteringen av halvfabrikat. Trots att idén bakom produktverkstäder innebär ett "helintegrerat" synsätt visar sig de praktiska överföringsproblemen inom verkstaden i högsta grad påtagliga. De tillkommande investeringarna härvidlag består till stora delar av insatser av företagets egna ingenjörer och tekniker vad gäller utrednings- och utvecklingskostnader. Företaget har alltså efter hand fått justera upp antalet kompletteringar och ersättningar av maskiner och utrustningar i produktionslinjen. Varuförlagen däremot har hela tiden hållits på låga nivåer.

Inflexibilitet är en av medaljens baksidor. En produktverkstad med dess flödesfilosofi och integrerade synsätt kan bli en vacker skapelse som inte kan utnyttjas ekonomiskt, eftersom den är högt specialiserad och anpassad för en enda produkt. Om volymprognoserna slår fel, uppstår underbeläggning alternativt höga anpassningskostnader för förändrad volym/produktmix. En utväg kan vara att försöka välja en produktionsteknik som medger en volymanpassning av tillverkningen mellan extrempunkterna noll och maximum. Maskinutrustningarna kan då utnyttjas för andra ändamål än för en enda specialprodukt om inte hela kapaciteten tas i anspråk av denna.

Hela "software-problematiken" är till syvende og sidst den kanske mest viktiga: personalfrågor, utbildning, generering och utveckling av nya idéer och angreppssätt osv. Kunskapskraven på personalen har vuxit och kommer

att växa i framtiden. Samtidigt kan kraven på flexibilitet antas öka i takt med den produktionstekniska utvecklingen. Varje anställd måste då kunna gå in och utföra arbetsuppgifter på flera ställen. I fråga om utbildning och inslussning av ny personal är det viktigt att de nyanställda tas emot på ett riktigt sätt och motiveras till djupare kunskap om och förståelse för produktionsproblem. Praktik och teori får varvas. Speciella program finns nu, där den anställde får pröva sig fram till vilket produktionsavsnitt han/hon har fallenhet för. Systemkunskap hos den enskilde kommer att bli alltmer viktig, när maskiner och utrustningar tilltar i komplexitet. Automatskötarna har redan i dag en nyckelroll i produktionen.

De krav som företaget ställer kan ibland kännas främmande för många ungdomar. Detta beror kanske på att man har vaga begrepp om vad arbetslivet innebär. Skolan har här en viktig uppgift i att informera och förbereda. För den äldre arbetskraften har förändringarna också betytt ändrade arbetsuppgifter men med den inskolning som skett efterhand har dessa omställningsproblem inte befunnits vara alltför stora.

Appendix

Bemanningsutvecklingen i SVA-L-verkstaden

Yrke	Kod	Antal								
		1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Eldprovare	251	2	1	2	2	2	2	7	5	2
Bandställare	232	2	1	1	3	3	2	4	2	1
Bandhopsättare	730	11	23	35	36	32	49	42	23	29
Handsvetsare	330	10								
Materialman	802		1	1	1	2	3	2	2	2
Seriehopsättare	720		1			1	1	1		
Rensare	188			1	2	3	4	5	5	4
El-lindare	789			5	5	4	9	7	8	7
Formpressare	181			2	8	6	9	9	9	8
Avsynare	240				1				1	1
Maskinställare	231				2	2	3	3	3	2
Excenterpressare	460				9	4	3	3	2	2
Planslipare, slipare	452/459				4	3	2	1	2	2
Smärglare	610				3					
Lärling	880				1					1
Pressare	469				2	1				
Trycksvarvare	491				1					
Tunnplåtslagare	310				1					
Hårdlödare, lödare	791/790					2	4	1		
Automatoperatör	449						3	4	15	26
Maskinreparatör	220								1	3
Provare	259								1	1
Summa i slutet av året		25	27	47	81	65	94	89	79	91
Antal avställda under året		0	2	3	1	2	9	10	16	12

Ny maskinutrustning i SVA-L-verkstaden

Maskin	Avsedd för	Typ	Avd.	Inst.år	Styrsystem
Kap-borrmaskin	Fasta kontakter	Aut.	SVA-L-1	1974	Elektro-Mekanisk
Kap-borrmaskin	Fasta kontakter	Aut.	SVA-L-1	1974	Elektro-Mekanisk
Kap-borrmaskin	Fasta kontakter	Aut.	SVA-L-1	1976	Elektro-Mekanisk
Längdtaktmaskin EG-315-630	Uttagsskenor	Aut.	SVA-L-1	1975	Elektro-Mekanisk
Längdtaktmaskin EG-40	Uttagsskenor	Aut.	SVA-L-1	1975	Elektro-Mekanisk
Längdtaktmaskin EG-80	Uttagsskenor	Aut.	SVA-L-1	1975	Elektro-Mekanisk
Längdtaktmaskin EG-160	Uttagsskenor	Aut.	SVA-L-1	1975	Elektro-Mekanisk
Kalibreringsautomat EG-160	Fasta kontakter	Aut.	SVA-L-1	1974	Elektro-Mekanisk
Kalibreringsautomat EG-315	Fasta kontakter	Aut.	SVA-L-1	1974	Elektro-Mekanisk
Lödautomat 801/631	Fasta + rörliga kontakter	Halvaut.	SVA-L-1	1977	Elektro-Mekanisk
Kontaktsvetsline A-1-03	Fasta kontakter	Aut.	SVA-L-1	1974	Elektro-Mekanisk
Kalibreringsautomat EG-80	Fasta kontakter	Aut.	SVA-L-1	1978	Elektro-Mekanisk
Nitautomat för Kärnor-Ankare	Kärnor o. ankare	Aut.	SVA-L-1	1975	Elektro-Mekanisk
Nitautomat för Kärnor	Kärnor o. ankare	Aut.	SVA-L-1	1974	Elektro-Mekanisk
Nitautomat för Kärnor	Kärnor o. ankare	Aut.	SVA-L-1	1974	Elektro-Mekanisk
Monteringsautomat	Kärnor o. ankare	Aut.	SVA-L-1	1975	Elektro-Mekanisk
Nitautomat för Ankare	Kärnor o. ankare	Aut.	SVA-L-1	1975	Elektro-Mekanisk
Monteringsautomat	DIN-klämma	Aut.	SVA-L-3	1978	Elektro-Mekanisk
Monteringsautomat	Hjälpkontakt	Aut.	SVA-L-3	1977	Elektro-Mekanisk
Monteringsautomat 120-SUY	Kontaktpaket	Aut.	SVA-L-3	1974	Elektro-Mekanisk
Monteringsautomat 120-SMT	DIN-klämma på kontakt	Aut.	SVA-L-3	1974	Elektro-Mekanisk
Skruvdragningsm US100-477	Amerikansk kontakt	Halvaut.	SVA-L-3	1974	Elektro-Mekanisk
Monteringsautomat 100-984	Kontaktpaket	Aut.	SVA-L-3	1978	Elektro-Mekanisk
Kontaktprovutr EG, 3 st	Kontaktorer	Aut.	SVA-L-3	1976	Datorstyrd
Monteringsautomat EG-40	Kontaktorer	Aut.	SVA-L-3	1974	Elektro-Mekanisk
Monteringsautomat EG-80	Kontaktorer	Aut.	SVA-L-3	1974	Elektro-Mekanisk
Monteringsautomat EG-40	Kontaktorer	Aut.	SVA-L-3	1974	Elektro-Mekanisk
Monteringsautomat EG-80	Kontaktorer	Aut.	SVA-L-3	1974	Elektro-Mekanisk
Monteringsautomat EG-40	Kontaktorer	Aut.	SVA-L-3	1974	Elektro-Mekanisk
Monteringsautomat EG-80	Kontaktorer	Aut.	SVA-L-3	1974	Elektro-Mekanisk
Monteringsautomat EG-80	Kontaktorer	Aut.	SVA-L-3	1974	Elektro-Mekanisk
Monteringsautomat EG-40	Kontaktorer	Aut.	SVA-L-3	1974	Elektro-Mekanisk
Monteringsautomat EG-40	Kontaktorer	Aut.	SVA-L-3	1974	Elektro-Mekanisk
Monteringsautomat EG-80	Kontaktorer	Aut.	SVA-L-3	1974	Elektro-Mekanisk
Monteringsautomat EG-160	Kontaktorer	Aut.	SVA-L-3	1974	Elektro-Mekanisk
Halvautomat för limning	Ljusbågsskärmar	Halvaut.	SVA-L-3	1978	Elektro-Mekanisk
Blästeranläggning	Plastdetaljer	Aut.	SVA-L-2	1976	Elektro-Mekanisk
Lindningsautomat WPA-70	Spolar	Aut.	SVA-L-2	1975	Elektro-Mekanisk
Provutr för spolar	Spolar	Aut.	SVA-L-2	1975	Elektro-Mekanisk

Konkurrenter

I Sverige finns följande konkurrenter vad gäller kontaktorer: Telemecanique, Klockner-Moeller, Sprecher & Schuh, Siemens, Benedikt & Jäger, BBC-Stotz.

Dessa har tillverkning i Västeuropa och samtliga exporterar till Sverige. Kontaktorernas avsättningsandel för ASEA är 40 % i Sverige och 60 % utomlands.

Bilaga 2 Redovisning av särskild varugruppsindelning

I Industri del 2, som årligen publiceras av SCB, redovisas bl a industriproduktionen till saluvärde, fördelad enligt Tulltaxa med statistisk varuförteckning (CCC-nomenklaturen). Mellan varustatistiken enligt CCC-nomenklaturen (tidigare kallad Bryssel-nomenklaturen) och branschstatistiken som bygger på fördelning av arbetsställen enligt SNI[1]), har inom SCB utarbetats en nyckel.[2] Härigenom är det möjligt att korsklassificera i termer av varugrupper och branscher.

I syfte att analysera eventuellt samband mellan marknadsförhållandena för en viss vara eller varugrupp och den produktionsteknik och utrustning som används för att framställa varan, har verkstadsproduktionen indelats i fyra varugrupper:

- förbrukningsvaror
- komponenter
- investeringsvaror
- konsumentvaror

De teoretiska motiven till den valda indelningen återfinns i avsnitt 1.4.3.2.

Rent praktiskt har varugruppindelningen tillgått så att varorna enligt CCC-nomenklaturen fördelats på de fyra varugrupperna. Fördelningen har gjorts av DEK:s sekretariat. Därefter har materialet bearbetats av SCB.

Vid fördelningen har följande kriterier tillämpats:

Gruppen *förbrukningsvaror* kännetecknas av att varorna används i industriella processer men utan att därefter ingå i någon förädlad produkt. Som framgår av namnet är dessa varor utsatta för en kontinuerlig förslitning och förbrukas i tillverkningsprocessen. Detta är i och för sig fallet också för investeringsvarorna. Skillnaden mellan förbrukningsvaror och investeringsvaror kan definieras i företagsekonomiska termer på så sätt att utgifter för förbrukningsvaror genast kostnadsförs i sin helhet (= direkt avskrivning) medan utgifter för investeringsvaror aktiveras (förs upp som en tillgång i balansräkningen) för att sedan minskas genom årliga avskrivningar.

Exempel på förbrukningsvaror är handverktyg och redskap, svetselektroder, metallförpackningar och ammunition. I vissa fall kan varan både vara förbrukningsvara och konsumentvara. Typiska sådana exempel är handverktyg som både används för yrkesmässigt bruk och hobbyarbete; glödlampor och elektriska säkringar. I dylika tveksamma fall har "mest"-kriteriet tillämpats; d v s varorna har i sin helhet förts till den kategori dit majoriteten

[1] Svensk näringsgrensindelning
[2] Se SCB: Meddelanden i samordningsfrågor, 1975:4

av dessa bedömts höra.

Komponenter utmärks av att de saknar självständiga användningsområden och ingår i varor för slutanvändning, d v s konsument- och investeringsvaror. En viktig åtskillnad skall göras mellan standardiserade respektive specialiserade komponenter. Av de komponenter som omsätts på öppna marknaden torde den dominerande andelen utgöras av *standardiserade* sådana, d v s komponenterna ges en så generell utformning som möjligt för att kunna ingå i ett stort antal slutprodukter av varierande slag. De *specialiserade komponenterna* tillverkas däremot för att ingå i en viss vara eller i ett särskilt system. Merparten av dessa komponenter framställs inom det företag som också monterar slutprodukten, varför de aldrig når den öppna marknaden.

I det komponentbegrepp som här skall användas avses endast de standardiserade komponenterna. De specialiserade komponenterna förs till den varugrupp där slutprodukten hör hemma, d v s investerings- eller konsumentvaror. I varustatistiken redovisas i regel under samma statistiska nummer såväl en vara som eventuella delar och tillbehör (= specialiserade komponenter). På motsvarande sätt kommer därför de delar och tillbehör som är direkt hänförliga till en viss vara att klassificeras i samma varugrupp som "modervaran".

Till gruppen komponenter förs också de av verkstadsindustrins produkter som är att jämställa med råvaror eller som ligger mycket nära begreppet råvara.

Exempel på varor som ingår i gruppen komponenter är avfall och skrot från järn, stål, koppar och andra metaller, stång och plåt, rör och flänsar, tråd, kabel och linor, skruvar nitar och spik, lås, gångjärn och beslag, luftpumpar, kompressorer och fläktar, kranar och ventiler, kullager, axlar och kugghjul, mindre växelströmsmotorer, omformare, transformatorer, likriktare och generatorer, strömbrytare, vägguttag och kopplingsdosor.

Till *investeringsvaror* räknas alla sådana produkter som utmärks av viss varaktighet (jfr förbrukningsvaror), och som är avsedda för antingen det privata näringslivet eller för offentlig förbrukning. Gränsdragningsproblem kan här uppstå inte bara gentemot gruppen förbrukningsvaror utan också visavi konsumentvaror. Den principiella skillnaden mellan investerings- och konsumentvaror ligger i kravet på förvärvs- eller yrkesmässighet i användningen av en investeringsvara. Exempel på gränsfall är en personbil som utnyttjas av dess ägare i dennes förvärvsverksamhet, samtidigt som den används som familjebil på fritiden. Även här har varorna i sin helhet förts till den grupp där flertalet av dem bedömts höra hemma.

Till gruppen investeringsvaror räknas bl a allehanda maskiner och apparater för professionellt bruk, transportutrustning för järnvägs-, flyg-, sjöfarts- och landsvägstransporter, insatsvaror i byggnadsverksamhet såsom värmepannor för centraluppvärmning med radiatorer och hissar samt varor för offentlig förbrukning såsom stridsvagnar och sjukvårdsutrustning.

Det som principiellt utmärker gruppen *konsumentvaror* är att köp och förbrukning av en vara saknar direkt samband med köparens/utnyttjarens yrkesmässiga verksamhet. Som nämnts kan man här stöta på gränsdragningsproblem där en och samma produkt kan höra hemma i flera grupper. Sålunda kan exempelvis en 60 W glödlampa användas i skrivbordsbelysningen på ett

kontor (= förbrukningsvara) som i köksbelysningen i en privatbostad (= konsumentvara). Vi nämnde också nyss personbilen som användes både i ägarens förvärvsverksamhet och på hans fritid. Vid fördelning i dessa tveksamma fall har dock som tidigare nämnts "mest"-kriteriet tillämpats.

Exempel på konsumentvaror är hushållsredskap och hushållsmaskiner, kyl- och frysskåp, tvätt- och diskmaskiner, spisar och kaminer, radio, TV och Hifi, personbilar, mc, cyklar, utombordare och husvagnar, kameror och leksaker.

Såväl fördlingsvärde som sysselsättning (mätt som antal arbetstimmar) har fördelats på de fyra varugrupperna. Resultatet framgår av nedanstående tabell.

Såväl fördlingsvärde som sysselsättning (mätt som antal arbetstimmar) har fördelats på de fyra varugrupperna. Resultatet framgår av nedanstående tabell.

Tabell 1 Förädlingsvärde och sysselsättning år 1977 med fördelning på varugrupper

Varugrupp	Förädlingsvärde		Sysselsättning	
	Milj kr	Andel i %	Antal	Andel i %
Förbrukningsvaror	2 966	6,5	28 398	6,3
Komponenter	6 504	14,3	74 887	16,6
Investeringsvaror	27 696	61,1	264 004	58,6
Konsumentvaror	6 431	14,2	62 432	13,8
Ej varugruppfördelat	1 756	3,9	21 141	4,7
Summa	45 353	100,0	450 862	100,0

Källa: SCB, DEK.

Även korsfördelning är möjlig, d v s fördelning av förädlingsvärde respektive sysselsättning på såväl varugrupp som delbransch. I tabell 2 redovisas förädlingsvärde och i tabell 3 sysselsättning.

Tabell 2 Förädlingsvärde år 1977 i 1 000 kr fördelat på delbransch och varugrupp

Bransch	Förbrukningsvaruindustri	Komponentindustri	Investeringsvaruindustri	Konsumentvaruindustri	Ej varugruppfördelat	Totalt
381	1 441 711	3 015 889	3 359 088	637 241	12 492	8 466 421
382	1 402 822	1 298 252	9 145 972	954 720	447 778	13 249 544
383	76 868	1 910 277	5 450 422	717 433	269 889	8 424 889
3841	0	115 126	3 510 564	253 634	96 174	3 975 498
384 exkl. 3841	36 367	129 955	5 372 187	3 804 978	914 903	10 258 390
385	7 821	33 979	858 239	63 460	14 922	978 421
38	2 965 589	6 503 478	27 696 472	6 431 466	1 756 158	45 353 163

Källa: SCB, DEK.

Tabell 3 Sysselsättning år 1977, mätt i 1 000 arbetstimmar, fördelad på delbransch och varugrupp

Bransch	Förbrukningsvaruindustri	Komponentindustri	Investeringsvaruindustri	Konsumentvaruindustri	Ej varugruppfördelat	Totalt
381	14 031	37 694	40 653	8 593	189	101 160
382	12 686	14 465	88 442	14 134	5 433	135 160
383	852	19 689	40 192	9 601	4 523	74 857
3841	0	1 361	33 140	4 706	1 148	40 355
384 exkl. 3841	599	1 333	53 913	24 584	9 714	90 143
385	230	345	7 664	814	134	9 187
38	28 398	74 887	264 004	62 432	21 141	450 862

Källa: SCB, DEK.

Den del av förädlingsvärdet och sysselsättningen som inte har kunnat hänföras till produktion av någon särskild vara redovisas under rubriken "Ej varugruppfördelat". Däri ingår huvudsakligen reparations- och underhållsarbete.

Bilaga 3 Rationaliseringssträvanden inom industrin. En bakgrund[1]

1 Den svenska industrin vid sekelskiftet

Under 1900-talets första decennium passerades flera milstolpar på det svenska samhällets väg mot industrialiseringen. Det var det första årtionde då jordbruksbefolkningen inte längre utgjorde en absolut majoritet. Ett par år in på det nya seklet passerade värdet av industriproduktionen värdet av jordbruksproduktionen, även det ett förhållande som skulle komma att bestå. Industrialiseringen var därför den mest iögonfallande av näringslivets strukturförändringar och det var till industrin som de största förhoppningarna eller farhågorna knöts.

Åren omkring sekelskiftet hade varit gynnsamma för den svenska industrin som helhet. Det totala produktionsvärdet fördubblades mellan 1896 och 1907. Det fanns emellertid skuggor av hot i den ljusa bilden. Den svenska industrin var på grund av sitt exportberoende mycket konjunkturkänslig. Kring sekelskiftet blev hotet också verklighet för den äldsta av de moderna industrigrenarna, nämligen sågverksindustrin.

Av de utmärkande dragen i den industriella utvecklingen var mekaniseringen det allt överskuggande. På område efter område ersattes det mänskliga arbetet av maskiner och andra energikällor. De på inhemska råvaror baserade produkterna dominerade ännu så länge och den starka efterfrågan ledde till en ökad medvetenhet om råvaruhushållningens vikt. Samtidigt gick trenden mot allt mer förädlade varor. Hemmamarknaden expanderade, inte minst på konsumtionsvarornas område. Den inhemska efterfrågan på sådana produkter hade sin förutsättning i en allt mer uttalad arbetsfördelning och uppdelning av befolkningen i olika yrkesfack.

I en internationell jämförelse innebar industrialiseringen av det svenska näringslivet i ovanligt hög grad att industrin förlades till landsbygden i stället för att koncentreras till städerna. Det medförde att äldre typer av arbetsorganisation fick större möjligheter att leva kvar. Inom textilindustrin var antalet hemarbetare ännu åren före första världskriget större än antalet sysselsatta i fabriker. I metall- och skogsindustrin visade brukhushållningen stark livskraft.

De teknologiska impulserna som nådde den svenska verkstadsindustrin kom under en stor del av 1800-talet främst från England. Från 1870-talet började emellertid allt starkare inflytande från USA att göra sig gällande. Inkörsporten var vapenindustrin i Eskilstuna, som tog upp maskiner och metoder från sina amerikanska konkurrenter. Det gällde såväl teknik som

[1] Avsnittet bygger på Hans De Geers "Rationaliseringsrörelsen i Sverige", Studieförbundet Näringsliv och Samhälle (1978) samt på uppsatsen "Näringslivets rationalisering - några perspektiv på ett triangelspel mellan stat, företag och fackliga organisationer" av Hans De Geer och Eric Giertz. Uppsatsen ingår i DEK-publikationen "Datateknik, ekonomisk tillväxt och sysselsättning" (1980).

arbetsorganisation, särskilt olika former av standardisering av komponenter och förfaranden. Från gevärsfaktoriet spreds under 1870-talet inflytandet vidare till de mekaniska verkstäderna i samma stad och till bl a vapenfabriken i Huskvarna.

Vid sekelskiftet framstod emigrationen som ett betydande nationellt problem med sociala och ekonomiska konsekvenser av vitt skilda slag. Till en del berodde utvandringen på den amerikanska industrins höga lönenivå. Konkurrensen om arbetskraften ledde i mångas ögon allt för ofta till att den svenska företagsamheten drog det kortaste strået. Intresset kom därför i hög grad att riktas mot de amerikanska industriella arbetsmetoderna. I centrum kom därför att stå frågeställningen om hur produktiviteten i den svenska industrin skulle kunna ökas.

2 Rationalisering och produktivitet

Intresset för rationaliseringen som metod kom till en början att endast inrikta sig på att främja arbetsproduktiviteten. Arbetets sociala sida skulle inte komma att tas upp förrän under mitten av 1920-talet. Den inhemska debatten kring rationaliseringsfrågor stod under inflytande av olika internationella idéströmningar. Från Amerika kom idéerna om den "vetenskapliga arbetsledningen" (taylorismen), med dess betoning av en på individen inriktad och till arbetsprestation och ekonomisk ersättning begränsad relation mellan arbetare och arbetsgivare. Metoden bygger på tesen att det i varje arbete och för varje moment finns *ett* sätt att gå tillväga som är överlägset alla andra. Genom vetenskaplig analys, med klockan och tidsstudieprotokollet som viktigaste analysinstrument, är det enligt taylorismen möjligt att finna detta tillvägagångssätt.

Framväxten av den moderna psykologin kom under benämningar som "industriell psykologi" och "psykoteknik" att finna tilllämpningar inom industrin. Det var också uppkomsten av den moderna företagsekonomin, som med rötter i nationalekonomin och handelslära utvecklade nya analysmetoder som med en förut okänd säkerhet kunde ställa den industriella verksamheten i relation till de ekonomiska förutsättningarna.

I Sverige spreds det tayloristiska idégodset via en mångfald kanaler: genom praktiska exempel från pionjärerna, kanske särskilt SKF, genom konsulterande ingenjörsbyråer, genom forsknings- och utvecklingsarbete inte minst i Ingenjörsvetenskapsakademins regi, genom utbildning av arbetsledare vid det så småningom inrättade Arbetsledarinstitutet, av civilingenjörer genom att rationell arbetsledning fick en allt större plats i kursplanerna vid Tekniska Högskolan och Chalmers samt genom Teknologföreningens informationsverksamhet. Vid mellankrigstidens slut var idéerna väl förankrade i det svenska samhället och näringslivet.

De nya idéerna, som bland annat förespråkade strikt arbetsorganisation och mekanisk kontroll av de anställda, kom att gå stick i stäv med den svenska brukstraditionen och det patriarkaliska systemets bredare sociala kontroll. Även fackföreningsrörelsens genombrott innebar en revolt mot brukshushållningens system, som genom järnbruksavtalet 1908 slutligen lades i graven.

Fabriksvisslan kompletterades med stämpelklockan så att tiderna passades, ackordslöneformer sörjde för arbetstakten hos de allt mer specialiserade (men inte nödvändigtvis mer kvalificerade) arbetarna. Planeringsprotokoll serverade färdiga instruktioner och verktygsförråd höll med iordningsställda verktyg. Men samtidigt förlorade arbetaren – eller arbetslaget – sin självständiga relation till sin arbetsuppgift och till sina verktyg.

Nyckelbegrepp i det praktiska rationaliseringsarbetet var specialisering och standardisering. De större företagen knöt ofta till sig underleverantörer, vanligen specialiserade småföretag som framställde ett fåtal produkter i långa serier. De små traditionella hantverksföretagen med vid produktflora minskade i betydelse. I början av 1920-talet inrättades en standardiseringskommission som kunde fastställa svenska standards efter förslag från organisationer på de olika branschområdena.

Flödesinriktad tillverkning förknippas främst med det löpande bandet hos Ford och andra biltillverkare. Till Sverige kom tekniken på 1920-talet, i första hand till företag inom verkstads- och konfektionsindustrierna. Denna utveckling var ett viktigt steg mot automatisering i och med att tillverkningen delades upp i korta, specialiserade arbetsmoment.

En liknande roll spelade arbetsstudierna, som verksamt bidrog till att det mänskliga arbetet betraktades som en planeringsbar komponent precis som maskinarbetet. Syftet var dels att effektivisera arbetsmomenten, dels att skapa underlag för ackordslönerna. Arbetsstudiemetodiken fick ett förnyat innehåll och aktualitet vid början av 1950-talet då MTM (Metod- Tid-Mätning) infördes, förankrad bland annat i lokala MTM-föreningar på industriorterna.

Under 1960-talet kom marknadsförings- och finansieringsfrågorna att få större tyngd som styrinstrument för företagsledningarna i förhållande till produktionsteknik och produktionsrationalisering. Inom själva tillverkningen kom intresset att främst inriktas mot materialstyrning, med syftet att minska det kapital som är bundet i förråd och lager. Denna nya rationaliseringsvåg hade sina rötter i andra discipliner än vad som var fallet för arbetsstudiemännen.

3 Rationaliseringens sociala konsekvenser

Intresset för rationaliseringens sociala effekter nådde Sverige förhållandevis sent. Dess negativa effekter – särskilt hotet om arbetslöshet – tycks inte ha uppmärksammats i nämnvärd utsträckning i den inhemska debatten före mitten av 1920-talet.

Från och med 1927 och fram till andra världskrigets utbrott skulle emellertid frågorna om näringslivets utveckling, rationalisering och sysselsättning komma att utgöra ett huvudtema i den svenska näringspolitiska debatten. Flera utredningar[1] tillsattes som direkt eller indirekt tog upp dessa frågor.

Mot slutet av 1950-talet fick frågan om arbetets innehåll ny näring. Liksom vid rationaliseringsdebatten i början av 1920-talet, diskuterade man automatiseringen på 50-talet väsentligen på grundval av erfarenheter från utlandet.

[1] 1927 års arbetslöshetsutredning Betänkande 1 (SOU 1931:42) Betänkande 2 (SOU 1935:6), 1933 års skogsindustrisakkunniga (SOU 1935:36), 1934 års mammututredning (SOU 1935:65, 66), 1936 års rationaliseringsutredning (SOU 1939:13).

Det var den begynnande datoriseringen som kastade sin skugga. Men i grunden kunde inte diskussionen rubba den nu traditionella inriktningen på effektiv anpassning av människan till tekniken via arbetsstudier och målinriktad utbildning, som präglade den svenska industrins produktions- och organisationsfilosofi under efterkrigstidens goda år.

4 Den fackliga inställningen

De som från början kunde tänkas starkast kritisera effektivitetssträvandena var naturligtvis arbetarnas organisationer. Där fanns det marxistiska arvet som såg den tekniska utvecklingen under en kapitalistisk samhällsordning som ett i djupaste mening ont, där fanns medvetenheten om den tayloristiska fackföreningsfientligheten, som tog sikte på den fackliga rörelsens själva existensberättigande.

I Sverige blev emellertid motsättningarna aldrig stora. Redan i den s k decemberkompromissen 1905 hade de svenska arbetsgivarna erkänt föreningsfriheten och i praktiken de fackliga organisationernas viktiga roll. Den form av taylorism som importerades hit innebar att de kollektiva avtalen garanterades en plats inom systemet. Den svenska traditionella patriarkala formen för arbetsledning gjorde att de tayloristiska, renodlat lönemässiga relationerna mellan parterna aldrig kom att dominera.

Den svenska arbetarrörelsen hade också slagit in på en reformistisk väg, som snart nog ledde till ett uttalat accepterande av den tekniska utvecklingen och effektivitetssträvandena inom industrin. I sitt program från 1941 nöjde sig inte LO med att acceptera rationaliseringen, man gick steget längre och gjorde anspråk på ett aktivt ansvar för effektivisering och strukturomvandling av näringslivet.

Att LO och flertalet fackförbund hade en otvetydigt positiv inställning till den tekniska utvecklingen hindrar inte att det lokala missnöjet med de genom den tekniska utvecklingen ändrade arbetsförhållandena tidvis kunde vara starkt. Från 1920-talets slut blev klagomålen över rationaliseringarnas och tidsstudiemännens framfart i verkstäder och fabriker allt vanligare och ledde fram till krav på medinflytade och del i rationaliseringsvinsten.

5 1936 års rationaliseringsutredning

Till en början uppfattades den tekniska utvecklingen och rationaliseringen främst som ett möjligt hot om ökad arbetslöshet. Som ovan nämnts behandlades dessa frågor av ett antal statliga utredningar under 1920- och 1930-talen. Av dessa skall här endast innehållet i den senare – 1936 års rationaliseringsutredning[1] – kortfattat beröras, då denna kan sägas sammanfatta resultaten av de tidigare.

Utredningen tillsattes i slutet av maj 1936 av den socialdemokratiska regeringen strax före dess avgång. Den var sammansatt av företrädare för arbetsmarknadens två huvudparter under opartisk ordförande. Partipolitiska tillhörigheter tycks inte ha spelat någon självständig roll vid sammansättningngen. I utredningsdirektiven anslogs en principiellt positiv syn på

[1] SOU 1939:13.

industrins rationalisering. Åtgärder skulle föreslås med syfte att dels *förebygga,* dels *lindra* eventuella skador. I det följande skall rationaliseringsutredningens argumentation och förslag presenteras. På en gång skall nämnas att utredningen var enhällig.

Rationaliseringen, konstaterade de sakkunniga, var en av flera faktorer som bidrog till näringslivets omvandling. Rationaliseringen inverkade kortsiktigt på arbetslösheten genom att påverka omsättningen på arbetsmarknaden. Den medförde en minskad nyrekrytering, vilket drabbade den yngre arbetskraften. Därtill kom ofta avskedanden, som hade en tendens att drabba de äldre på arbetsmarknaden. Dessa verkningar aktualiserade frågan vilka svårigheter som fanns för en friställd att åter komma i arbete och hur dessa kunde övervinnas. Geografiska hinder måste kanhända forceras genom flyttning, spärrar mellan yrkesmarknader måste brytas igenom genom omskolning. Men svårigheter fanns. Arbetsförmedlingen, som var organisatoriskt knuten till landstingen, fungerade bäst på lokala marknader. Den geografiska rörligheten minskades genom att arbetslöshetshjälpen var ålagd kommunerna. Många vågade inte flytta på grund av risken att bli arbetslösa i en ny kommun, som inte automatiskt tog på sig ansvar för icke mantalsskrivna. Organisationstillhörigheten hade en tendens att konservera facktillhörigheten, något som hindrade övergång från en yrkesmarknad till en annan. Den låsningen förstärktes genom arbetslöshetsförsäkringens anknytning till fackförbundens kassor.

Sammanfattningsvis menade de sakkunniga att rationaliseringen medfört att gamla hinder för att komma tillbaka på arbetsmarknaden hade tonats ner, men att nya kommit till, särskilt för de kategorier som inte kunde fungera i högre arbetstempo.

Rationaliseringens mer långsiktiga inverkan på sysselsättningsmöjligheterna diskuterades också. I en världsekonomi betraktad som en statisk helhet framstod rationaliseringen som orsak till permanent arbetslöshet. Olika nationella ekonomier kunde visserligen genom skiftande förutsättningar och olika takt i rationaliseringen skaffa sig fördelar på andra nationers bekostnad. Utgångspunkten för resonemanget, ett statiskt samhälle, var emellertid felaktig. Världsekonomin expanderade. När rationaliseringen på ett nationellt plan anklagades för att orsaka arbetslöshet framfördes därför ofta som motargument att driftsomläggningar vanligtvis medförde produktionsökning, som efter en kortare övergångsperiod skulle resultera i ökade sysselsättningsmöjligheter.

6 Förslag till en näringspolitik

Kommittén gick vidare till att diskutera vilka åtgärder som kunde vidtas för att *förebygga* rationaliseringens negativa effekter på sysselsättningen. Till att börja med tog den ställning till frågan om *förbud* mot rationalisering. I linje med sin inställning till rationaliseringen som sådan svävade de sakkunniga inte på målet utan avvisade i klara ordalag generella förbud. En reservation gjordes för att det i framtiden kunde bli befogat att inom någon industrigren temporärt införa specificerade förbud.

Det pragmatiska synsätt som utredningen i förbudsfrågan gav prov på

visade sig än tydligare när man kom in på frågan om *kontroll* av rationaliseringen inom industrin. En kontroll kunde avse dels att hindra "felrationalisering"[1], dels att anpassa rationaliseringsrörelsen till arbetsmarknadens absorberingsförmåga. Arbetslöshetsutredningen hade 1935 i sitt betänkande kategoriskt avfärdat tanken på rationaliseringskontroll[2]. Rationaliseringsutredningen däremot betonade inledningsvis att samhället hade en principiell rätt att ingripa.

Efter att ha konstaterat samhällets principiella rätt och möjlighet att ingripa fann utredningen emellertid en rad invändningar. För att hindra felrationalisering måste ett statligt kontrollorgan med vittgående befogenheter skapas, något som redan i sig var ägnat att inge betänkligheter. Dessutom, menade rationaliseringsutredningen, fanns ingenting som talade för att en sådan myndighet skulle ha *bättre* möjligheter till bedömning av enskilda åtgärder än företagarna själva. Det fanns stora risker. Vid en kontroll kunde lätt de omedelbara negativa konsekvenserna få spela en alltför dominerande roll, så att rationaliseringens långsiktiga positiva effekter sköts i bakgrunden. Vidare kunde samhället ställas inför komplicerade ersättningskrav, om staten gick in och hejdade planerade dispositioner och den uteblivna rationaliseringen senare visade sig medföra allvarliga konsekvenser för ett företags konkurrensförmåga. Mot bakgrunden av dessa principiella komplikationer var utredningen tveksam till att rationaliseringen i Sverige haft *så* grava konsekvenser för sysselsättningsläget att en rationaliseringskontroll var berättigad.

Sedan utredningen avvisat tanken på förbud och kontroll av rationaliseringen återstod att koncentrera uppmärksamheten på bekämpning av dess negativa effekter, främst då arbetslösheten.

Utredningen började med att ge konkreta förslag för att skapa bättre *förutsättningar* för samhälleligt ingripande mot arbetslösheten. Man fann att beslutsunderlaget behövde förbättras och ett organ skapas för att samordna statens verksamhet. Förbättrad arbetsmarknadsstatistik, uppgiftsskyldighet för företagen inför större sysselsättningsförändringar samt inrättandet av ett arbetsmarknadsinstitut blev utredningens åtgärdsförslag.

Vidare föreslog utredningen även vissa föranstalter, som mer direkt kunde tänkas påverka rationaliseringsprocessen och den därav betingade arbetslösheten. I princip, menade kommittén, kunde samhället tänkas påverka utbudet och efterfrågan på samt rörligheten hos arbetskraften.

Beträffande *utbudet* fann sig utredningen inte vilja förorda några åtgärder av generell karaktär. I enskilda fall kunde arbetstidsförkortning och sänkning av pensionsåldern vara lämplig. Utredningen ville inte ta ställning till tanken på en begränsning av utnyttjandet av kvinnlig arbetskraft, en tanke som förekommit i den allmänna debatten. I frågan om förlängning av skolplikten ansåg den att andra motiv skulle fälla avgörandet.

Efterfrågan på arbetskraft kunde påverkas genom generell stimulans av näringslivets expansion. Mest betydde kanske skapandet av ett gynnsamt klimat för näringslivet genom stabila förhållanden på penningmarknaden och arbetsmarknaden. Dessutom borde samhället aktivt underlätta för mindre företag att följa upp den tekniska utvecklingen och därigenom expandera och suga upp arbetskraft.

[1] Begreppet felrationalisering utgjorde ett viktigt inslag i 1930-talets näringspolitiska debatt. Med felrationalisering menas sådan åtgärd som sänker det enskilda företagets produktionskostnader men ökar de samhälleliga. Resultatet blir en ökning av den enskildes vinst men en reduktion av nettovinsten av det totala samhälleliga arbetet.

[2] Utredningen hade en borgerlig majoritet.

För att främja en ökad rörlighet på arbetsmarknaden föreslog utredningen flera punktinsatser, exempelvis bidrag till rese- och flyttningskostnader, samt ekonomisk hjälp till egnahemsägare som på grund av arbetslöshet måste flytta.

Det mest övergripande reformförslaget för att komma tillrätta med den bristande geografiska rörligheten hos arbetskraften var ett förslag att effektivisera arbetsförmedlingen. Med effektivare arbetsförmedling, med bättre yrkesutbildning, genom arbetsmarknadsinstitut och informationstjänst skulle samhället vara rustat att inte bara förebygga arbetslöshet utan även på ett tidigare stadium kunna ta hand om de konkreta fallen på ett adekvat sätt. Vidare föreslogs ökade statsbidrag till arbetslöshetskassorna för att bereda längre understödstid för äldre arbetskraft, som var svårare att placera på arbetsmarknaden.

Betänkandet avlämnades i juni 1939 och sändes därefter ut på remiss. Kriget skulle emellertid avbryta arbetet och betänkandet lades aldrig i sin helhet till grund för någon proposition. Inte desto mindre kom åtgärdsförslagen att förverkligas genom den socialdemokratiska arbetsmarknadspolitiken under de två decennierna närmast efter krigsslutet.

För de av data- och elektronikkommittén aktualiserade frågeställningarna utgör rationaliseringsutredningens resonemang och ståndpunkter en betydelsefull lägesangivning: från alla parter erkändes vid slutet av 1930-talet samhällets principiella rätt att ingripa i näringslivets rationaliseringsbeslut. Under lika stor enighet konstaterades, att förhållandena på den svenska arbetsmarknaden inte påkallade att sam hället gjorde avsteg från den liberala ekonomins normer för att utöva denna rätt.

7 Rationaliseringsidéerna omprövas

Under 60-talets sista år kom en rad reaktioner mot det etablerade samhället till uttryck vilka i högsta grad kom att påverka rationaliseringsidéerna. Det samförstånd som rått om rationaliseringsverksamhetens nytta såväl på nationell nivå som på företagsnivå ifrågasattes. "Flyttlasspolitiken" innebar enligt de nya idéerna alltför stora påfrestningar såväl för enskilda individer som för den sociala strukturen i samhället. Människorna fick inte betraktas endast som flyttbar och omskolningsbar arbetskraft som av företagsekonomiska skäl flyttades till den bransch och den region som hade möjlighet att betala de högsta lönerna.

LKAB-konflikten som utbröt i december 1969 brukar ofta anföras som inledningen till en förändrad syn på det enskilda företagets rationaliseringsverksamhet. Men LKAB-konflikten var ingen isolerad företeelse. Under hösten 1969 och våren 1970 hemsöktes det svenska näringslivet av en serie vilda strejker som i grunden skakade den väletablerade svenska arbetsfreden. De strejkande, deras fackliga ombud och andra företrädare tog avstånd från den centraliserade styrningen, de detaljerade arbetsinstruktionerna, den långtgående specialiseringen och den tidigare omhuldade ackordslöneformen. Vid sidan av traditionella kompensatoriska krav ställdes krav på medinflytande, bättre arbetsmiljö, arbetstillfredsställelse och "livskvalitet".

Mot slutet av 1960-talet hade också de etablerade metoderna för produktivitetsökning börjat ge allt mindre i utbyte. Företagen hade dessutom genom expansion och fusioner vuxit sig allt större och specialiseringen drivits allt längre. För storföretagen blev därför samordningsproblemen betydande samtidigt som alienation och sociala missförhållanden fick betydande ekonomiska konsekvenser. I storserieproducerande företag, vars arbetsuppläggning ofta innebar hög repetetivitet, få kontakter i arbetet och långt driven specialisering av de manuella arbetsuppgifterna, tog sig detta ofta uttryck i hög personalomsättning, rekryteringssvårigheter och hög sjukfrånvaro.

Inom såväl arbetsgivare- som löntagarorganisationerna kom intresset att riktas mot att finna nya former för arbetsorganisation och arbetsledning i syfte att kunna öka produktivitet och arbetstillfredsställelse. Dessa försök tillsammans med den fackliga och politiska verksamheten för ökad företagsdemokrati förde med sig en stark kritik av företagens sätt att bedriva rationalisering. Arbetsstudieverksamheten kom påtagligt i skottgluggen, och efterfrågan på utbildning i de etablerade rationaliseringsmetoderna avtog mycket snabbt.

Kritiken mot rationaliseringens praxis gällde också maktfördelningen inom företagen. För LO-ledningen framstod det som en nödvändighet att bryta arbetsgivarens rätt att ensam besluta i produktionsfrågor (§ 32) för att därigenom säkerställa att rationaliseringen bedrevs med nya målsättningar. Även debatten om former för de anställdas delägarskap i företagen (löntagarfondsfrågan) och de möjligheter till inflytande som därmed skulle öppnas kan ses mot denna bakgrund.

Debatten har också satt spår i 1970-talets arbetsmarknadslagstiftning. Lagen om anställningsskydd ("Åman-lagen") och förtroendemannalagen, båda tillkomna år 1974, samt medbestämmandelagen år 1976 är de kanske mest uppmärksammade.

I skuggan av den svaga ekonomiska utvecklingen under senare delen av 70-talet har debatten delvis ändrat karaktär i det att de fackliga kraven tvingats till reträtt på flera punkter. Sålunda har uppmärksamheten och ansträngningarna i första hand fått riktas mot att slå vakt om arbetstillfällena snarare än att utveckla arbetets innehåll. Efter att ha förts fram som ett ekonomiskt makt- och fördelningsinstrument har löntagarfondsfrågan glidit över till att i första hand handla om företagens kapitalbehov. Tidsstudier och ackordslöner har börjat förbättra sitt skamfilade anseende som instrument för ökad produktivitet.

Bilaga 4 Kommitténs sammansättning

Direktiven från kommitténs arbete återfinns i regeringsprotokoll från den 20 juli 1978. Med stöd av bemyndigande i regeringsprotokollet har chefen för industridepartementet knutit följande personer till arbetet (om ej annat anges gäller förordnandet fr o m den 15 augusti 1978).

Ledamöter

Nils Mårtensson, *ordförande,* t f professor
Stina Andersson, riksdagsledamot (t o m 1978-10-31)
Thomas Berglund, civilekonom (fr o m 1979-03-13 t o m 1980-08-29)
Gunnar Du Rietz, ekonomie doktor
Gunnar Eliasson, docent
Birgitta Frejhagen, sekreterare
Arne Gadd, riksdagsledamot
Bengt Hansson, ingenjör (t o m 1978-10-31)
William Ingberg, departementssekreterare (fr o m 1979-01-27)
Sören Lindebro, ingenjör (fr o m 1978-11-01)
Roland Petersson, direktörsassistent (fr o m 1978-11-01)
Gunnar Ribrant, departementsråd
Sune Tjernström, ekonomie licentiat (fr o m 1978-11-10 t o m 1979-01-26)
Bertil Thorngren, docent

Experter

Bertil Brodén, departementssekreterare (fr o m 1978-11-11)
Sven Hegelund, avdelningsdirektör (fr o m 1978-12-01 t o m 1979-04-30)
Bengt Lundberg, avdelningsdirektör (fr o m 1978-12-01)
Anders Reuterswärd, kansliråd (fr o m 1979-10-15)

Ledamöter i referensgruppen för datorstyrd produktionsutrustning

Nils Mårtensson, *ordförande,* t f professor
Emil Andersson, överingenjör
Ture Andersson, instruktör
Birgitta Frejhagen, sekreterare
Arne Gadd, riksdagsledamot
John Johansson, ingenjör
Kent Karlsson, ombudsman

Owe Nilsson, direktör
Gunnar Sohlenius, professor
Börje Stark, avdelningsdirektör
Björn Weichbrodt, överingenjör
Torsten Örn, verkstadschef

Kommitténs sekretariat

Jan Carlsson, *sekreterare,* avdelningsdirektör (fr o m 1978-08-01)
Kerstin Brodén, *biträdande sekreterare,* byråassistent
Nils Odén, *biträdande sekreterare,* byrådirektör (fr o m 1979-11-09)
Lars Persson, *biträdande sekreterare,* byrådirektör (fr o m 1978-09-25)
Håkan Selg, *biträdande sekreterare,* departementssekreterare (fr o m 1978-09-15)
Gunilla Nordström, *assistent* (fr o m 1979-06-11)

KUNGL. BIBL.
1981-03-02
STOCKHOLM

Statens offentliga utredningar 1981

Kronologisk förteckning

1. Hälsorisker. S.
2. Ohälsa och vårdutnyttjande. S.
3. Hälso- och sjukvård i internationellt perspektiv. S.
4. Utgångspunkter och riktlinjer för det fortsatta arbetet. S.
5. Ny arbetstidslag. A.
6. Översyn av lagen om församlingsstyrelse. Kn.
7. Lag om vård av missbrukare i vissa fall. S.
8. Översyn av sjölagen 1. Ju.
9. Enhetligt huvudmannaskap för högskolan. U.
10. Datateknik i verkstadsindustrin. I.

Statens offentliga utredningar 1981

Systematisk förteckning

Justitiedepartementet

Översyn av sjölagen 1. [8]

Socialdepartementet

Hälso- och sjukvård inför 90-talet. 1. Hälsorisker. [1] 2. Ohälsa och vårdutnyttjande. [2] 3. Hälso- och sjukvård i internationellt perspektiv. [3] 4. Utgångspunkter och riktlinjer för det fortsatta arbetet. [4]
Lag om vård av missbrukare i vissa fall. [7]

Utbildningsdepartementet

Enhetligt huvudmannaskap för högskolan. [9]

Arbetsmarknadsdepartementet

Ny arbetstidslag. [5]

Industridepartementet

Data- och elektronikkommittén. 1. Datateknik i verkstadsindustrin. [10]

Kommundepartementet

Översyn av lagen om församlingsstyrelse. [6]

Anm. Siffrorna inom klammer betecknar utredningarnas nummer i den kronologiska förteckningen.

Publikationer från data- och elektronikkommittén:

RAPPORTER I SOU-SERIEN

Datateknik och industripolitik. Industri- och forskningspolitiska program inom data- och elektronikområdet i olika länder. SOU 1980:17.

Datateknik i verkstadsindustrin. Datorstödd konstruktions- och tillverkningsteknik. SOU 1981:10.

Datateknik i processindustrin. Datorstödda produktions- och processtyrsystem. SOU 1981:11.

ÖVRIGT

Industri- och forskningspolitiska program inom data- och elektronikområdet. Reserapporter från USA, Finland, Storbritannien, Västtyskland, Japan och Frankrike. Ds I 1980:7.

Reserapport från fjärde internationella konferensen om produktionsteknik, Tokyo, augusti 1980. Stencil.

Datateknik, ekonomisk tillväxt och sysselsättning. Tre uppsatser sammanställda av data- och elektronikkommitten. September 1980. LiberFörlag.

Trends in the Development of Numerically Controlled Machine Tools and Industrial Robots in Sweden. Conference Paper, June 1980. Stencil.

LiberFörlag
Allmänna Förlaget

ISBN 91-28-06087-6
ISSN 0375-250X