2 *Flygbuller*

TRAFIKBULLER

1975:56
SOU

BETÄNKANDE AVGIVET AV TRAFIKBULLERUTREDNINGEN • STOCKHOLM • 1975

2 *Flygbuller*

TRAFIKBULLER

1975:56

SOU

BETÄNKANDE AVGIVET AV TRAFIKBULLERUTREDNINGEN • STOCKHOLM • 1975

Statens offentliga utredningar
SOU 1975:56
Kommunikationsdepartementet

Trafikbuller

Del II
Flygbuller

Delbetänkande avgivet av trafikbullerutredningen
Stockholm 1975

Till Statsrådet och chefen för kommunikationsdepartementet

Genom beslut den 27 juni 1969 bemyndigade Kungl. Maj:t chefen för kommunikationsdepartementet att tillkalla högst sju sakkunniga med uppdrag att utreda och föreslå normer m. m. för trafikbuller.

Med stöd av detta bemyndigande tillkallades den 27 juni 1969 såsom sakkunniga dåvarande riksdagsledamoten Rune Johansson i Norrköping, tillika ordförande, riksdagsledamöterna Sven G Andersson i Örebro och Anders Björck, dåvarande riksdagsledamoten Torsten Hansson samt riksdagsledamöterna Eric Jönsson, Einar Larsson och Gertrud Sigurdsen.

De sakkunniga antog namnet trafikbullerutredningen.

Sedan Johansson den 30 juni 1970 och Sigurdsen den 13 april 1971 på egen begäran entledigats från sina uppdrag utsågs i deras ställe såsom sakkunniga riksdagsledamoten Paul Jansson, tillika ordförande, fr. o. m. den 1 juli 1970 och riksdagsledamoten Bernt Nilsson fr. o. m. den 13 april 1971.

Såsom experter åt de sakkunniga förordnades den 27 juni 1969 avdelningsdirektören Gösta Blücher, överstelöjtnanten Fredrik Boheman, överingenjören Gustav Ekberg (t. o. m. den 15 februari 1971), direktören Arne Fladvad (t. o. m. den 23 november 1970), överingenjören Bo Köhlmark, avdelningsdirektören Erik Leine (t. o. m. den 13 oktober 1971), departementsrådet Karl Otto Wennerhorn och medicinalrådet Bo Åkerrén (t. o. m. den 30 juni 1972).

Efter framställning från utredningen har sedermera antalet experter utökats, samtidigt som de av ovannämnda experter som entledigats under utredningstiden ersatts av nya. Sålunda har som experter även förordnats laboratorn Anders Kajland (fr. o. m. den 10 mars 1970), civilingenjören Stig Ingemansson (fr. o. m. den 1 juli 1970), professorn Tor Kihlman (fr. o. m. den 1 juli 1970), docenten Gunnar Lidén (fr. o. m. den 9 oktober 1970), sekreteraren Eric Olerud (fr. o. m. den 23 november 1970), rådmannen Claes Ljungström (fr. o. m. den 27 november 1970), avdelningsdirektören Lennart Möller (fr. o. m. den 15 februari 1971), avdelningsdirektören Lars Nilsson (fr. o. m. den 13 oktober 1971), byråchefen Hans-Åke Wängberg (fr. o. m. den 1 november 1971), professorn Göran Bergendahl (fr. o. m. den 1 mars 1972), byrådirektören Guldbrand Skjönberg (fr. o. m. den 1 juli 1972), civilingenjören Ulf Abrahamsson (fr. o. m. den 21 augusti 1974) och biträdande länsarkitekten Ingemar Jonsson (fr. o. m. den 1 oktober 1974).

Såsom sekreterare har tjänstgjort biträdande länsarkitekten Ingemar Jonsson (t. o. m. den 30 september 1974) och byråchefen Hans-Åke Wängberg (fr. o. m. den 1 oktober 1974). Som biträdande sekreterare har tjänstgjort rådmannen Claes Ljungström (t. o. m. den 27 november 1970), departementssekreteraren Kjell Sundberg (fr. o. m. den 27 november 1970) och hovrättsfiskalen Henning Isoz (fr. o. m. den 16 september 1974).

Utredningen har i augusti 1974 överlämnat delbetänkandet *Vägtrafikbuller* (SOU 1974:60) samt en särskild *bilagedel* (SOU 1974:61). Utredningsarbetet har härefter varit i huvudsak inriktat på att utarbeta föreliggande delbetänkande *Flygbuller*. Det fortsatta utredningsarbetet kommer att avse återstående del av utredningsuppdraget, buller från fritidsbåtar. Utredningen räknar med att kunna överlämna betänkande härom i slutet av innevarande år.

Utredningen har hittills besvarat bl. a. följande remisser:

Remiss den 2 maj 1972 från kommunikationsdepartementet av svävarfartsutredningens betänkande "Svävarfartslag" (SOU 1972:21).

Remiss den 22 december 1972 från kommunikationsdepartementet av rapport från en dansk-svensk arbetsgrupp rörande flygbuller kring en storflygplats på Saltholm.

Remiss den 19 november 1973 från försvarsdepartementet av försvarets fredsorganisationsutrednings delbetänkande "Förslag till ändringar i fredsorganisationen vid flygvapnet:5".

Utredningen, som är enhällig i sina slutsatser och förslag, får härmed överlämna betänkandet Flygbuller.

Stockholm i juni 1975

Paul Jansson

Sven G Andersson *Anders Björck*

Torsten Hansson *Eric Jönsson*

Einar Larsson *Bernt Nilsson*

/Hans-Åke Wängberg

Kjell Sundberg

Henning Isoz

Innehåll

Rättelser och tillägg, TRAFIKBULLER del 2, Flygbuller (SOU 1975:56)

Sid 219 Figur 11.1 Färgerna i förklaringen skall vara:

FBN = 55 dB(A) – grön
60 dB(A) – blå
65 dB(A) – röd
dessutom skall stå (L_{Ahmax}) = 100 dB(A) - - - - -

Sid 313–322 Bilaga F. Figurnumren 4 och följande har fallit bort.

De skall vara:

Sid 313 Fig 4. DC 10–30 start
Sid 314 Fig 5. Korrektion . . .
Sid 315 Fig 6. Start
Fig 7. Landning
Sid 316 Fig 8. Flygväg. . .
Fig 9. L_{Ah} vid olika tider i pkt. A–D
Sid 317 Fig 10. Dosbullermatta för svängande flygplan
Fig 11. Bullermatta för Fokker F 28, start
Sid 318 Fig 12. Bullermatta för Fokker F 28, procedur 2, start
Fig 13. Startbullermatta DC-9-41, 48 ton
Sid 319 Fig 14. F 28 start
Fig 15. F 28 start procedur 2
Sid 320 Fig 16. DC-9-41 start
Fig 17. Flygvägarna vid Umeå flygplats
Sid 321 Fig 18. Dosbullermattor för F 28, flygväg C och D
Fig 19. FBN, dBA, Umeå
Sid 322 Fig 20. Flygbullernivå, FBN, 55 dBA, för Umeå flygplats
Färgerna i förklaringen skall vara:
röd–MHF (Stockholms miljö- och hälsovårdsförvaltning)
blå–FFA (Flygtekniska försöksanstalten)

Terminologi

Absorbent
Konstruktioner och material för ljudabsorption

Absorption
Ljudabsorption innebär minskning av ljudenergin beroende på att denna helt eller delvis upptas av det medium eller den yta som förmedlar eller reflekterar ljudet

Annex 16
Av ICAO antagna normer för bulleremission från civila flygplan

BCL, Bestämmelser för civil luftfart. Utfärdade av luftfartsverket

Bullerdos
Mängd bullerenergi, produkten av ljudets intensitet och dess varaktighet

Bullermatta
Area inom vilken bullret från ett flygplan överstiger ett visst värde

By-pass förhållande
Förhållandet mellan sekundärflödet och primärflödet i en jetmotor med fläkt, varvid med primärflödet avses den del av motorns totala luftflöde som passerar gasgeneratorn och med sekundärflödet den del av luftflödet som enbart passerar fläkten

CAN, Committee on Aircraft Noise
Kommitté inom ICAO

CNEL, Community Noise Equivalent Level
Storhet för flygbullerimmission, använd i USA

CNR, Composite Noise Rating
Storhet för flygbullerimmission, tidigare använd i USA

dB, decibel
Enhet för logaritmisk storhet. Används inom akustiken för att ange ett ljuds fysikaliska styrka med ljudtrycksnivån

dB(A), dB(B), dB(C)
Enheter för ljudnivåer, bestämda med ljudnivåmätare, bullermätare, försedd med frekvensvägningsfilter A, B och C

Dosbullermatta
Area utvisande område inom vilket ekvivalentnivån i genomsnitt från en enstaka flygplanshändelse överstiger ett visst värde

Ekvivalent ljudnivå, ekvivalentnivå, L_{Aq}
Den konstanta ljudnivå som under en given tid ger samma ljudenergi som en under samma tid varierande ljudnivå

EPA, Environmental Protection Agency
Myndighet i U.S.A. närmast motsvarande statens naturvårdsverk

EPNL, Effective Perceived Noise Level, även L_{EPN}
Storhet för flygbullerimmission. Enheten betecknas vanligen *EPNdB*

FAA, Federal Aviation Administration
Myndighet i U.S.A., närmast motsvarande luftfartsverket

FAR, Federal Aviation Regulations
Luftfartsbestämmelser utfärdade av FAA

FAR 36, Federal Aviation Regulations Part 36
Noise Standards: Aircraft Type Certification
Normer för bulleremission från civila flygplan utfärdade av FAA

FBN, Flygbullernivå
Av trafikbullerutredningen föreslagen storhet för flygbullerimmission. Den utgörs av ekvivalentnivån från flygtrafiken, viktad för olika tider på dygnet. Enheten är dB(A)

Flygplanshändelse
Start eller landning med en viss flygplanstyp med given flygväg och flygprocedur

Frekvensspektrum, ljudspektrum
Grafisk framställning av styrkan hos ett ljud sammansatt av flera frekvenser, ordnad som funktion av frekvensen

ICAO, International Civil Aviation Organization
Den internationella civila luftfartsorganisationen vars verksamhet regleras av en år 1944 i Chicago antagen konvention

INERU, International Noise Exposure Reference Unit
Storhet för flygbullerimmission

Inversion
En med ökande höjd positiv temperaturgradient, innebärande att luftens temperatur blir högre med ökande höjd

ISO, International Organization of Standardization

KB, Kritisk bullergräns
Av 1956 års flygbullerutredning (SOU 1961:25) föreslagen storhet för flygbullerimmission, som grundar sig på en högsta acceptabel ljudnivå av 85 dB(A) vid 8 överflygningar i samband med start per dag

L_{Aq}, beteckning för storheten ekvivalentnivå, se d.o

Lapse
En med ökande höjd negativ temperaturgradient, innebärande att luftens temperatur blir lägre med ökande höjd

Lika-expositions-(energi-) principen
Princip som innebär att störverkan hos två bullerförlopp anses vara lika om ljudens ekvivalentnivåer för samma betraktelsetid är lika. För ett buller med konstant ljudnivå innebär detta att om varaktigheten hos bullret fördubblas kommer ökningen av störverkan hos bullret att bli densamma som om ljudnivån – med bibehållen varaktighet – höjs med 3 dB

Ljud
Tryckförändringar, överlagrade det statiska lufttrycket vilka åstadkommer ljudförnimmelser i människors eller djurs hörselorgan

Ljudnivå
Vägt värde på ljudtrycksnivå. Vägningen avser att ta hänsyn till hörselns frekvensberoende känslighet, t. ex. genom vägning med A-filter.

Ljudtryck
Skillnaden mellan momentana trycket i en punkt av ett ljudfält och det statiska trycket

Ljudtrycksnivå
Logaritmisk storhet för att ange effektivvärdet av ljudtrycket i förhållande till referensvärdet 20 μPa i luft

Ljudintensitet
Den ljudeffekt per ytenhet som passerar en mot ljudets utbredningsriktning vinkelrät yta
Högsta förekommande ljudnivå vid en flygplanshändelse

Momentannivå
Ljudnivån vid en viss tidpunkt

NEF, Noise Exposure Forecast
Storhet för flygbullerimmission, använd i USA

NNI, Noise and Number Index
Storhet för flygbullerimmission, använd i Storbritannien

Noy
Enhet för storheten PN, Perceived Noisiness. Används vid beräkning av PNL

Oktavband
Det frekvensområde som begränsas av frekvenserna med förhållandet 2:1

PNL, Perceived Noise Level, även L_{PN}
Storhet för flygbullerimmission. Enheten betecknas vanligen *PNdB*

Q-värde
Storhet för flygbullerimmission, använd i tyska bestämmelser

SED-frekvens, störningsekvivalent dagfrekvens
SED=antalet dagstarter + 3 x antalet kvällsstarter + 10 x antalet nattstarter

Standardbullermatta
Area inom vilken högsta genomsnittliga ljudnivån överskrids vid en viss flygplanshändelse

SST, Super Sonic Transport
Överljudsflygplan avsett för passagerartrafik

STOL, Short Take Off and Landing
Kortstartande och -landande flygplan

Transient ljud
Ljud som snabbt ändrar styrka

Turbulens
Virvelbildning i luften

WECPNL, Weighted Equivalent Continous Perceived Noise Level
Storhet för flygbullerimmission

VTOL, Vertical Take Off and Landing
Vertikalt startande och landande flygplan

Författningsförslag

Förslag till
Lag om ändring i byggnadslagen (1947:385)

Härigenom förordnas, att i byggnadslagen (1947:385) skall införas en ny paragraf, 150 a §, av nedan angivna lydelse.

150 a §

Statens vägverk[1], statens naturvårdsverk och luftfartsverket får föra talan mot sådant länsstyrelsens beslut enligt 150 § första stycket som berör deras verksamhetsområden.

Denna lag träder i kraft den 197

[1] Jfr SOU 1974:60.

Förslag till
Förordning om ändring i luftfartskungörelsen (1961:558)

Härigenom förordnas att 27 a § luftfartskungörelsen (1961:558)[1] skall ha nedan angivna lydelse.

Nuvarande lydelse	*Föreslagen lydelse*
27 a §	
Närmare föreskrifter om fordringar för att luftfartyg från bullersynpunkt skall anses miljövärdigt och om fall då miljövärdighetsbevis skall krävas för registrering av luftfartyget meddelas av luftfartsverket *i huvudsaklig överensstämmelse med de såsom "International Standards and Recommended Practices, Aircraft Noise" betecknade regler, som antagits av Internationella Civila Luftfartsorganisationens råd den 2 april 1971.*	Närmare föreskrifter om fordringar för att luftfartyg från bullersynpunkt skall anses miljövärdigt och om fall då miljövärdighetsbevis skall krävas för registrering av luftfartyget meddelas av luftfartsverket.

I fråga om miljövärdighet och miljövärdighetsbevis i övrigt gäller bestämmelserna i denna kungörelse om luftvärdighet och luftvärdighetsbevis i tillämpliga delar.

Denna förordning träder i kraft den 197

[1] Senaste lydelse 1972:199.

1 Utredningsuppdraget och utredningsarbetets uppläggning

1.1 *Direktiven*

Trafikbullerutredningen har i uppdrag att utreda och föreslå normer m. m. för trafikbuller. Direktiven för utredningsarbetet angavs av dåvarande chefen för kommunikationsdepartementet, statsrådet Lundkvist, i ett anförande till statsrådsprotokollet den 27 juni 1969. Statsrådet erinrade inledningsvis att den snabba utvecklingen på trafikområdet medfört att trafikbullret blivit ett allt större problem som kommit att uppmärksammas mer och mer under senare år samt att behovet av normer för högsta tillåtet buller i samband härmed blivit alltmer uppenbart. Statsrådet anförde vidare bl. a. följande:

Till trafikens bullerkällor räknas bl. a. luftfartyg, vägfordon, spårbundna fordon, fartyg och båtar samt markeffektfarkoster (svävare). Av dessa tilldrar sig från störningssynpunkt luftfartyg och motordrivna vägfordon samt vissa fritidsbåtar f. n. det största intresset.

På grund av trafikens internationella karaktär har ett internationellt samarbete om bullerfrågorna etablerats. I fråga om både flyg och motorfordon pågår arbete för att minska bullerstörningarna. Internationella civila luftfartsorganisationen (ICAO), som samarbetar med Internationella standardiseringsorganisationen (ISO) om normer för bullermätningar, har sedan länge intresserat sig för frågor om buller i samband med civil luftfart. Även inom OECD och världshälsoorganisationen (WHO) behandlas frågor om flygbuller. På motorfordonsområdet är FN:s Europakommission (ECE) ett samlande organ. Olika länder bedriver dessutom egna utredningar i bullerfrågor på trafikområdet.

I Sverige har man vid bedömningen av frågan i vad mån flygbuller utgör sanitär olägenhet hittills haft ledning av 1956 års flygbullerutredning (SOU 1961:25). Utredningen har angett riktvärden för bestämmandet av gränsen för tolerabelt buller inom bostadsområden. Gränsen anges som kritisk bullergräns. Underlaget för vissa av de beräkningar som gjorts av utredningen är mycket begränsat och är dessutom till stor del föråldrat. Den svenska metoden att beskriva flygbullerstörningar skiljer sig i flera avseenden från de metoder som tillämpas i andra länder.

Föreskrifter för begränsning av skadeverkningar från överljudsflygning med militära flygplan har utarbetats genom chefens för flygvapnet försorg. Dessa föreskrifter bearbetas kontinuerligt i samarbete med bl. a. flygtekniska försöksanstalten, Chalmers tekniska högskola och flygmedicinsk expertis. Efterlevnaden av föreskrifterna övervakas av chefen för flygvapnet.

I fråga om motorfordonsbuller har i Sverige under 1950- och 1960-talen pågått visst arbete för att få fram normer. Olika myndigheter har gjort utredningar och lagt fram förslag till normer avsedda att komma till användning vid tillämpning av gällande lagstiftning. I slutet av år 1968 presenterade statens institut för byggnadsforskning och statens institut för folkhälsan en trafikbullerutredning, som under åren 1966 och 1967 utförts på uppdrag av dåvarande byggnadsstyrelsen, medicinalstyrelsen samt väg- och vattenbyggnadsstyrelsen. Det primära syftet med denna utredning var att ge empiriskt underlag för normer beträffande trafikbuller i bostadsområden (imissionsnormer).

Trafikbullerproblem kan vidare angripas genom åtgärder för att begränsa bullret vid själva källan. Genom konstruktionsändringar eller andra tekniska åtgärder kan i många fall buller förebyggas. Genom att införa bestämmelser om maximigränser för ljudnivån vid själva bullerkällan (dvs. emissionsnormer) främjes strävandena att åstadkomma konstruktioner med lägre bullernivå.

Frågan om normer för bullerstörningar har väckts i riksdagen vid flera tillfällen. I motioner vid 1968 års riksdag påtalades behovet av normer för högsta tillåtna bullernivåer. I yttrande till allmänna beredningsutskottet med anledning av motionerna föreslog luftfartsverket att en kommitté skulle få i uppdrag att skyndsamt utreda och föreslå normer för flygbuller. Den i motionerna föreslagna utredningen rörande normer för olika typer av buller tillstyrktes av bl. a. statens institut för folkhälsan. Allmänna beredningsutskottet framhöll i utlåtande över motionerna (1968:30) att utskottet delade motionärernas uppfattning att det är önskvärt att samhället centralt bevakar bullerproblemen med sikte på att normer eller rekommendationer skall kunna fastställas. Enligt utskottets mening borde emellertid förslag rörande de administrativa formerna för miljötillsynen på bulleområdet avvaktas innan ställning togs till frågan om utredning eller andra särskilda åtgärder. Luftfartsverket har även till kommunikationsdepartementet framfört angelägenheten av att normer för flygbuller utarbetas. Också enligt verkets mening är resultaten av den svenska flygbullerutredningen numera föråldrade. I fråga om bl. a. bullerkarakteristika och praktiska erfarenheter av bullerstörningar kring flygplatser föreligger enligt verkets mening nu ett betydligt bättre material än det som 1956 års flygbullerutredning hade tillgång till. Även statens planverk har till kommunikationsdepartementet framfört att en översyn av flygbullerutredningens resultat är motiverad.

I och med miljöskyddslagens tillkomst får naturvårdsverket fr. o. m. den 1 juli 1969 ställning som central tillsynsmyndighet även vad gäller bullerfrågor. I verkets uppgifter kommer att ingå att samordna arbetet med att utarbeta riktvärden och rekommendationer i fråga om bl. a. buller.

Såsom framgår av det anförda ingår frågor om trafikbuller bland arbetsuppgifterna för ett flertal myndigheter och organisationer. Härvid behandlas ofta endast en del av de problem som hänger samman med bullerstörningarna. I vissa sammanhang behandlas exempelvis inte frågor om åtgärder mot själva bullerkällan, i andra ingår de medicinska aspekterna inte direkt i bedömningarna. Det är angeläget att få en samlad bild av de problem som rör trafikbullret och att få underlag för normer för olika bullersituationer. Genom det forsknings- och utredningsarbete som utförts på bulleområdet inom och utom landet torde en väsentlig del av det underlag som behövs för att fastlägga normer vara tillgängligt.

I direktiven angavs att utredningen borde utmynna i konkreta förslag till normer för flygbuller samt för buller från motordrivna vägfordon och fritidsbåtar. Normerna borde härvid omfatta gränsvärden för såväl emis-

sion som immission.

I direktiven uttalades vidare följande:

De sakkunniga bör inledningsvis inventera de resultat som framkommit vid undersökningar på trafikbulleområdet inom och utom landet och som kan tjäna som underlag för normer i ämnet.

Genom studium av resultaten och genom kompletterande utredningar bör de sakkunniga söka klarlägga innebörden av och samspelet mellan de faktorer av medicinsk-hygienisk, teknisk, ekonomisk och social natur som bör ligga till grund för normerna.

I fråga om flygbuller bör de sakkunniga med ledning av tillgängligt material utreda och närmare ange hur beräkning av de totala bullerstörningarna omkring flygplatser bör ske. Härvid bör övervägas bl. a. om den av 1956 års flygbullerutredning föreslagna metoden bör vidareutvecklas. Vid beräkning av nämnda störningar bör beaktas bl. a. de bullerstörningar som uppkommer från luftfartyg vid överflygning, från luftfartyg på marken i samband med start och landning samt de störningar som härrör från annat trafikbuller i samhället. Vid bedömningen av olika beräkningsmetoder bör stor vikt läggas vid att beräkningarna skall kunna genomföras enkelt och snabbt. De sakkunniga bör belysa olika beräkningsmetoder genom exempel baserade på trafikförhållanden vid olika flygplatser i Sverige.

I fråga om de bullerstörningar som uppkommer i samband med överljudsflygning bör de sakkunniga's arbete begränsas till civila plan och till en belysning av problemet med ledning av erfarenheter och tillgängliga uppgifter från bl. a. de internationella organisationer som är engagerade på området.

Utredningarna om vägtrafikbullret bör omfatta bl. a. överväganden rörande olika bullerbekämpande åtgärder. De sakkunniga bör studera bl. a. olika fysiska åtgärder, såsom skyddszoner, bullerskärmar m. m., och väga effekten av sådana åtgärder mot uppkommande kostnader. Möjligheterna att begränsa bullerstörningarna från de enskilda fordonen bör även övervägas.

I fråga om emissionsnormerna – som beträffande luftfartyg bör begränsas till att avse civila flygplan – bör de sakkunniga beakta bl. a. de bestämmelser om mätmetoder och högsta tillåtna bullernivåer som framlagts inom ECE och i USA. Immissionsnormernas gränsvärden bör i första hand vara baserade på medicinsk-hygieniska överväganden men även tekniska, ekonomiska och allmänt sociala faktorer bör beaktas vid normernas utformning. Därvid bör sålunda hänsyn tas till bl. a. gamla och sjuka, dvs. människor som kan vara speciellt känsliga för bullerstörningar. De sakkunniga bör även överväga i vad mån föreslagna normer bör göras rättsligt bindande. Vidare bör de sakkunniga lägga fram förslag till åtgärder, i fråga om bl. a. den fysiska planeringen, som blir nödvändiga som en följd av de föreslagna gränsvärdena. De sakkunniga bör vidare redovisa olika sätt att kontrollera den praktiska tillämpningen av föreslagna normer. Slutligen bör de sakkunniga redovisa förslag till de författningsändringar som eventuellt behövs för att genomföra förslagen samt söka bedöma den samhällsekonomiska innebörden av föreslagna normer samt de fördelar och nackdelar från även andra än samhällsekonomiska synpunkter som en tillämpning av normerna beräknas medföra.

1.2 *Utredningsarbetets uppläggning och bedrivande*

I enlighet med bestämmelserna i 1 § kommittékungörelsen upprättades, innan det egentliga utredningsarbetet påbörjades, en plan för detta

arbete. Enligt denna plan indelades utredningsarbetet i två huvudskeden. Det första skedet ägnades åt att ta fram och sammanställa underlagsmaterial inom utredningens olika ämnesområden. I det andra skedet utarbetades utredningens förslag i enlighet med anvisningarna i direktiven.

Underlagsmaterialet har erhållits dels genom inventering av befintligt in- och utländskt material, dels – där detta har befunnits erforderligt – genom egna undersökningar. Det underlagsmaterial som avser flygbuller redovisas i kapitel 2–10 jämte bilagor. I en separat bilagedel (SOU 1974:61), utgiven samtidigt med delbetänkandet Vägtrafikbuller (SOU 1974:60) redovisar utredningen ett antal specialbilagor rörande bl. a. akustiska frågor och buller från medicinsk och hygienisk synpunkt.

Med stöd av underlagsmaterialet har utredningen gjort de avvägningar och bedömningar som resulterat i de förslag rörande flygbuller, vilka presenteras i kapitel 11.

En stor del av utredningsarbetet har bedrivits inom olika expertgrupper. Härvid har medverkat förutom utredningens experter även vissa utomstående experter. Sålunda har överingenjören Sten Wahlström medverkat vid utarbetandet av den beräkningsmetod och de immissionsnormer för flygbuller som omfattas av utredningens förslag. Vidare har avdelningsdirektören Gösta Winberg biträtt vid behandlingen av frågor rörande samhällsplanering och flygbuller och civilekonomen Anders Malmberg vid beräkningen av kostnaderna för åtgärder mot flygbuller.

Under utredningsarbetets gång har vidare samråd och överläggningar ägt rum med – förutom de myndigheter som representeras av de till utredningen knutna experterna – ett stort antal myndigheter, organisationer, företag m. fl.

2 Flygets utveckling i Sverige

2.1 *Inledning*

Sedan andra världskriget har, som en följd av den industriella, sociala och allmänt ekonomiska utvecklingen, behovet av persontransporter ständigt ökat. Därvid har flyget bl a genom en snabb teknisk utveckling, som medfört övergång till allt större och snabbare flygplan, kunnat tillgodose en stor del av de växande behoven. På grund härav är flyget som transportmedel numera av stor betydelse världen över.

2.2 *Flygtrafikens utveckling i Sverige*

Grunden till ett flyglinjenät såväl inom Sverige som mellan Sverige och utlandet lades under 1930-talet. Trafiken utvecklades snabbt efter andra världskriget. En skandinavisk trafikorganisation för utrikes trafik och för trafik inom de skandinaviska länderna – Scandinavian Airlines System (SAS) – skapades år 1946 och ombildades fyra år senare till ett konsortium. År 1957 bildades ett särskilt flygbolag för det svenska inrikesflyget, Linjeflyg AB (LIN).

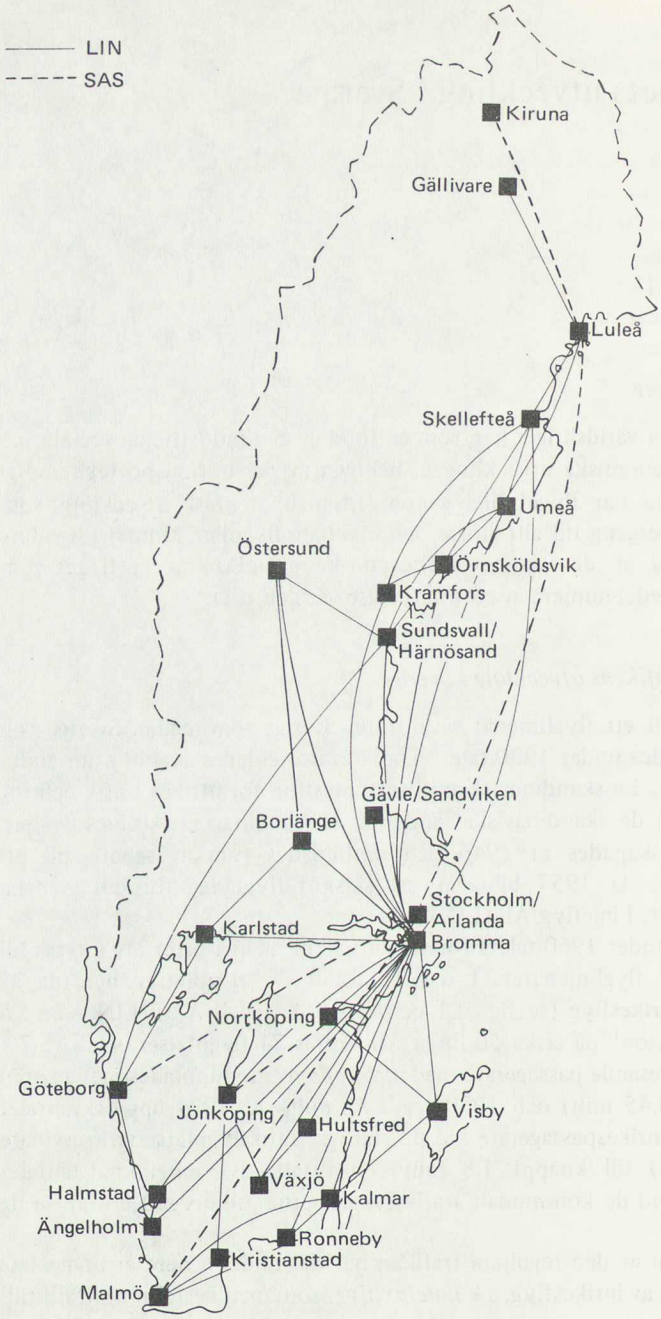
Främst under 1960-talets första hälft kom många orter att knytas till det inrikes flyglinjenätet. I dag är totalt 26 flygplatser berörda av reguljärt inrikesflyg (se fig. 2.1 och bilaga A, tabell A:2). LIN, som f n har koncession[1] på cirka 50 linjer, trafikerar 24 flygplatser och SAS 7.[2] Antalet avresande passagerare med *inrikesflyget* tredubblades mellan åren 1960 (ca 0,45 milj) och 1970 (ca 1,35 milj). År 1974 uppgick antalet avresande inrikespassagerare vid de statliga trafikflygplatserna (se vidare avsnitt 2.3) till knappt 1,8 milj och totalt, dvs inberäknat antalet avresande vid de kommunala trafikflygplatserna, till drygt 1,8 milj (se fig 2.2[3]).

Vid sidan av den reguljära trafiken har det under senare år utvecklats en ny form av inrikesflyg, s k *linjetaxiflyg,* som med beställningstrafiktill-

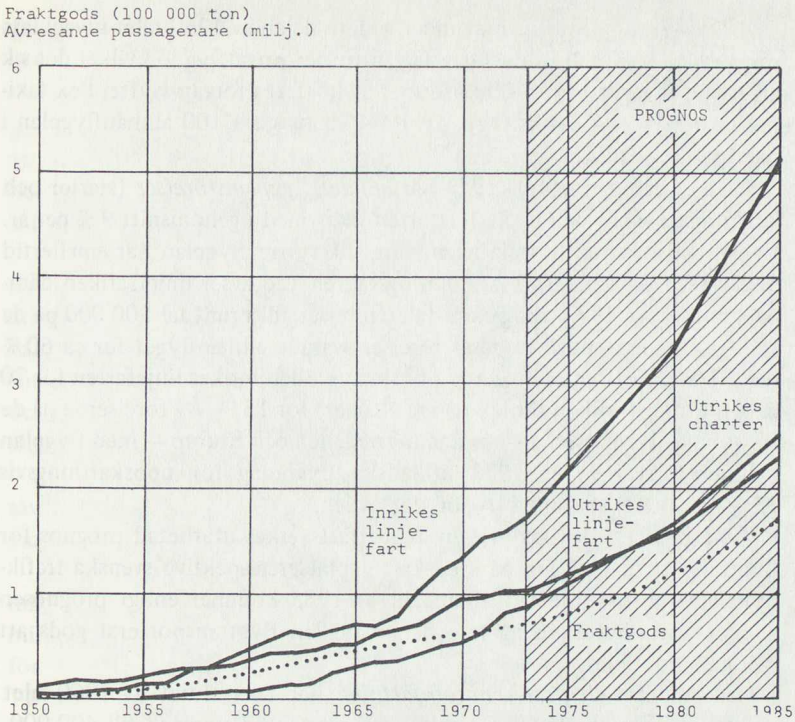
[1] LIN trafikerar vissa linjer i samarbete med Crownair AB.

[2] SAS har koncession på de tre s k stamlinjerna Stockholm (Arlanda) – Malmö, Stockholm (Arlanda) – Göteborg och Stockholm (Arlanda) – Luleå – Kiruna samt dessutom på sträckan Norrköping – Jönköping på utrikeslinjen Norrköping – Köpenhamn.

[3] I figuren redovisas ej uppgifterna från år 1974, enär prognoserna bygger på 1973 års siffror.



Figur 2.1 Inrikesflyget mars 1975



Figur 2.2 Passagerar- och godstrafiken på de statliga trafikflygplatserna 1950–1973 och prognos fram till år 1985

stånd bedrivs på vissa bestämda linjer och även i övrigt i former som närmar sig det reguljära inrikesflyget. År 1974 var ett tiotal orter berörda av dylik trafik.

Ett stort antal flygföretag (år 1974 ett tjugotal) bedriver numera *reguljär flygtrafik mellan Sverige och utlandet.* Antalet avresande passagerare något mer än fördubblades mellan åren 1960 (ca 0,4 milj) och 1970 (ca 0,9 milj). År 1974 uppgick antalet avresande till ca 1,1 milj.[4]

Ett växande behov av att snabbt kunna transportera gods på långa avstånd har medfört att mängden *flygtransporterat gods* kraftigt ökat. År 1974 uppgick den[4] till drygt 63 000 ton (se fig 2.2).

Chartertrafik med utlandet introducerades i början av 1950-talet. Den ombesörjes då till stor del av speciella charterföretag, som ofta hade relativt omodern flygplansmateriel. Under senare tid har emellertid bl a kraven på ökad komfort medverkat till att de reguljära flygföretagen, med tillgång till moderna flygplan, engagerat sig i denna trafik genom olika dotterföretag. Bland de största charterbolagen på den svenska marknaden kan nämnas det danska Sterling Airways och det SAS närstående Scanair.

Det var först omkring år 1960 som chartertrafiken med utlandet fick någon större omfattning. År 1974 uppgick antalet avresande passagerare till knappt 0,8 milj[5] eller ca 45 % av totala antalet resenärer till utlandet. Den *inrikes chartertrafiken* är av relativt liten omfattning. År 1974 uppgick sålunda antalet avresande passagerare till drygt 26 000, av vilka merparten var värnpliktiga.

[4] Utrikes linjefart och transport av gods berör endast statliga trafikflygplatser.

[5] 99,5 % av passagerarna avreste från statliga trafikflygplatser.

Allmänflyget i Sverige har under senare delen av 1960-talet utvecklats mycket kraftigt och omfattar i dag, förutom privatflyg – i vilket det s k affärsflyget ingår – bl a olika former av luftfart i förvärvssyfte, t ex taxi- och rundflyg (s k bruksflyg). År 1974 fanns ca 1 100 allmänflygplan i Sverige.[6]

Under perioden 1960–1973 har *antalet flygplansrörelser* (starter och landningar) inom den civila luftfarten ökat med i genomsnitt 9 % per år. Den hittillsvarande utvecklingen mot allt större flygplan har emellertid under senare år medfört att ökningstakten vad avser linjetrafiken dämpats något. År 1973 uppgick antalet rörelser till i runt tal 500 000 på de statliga flygplatserna. Av dessa rörelser svarade allmänflyget för ca 60 % (ca 50 % privatflyg och ca 10 % bruksflyg), den inrikes linjefarten för 20 % och utrikestrafiken (linjefart och charter) för 15 %. Av rörelserna på de tre största flygplatserna – Arlanda, Torslanda och Sturup – med flygplan i linjefart svarade år 1973 utländska flygbolag för uppskattningsvis 35–45 % och SAS samt LIN för återstoden.

I bilaga A[7] redovisas bl a en av luftfartsverket utarbetad prognos för flygtrafikens utveckling på svenska flygplatser respektive svenska trafikflygplatser med linjefart. Fram till år 1985 kommer enligt prognosen antalet befordrade passagerare och mängden flygtransporterat gods att mer än fördubblas.

Den *militära flygtrafikens omfattning* har från slutet av 1960-talet successivt nedgått. Antalet rörelser, som år 1967 uppgick till 400 000, minskade på grund av förbandsindragningar till cirka 350 000 år 1973. Enligt gjorda uppskattningar kommer antalet rörelser att minska även i fortsättningen, till 250 000 år 1980 och 220 000 år 1985.

2.3 *Flygplatssystemet*

Luftfartslagstiftningen skiljer mellan flygplats som är avsedd för allmänt bruk, s k *allmän flygplats* och annan flygplats, s k *enskild flygplats*. Som närmare utvecklas bl a i avsnitt 9.1.1.3 gäller olika bestämmelser för inrättande av allmän och enskild flygplats.

Allmän flygplats måste godkännas innan den tas i bruk. Sådant godkännande, som främst avser prövning av de tekniska förhållandena, meddelas av luftfartsverket. Ägare eller innehavare av enskild flygplats har möjlighet att få flygplatsen godkänd av luftfartsverket. Dylik flygplats benämns *godkänd enskild flygplats*. Godkänd flygplats hänförs,

Tabell 2.1 Klassindelning av banor vid godkänd flygplats

Nominell banlängd	Klass
2 100 m och längre	I
1 300 m – intill 2 100 m	II
1 000 m – intill 1 300 m	III
600 m – intill 1 000 m	IV

[6] Totalt fanns ca 1 135 flygplan registrerade i Sverige år 1974.

[7] I bilagan redovisas ej uppgifterna från år 1974, enär prognoserna bygger på 1973 års siffror.

beroende på banlängd, till viss klass.[8] Klassindelningen framgår av tabell 2.1.

I Sverige finns ett stort antal *militära flygplatser*. Av dessa är många genom särskilda avtal upplåtna för civil luftfart, ett system som bl a var en förutsättning för inrikesflygets expansion under 1960-talets första hälft.[9] För civil luftfart inrättad militär flygplats måste godkännas av luftfartsverket.

De krav som från bl a flygsäkerhetssynpunkt måste ställas på en flygplats varierar med hänsyn till flygtrafikens art och omfattning. För att förhindra att flygverksamhet bedrivs på härför inte avsedd flygplats har landningsrätten begränsats. I huvudsak innebär begränsningarna att förvärvsmässig personbefordran får bedrivas endast på godkänd[10] flygplats och linjefart samt chartertrafik endast på sådan allmän, godkänd enskild eller för civil luftfart upplåten militär flygplats – med bana av lägst klass II – som av luftfartsverket dessutom blivit godkänd att användas vid flygning såväl under mörker som vid dålig sikt och låg molnhöjd, s k *trafikflygplats.*[11]

Av tabell 2.2 framgår antalet flygplatser i Sverige, såväl civila som militära. Av dessa har f n (1.1.1975 – se fig 2.3) 50 (28 civila och 22 militära) godkännande som trafikflygplats. Luftfartsverket är huvudman för 13 av de civila trafikflygplatserna (allmänna) och olika kommuner för 11 (godkända enskilda). Av de militära trafikflygplatserna är 6 upplåtna för civil trafik genom avtal med luftfartsverket och 8 genom avtal med olika kommuner. Således svarar luftfartsverket för den civila luftfarten vid 19 trafikflygplatser *(statliga trafikflygplatser)* och olika kommuner ävenledes vid 19 *(kommunala trafikflygplatser).* Inrikes linjefart förekommer, som redan nämnts i avsnitt 2.2, vid 26 trafikflygplatser – vid samtliga statliga och vid 7 kommunala – och utrikes linjefart vid 6, alla statliga. Ungefär 25 trafikflygplatser är berörda av chartertrafik.

Inberäknat de militära flygplatserna är tillgången på större flygplatser i Sverige relativt god. Detta illustreras bl a av att under perioden 1967–1974 nyanlades endast 4 flygplatser med bana av lägst klass III, en utbyggnadstakt som luftfartsverket, med utgångspunkt från befintliga planer, beräknat skall fortsätta även under perioden 1975–1980 (Lfv PM 1975-02-06).

2.4 *Finansieringen av statliga trafikflygplatser*

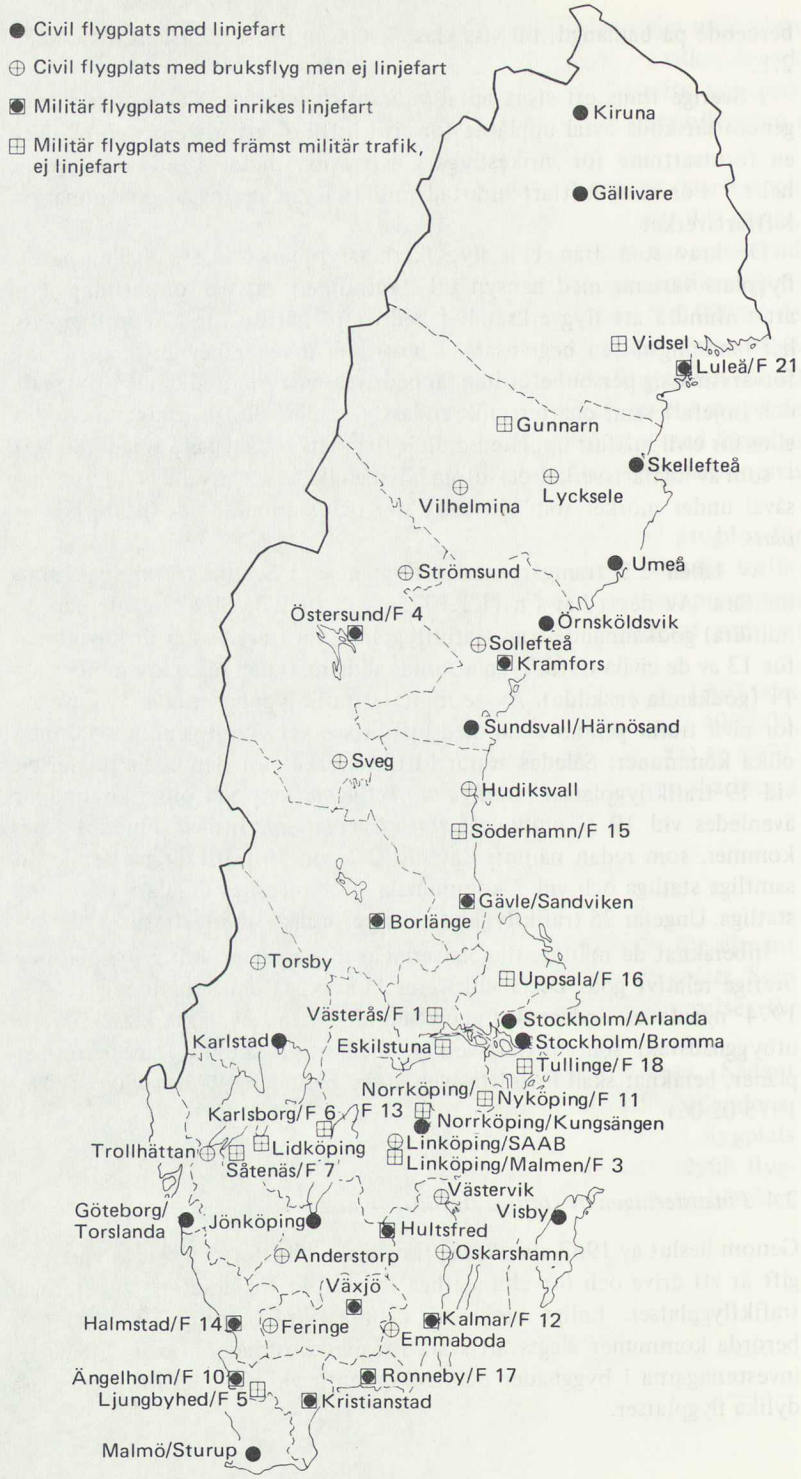
Genom beslut av 1967 års riksdag fastslogs att luftfartsverkets huvuduppgift är att driva och förvalta statliga flygplatser för linjefart, dvs statliga trafikflygplatser. Enligt beslut av samma riksdag (prop 1967:57) har berörda kommuner ålagts att svara för markkostnaderna och 37,5 % av investeringarna i byggnader och anläggningar vid ny- eller utbyggnad av dylika flygplatser.

[8] Banlängdsbehov för olika flygplanstyper framgår av bilaga D.

[9] År 1974 bedrevs linjefart vid 11 militära flygplatser.

[10] Dvs allmän, godkänd enskild eller för civil luftfart upplåten militär flygplats.

[11] Luftfartsinspektionen kan medge undantag från kravet att banan skall vara av lägst klass II. Linjefart och chartertrafik med jetflygplan får endast bedrivas på härför särskilt godkänd trafikflygplats.



Figur 2.3 Trafikflygplatser i Sverige den 1 januari 1975 (därjämte anges de militära flygplatserna F 5, F 13, F 18 och Gunnarn som ej är trafikflygplatser).

Tabell 2.2 Antal flygplatser i Sverige den 1 januari 1975. Inom parentes anges antalet trafikflygplatser.

Banklass	Hänförda till banklass (endast godkända flygplatser)				
	I 2100m–	II 1300–2100m	III 1000–1300m	IV 600–1000m	Summa
A. *Godkända flygplatser*					
Allmänna	2(2)	11(11)	–	10	23(13)
Godkända enskilda	–	–	1(1)	29(14)	30(15)
Militära	2(2)	23(16)	9(4)	6	40(22)
Summa	4(4)	34(27)	10(5)	45(14)	93(50)
B. *Ej godkända flygplatser*					
Intagna i AIP–Sverige [a]	–	–	–	34	34
Övriga	(i regel kortare än 600 m)				ca 90
Totalt	4	34	10	79	ca 220

[a] Aeronautical Information Publication.

3 Flygbuller. Alstring, karaktär och dämpning

3.1 *Inledning*

Bullret kring världens flygplatser började under 1960-talet alltmer att framstå som ett stort problem. Detta föranledde den engelska regeringen att år 1966 inbjuda till en internationell konferens i London. Från utgångspunkten att flygbullret skulle reduceras vid källan konstaterade konferensdeltagarna att det var möjligt att tillverka tystare flygmotorer och att det bästa sättet att leda utvecklingen dithän var att införa normer angivande högsta tillåtna bullervärden.

Efter konferensen inleddes ett samarbete mellan USA, England och Frankrike i syfte att få fram en gemensam emissionsnorm för nya flygplan. Principerna i de förslag som därvid utarbetades låg till grund för de normer som senare kom att antas av ICAO (se vidare kap 5).

Den tekniska sidan av flygbullerproblemen blev tidigt föremål för uppmärksamhet. Den ryske fysikern L Gutin utvecklade redan år 1936 en metod för beräkning av buller från propellerflygplan. Vad gäller den s k rena jetturbinmotorn eller jetmotorn publicerade engelsmannen M J Lighthill år 1952 en metod för beräkning av s k strålbuller och ungefär samtidigt, dvs när motorn togs i bruk i civila flygplan, inleddes ett intensivt forskningsarbete inriktat på att dämpa detta buller. Arbetet avstannade emellertid efter ungefär tio år utan att några tillfredsställande resultat uppnåtts. Detta hade samband med utvecklandet av den s k fläktturbinmotorn eller fläktmotorn, som främst bränsleekonomiskt men även från bullersynpunkt innebar visst framsteg. Under större delen av 1960-talet koncentrerades forskningsarbetet helt till att ytterligare förbättra den nya motortypen.

På senare tid har dock problemen kring dämpningen av strålbullret fått förnyad aktualitet. Anledningen härtill är bl a utvecklandet av motorer till civila överljudsflygplan.

Flygbullerforskningen styrs numera främst av de emissionsnormer – internationella och nationella – som gäller för nya jetflygplan. Stora ekonomiska resurser avsätts årligen, främst i USA, för att existerande normer och förväntade skärpningar skall kunna uppfyllas.

I följande avsnitt behandlas bl a alstring och dämpning av bullret från jetmotorer, propellrar och rotorer samt s k aerodynamiskt buller från flygplansskrov. Bullret från överljudsflygplan och de särskilda problem som är förknippade med den s k ljudbangen behandlas för sig i kapitel 4.

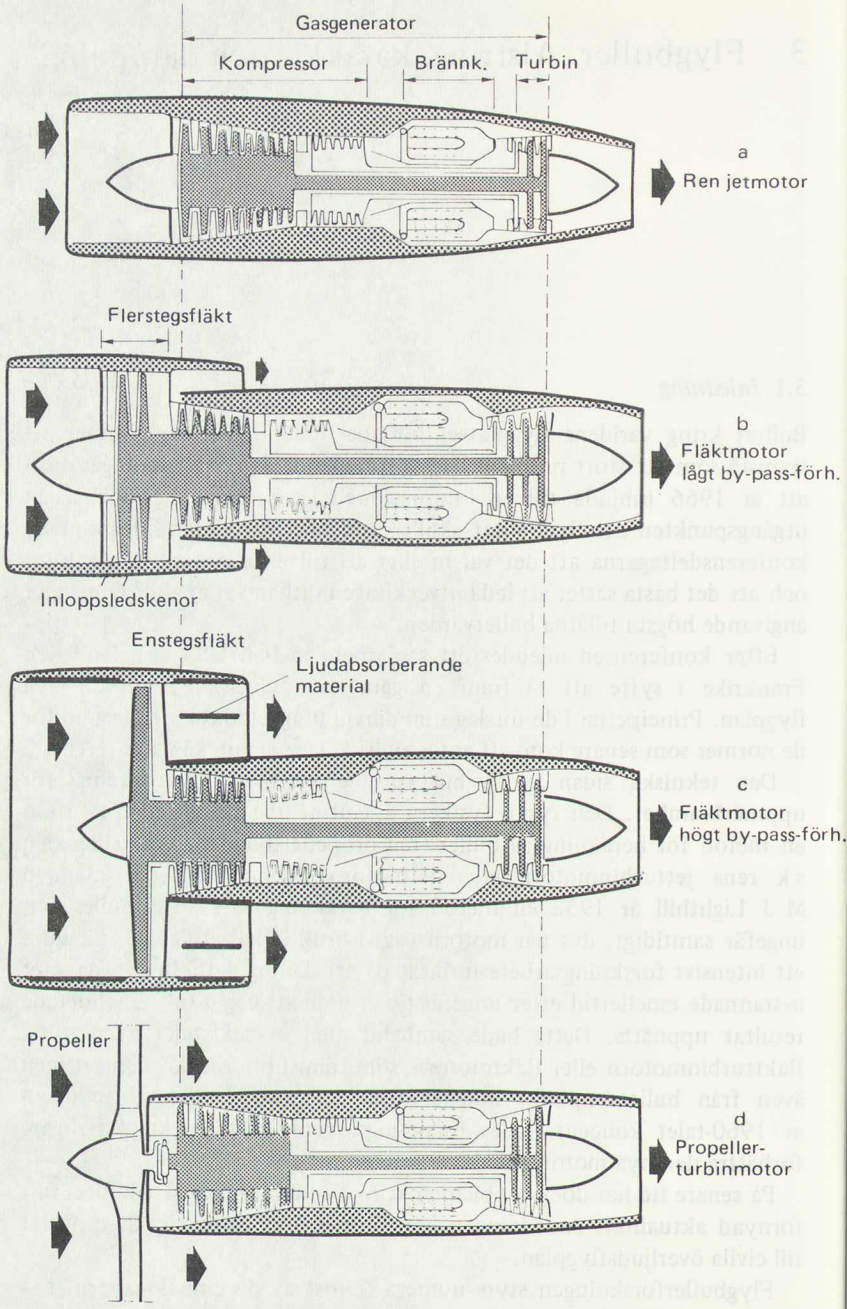


Fig 3.1 Uppbyggnaden av olika flygmotortyper.

3.2 *Buller från jetmotorer*

3.2.1 Inledning

Den rena jetmotorns uppbyggnad framgår av figur 3.1. Motorns arbetsprincip är den att all luft som strömmar in genom luftintaget

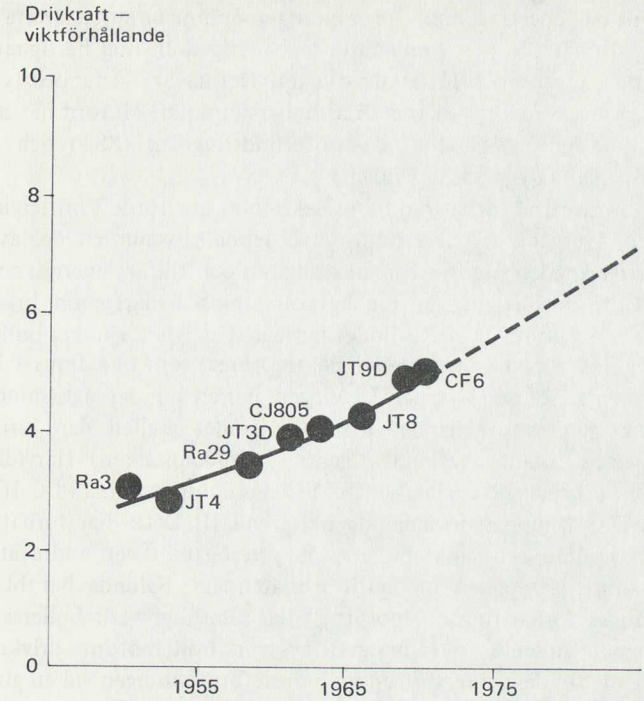


Fig 3.2 Drivkraftsutvecklingen.

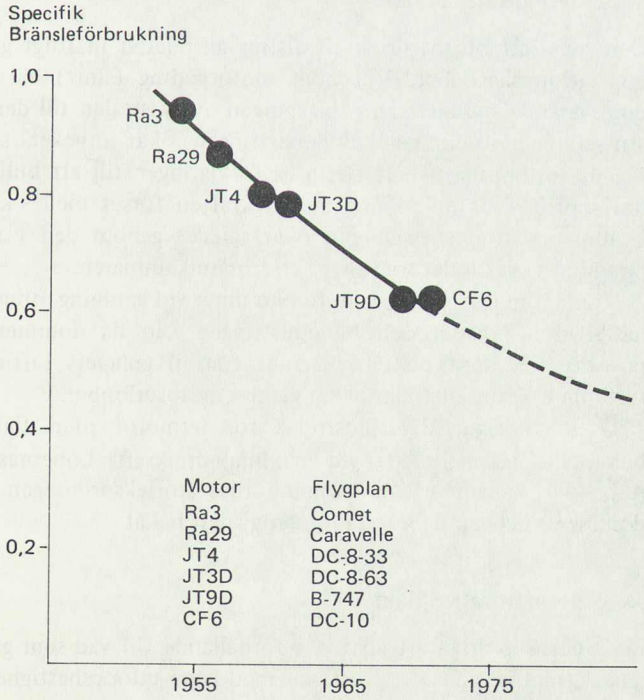


Fig 3.3 Bränsleförbrukningens utveckling.

tillförs energi genom förbränning i brännkamrarna. Detta medför att gasflödet får hög temperatur och därigenom hög hastighet vid utblåsningen genom utloppsmunstycket. Det senare ger motortypen mycket ogynnsamma egenskaper från bullersynpunkt. Motorn har dock numera akutalitet endast för civila överljudsflygplan (SST) och för militära flygplan (flygplan 35 Draken).

Kravet på förbättrad bränsleekonomi medförde i mitten av 1960-talet en övergång till fläktmotorn. I denna passerar en del av den totala luftmängden utanför brännkammaren och tillförs energi i en fläkt (se fig 3.1). Jämfört med en ren jetmotor minskar därigenom bränsleåtgången och, på grund av att gasflödet får lägre hastighet, sjunker bullernivån.

Den första generationen fläktmotorer, som bl a finns i DC-8, DC-9, Boeing 727 och flygplan 37 Viggen, har ett relativt lågt (mindre än 1,5:1) s k by-pass-förhållande (dvs förhållandet mellan den luftmängd som passerar utanför respektive genom brännkammaren). Härvidlag har dock motortypen utvecklats vidare. Således har motorerna i DC-10 och Boeing 747 ett by-pass-förhållande på cirka 5:1. Detta har förbättrat bränsleekonomin och sänkt bullernivån ytterligare. Även andra åtgärder har i samma avseenden inneburit förbättringar. Sålunda har bl a aerodynamiska förbättringar i motorn, vilka samtidigt varit bullersänkande, och användandet av nytt material avsevärt höjt motorns drivkraft i förhållande till dess vikt, varigenom bränsleförbrukningen vid en given drivkraft (den s k specifika bränsleförbrukningen) väsentligt reducerats (se figur 3.2 och 3.3).

3.2.2 Jetmotor utan fläkt

Den rena jetmotorns drivkraft alstras av relativt måttligt gasflöde med hög utloppshastighet. Vid högt motorpådrag (start) härrör det helt dominerande bullret från utblåsningen av gasstrålen till den omgivande atmosfären (strålbuller). Bulleralstringen ökar mycket kraftigt med ökande utloppshastighet. Detta är förklaringen till att bullernivån höjs om motorn för en ökning av drivkraften förses med s k efterbrännkammare. Utloppshastigheten ökar således genom den ytterligare förbränning av gasflödet som sker i efterbrännkammaren.

Vid lågt motorpådrag, som förekommer vid landning, minskar utloppshastigheten kraftigt och bulleralstringen kan då domineras av kompressorbuller som utstrålar framåt från flygplanets luftintag och av turbinbuller som utstrålar bakåt genom motorutloppet.

Överst i figur 3.4 illustreras för jetmotor utan fläkt de olika bullerkällornas betydelse vid maximal drivkraft. Lobernas storlek för respektive källa markerar den inbördes storleksordningen. Strålbullret dominerar och ger de högsta nivåerna snett bakåt.

3.2.3 Jetmotor med fläkt

Fläktmotorns drivkraft alstras, i förhållande till vad som gäller för den rena jetmotorn, av ökat gasflöde med lägre utloppshastighet. Detta har

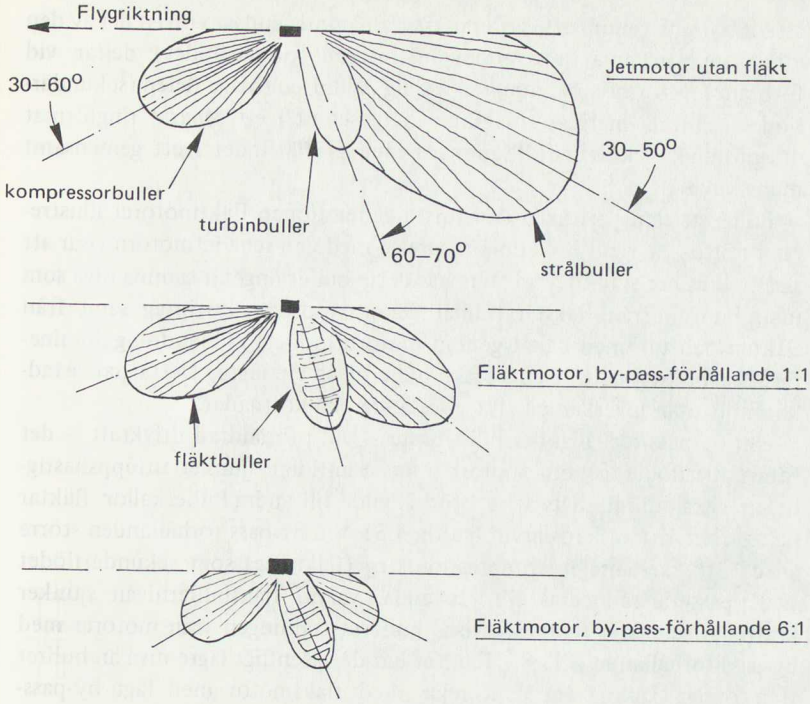


Fig 3.4 Dominerande bullerkällor och riktningskarakteristik vid samma maximala drivkraft för olika jetmotortyper (utan speciella dämpanordningar).

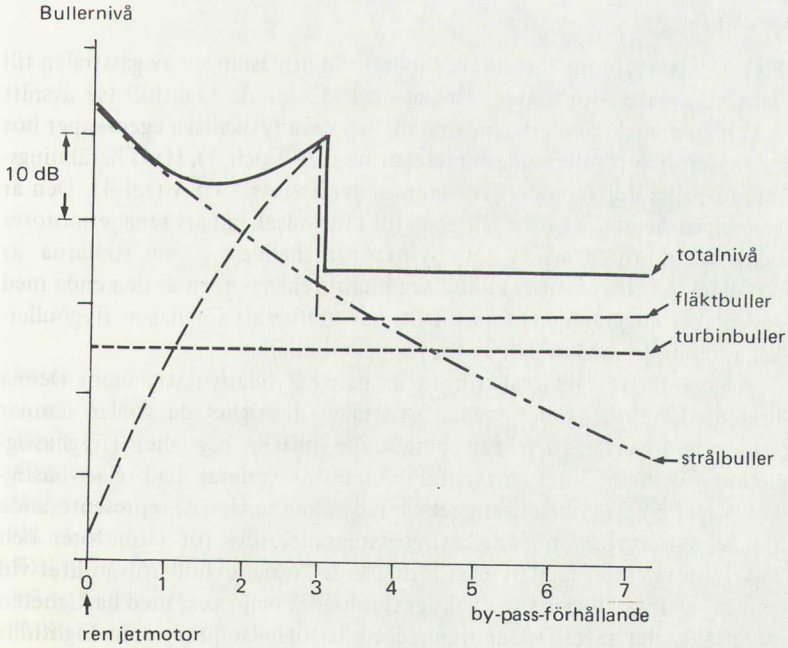


Fig 3.5 Relativa bullernivåer för olika bullerkällor vid samma maximala drivkraft (utan speciella dämpanordningar).

åstadkommits genom att, såsom nyss omnämnts, endast en viss del av den luft som strömmar in genom luftintaget (primärflödet) deltar vid förbränningen i brännkammaren (se fig 3.1). Den övriga delen (sekundärflödet) tillförs energi i en fläkt och blåses ut i ett separat ringformat utloppsmunstycke eller tillsammans med primärflödet i ett gemensamt munstycke.

Bullerutstrålningen från den första generationen fläktmotorer illustreras i mitten av figur 3.4. En jämförelse med den rena jetmotorn visar att strålbullret har sjunkit. Vid start har detta buller ungefär samma nivå som utstrålningen från fläkten framåt genom motorns luftintag samt från fläkten och turbinen bakåt genom motorutloppet. Vid landning dominerar fläktbullret helt. Den totala bullernivån är lägre. Detta har åstadkommits utan inverkan på vikt, prestanda och kostnader.

Om by-pass-förhållandet höjs måste – vid oförändrad drivkraft – det totala luftflödet genom motorn öka. Samtidigt sjunker utloppshastigheten. Strålbullrets betydelse i förhållande till andra bullerkällor, fläktar och turbiner, minskar därvid (se fig 3.5). Vid by-pass-förhållanden större än ca 3:1 kan antalet kompressionssteg (fläktsteg) som sekundärflödet skall passera reduceras till ett enda, varvid fläktbullernivån sjunker kraftigt. Nederst i figur 3.4 visas bullerutstrålningen från motorer med by-pass-förhållande 6:1. Strålbullret har då väsentligt lägre nivå än bullret från övriga källor. En jämförelse med fläktmotor med lågt by-pass-förhållande ger vid handen att fläktbullret genom luftintaget minskat medan däremot turbinbullret i stort sett är oförändrat.

3.2.4 Fysikalisk bakgrund till bulleralstringen

Strålbuller

Som tidigare nämnts alstras strålbullret vid utblåsningen av gasstrålen till den omgivande atmosfären. Redan år 1952 kunde Lighthill (se avsnitt 3.1) matematiskt visa ett samband mellan vissa fysikaliska egenskaper hos gasstrålen och resulterande bulleralstring (ref 2 och 3). Hans beräkningsmetod gäller fortfarande och har standardiserats i USA (ref 4). Den är visserligen begränsad i sin giltighet till i huvudsak enbart rena jetmotorer och fläktmotorer med lågt by-pass-förhållande – om strålarna är cirkulära och blåses ut från koniska munstycken – men är den enda med acceptabel noggrannhet, som hittills har utarbetats för någon flygbullerkälla, möjligen med undantag för propellerbuller.

Avgörande för bulleralstringen är den s k relativhastigheten. Denna bestäms av förhållandet mellan gasstrålens hastighet då strålen lämnar utloppsmunstycket och den omgivande luftens hastighet (flyghastigheten). Av figur 3.6 framgår hur bullernivån varierar med relativhastigheten (ref 5). Tre olika hastighetsområden kan särskiljas, representerande skilda motortyper. I medelhastighetsområdet, dvs för jetmotorer och fläktmotorer med lågt by-pass-förhållande, varierar bullernivån litet vid en viss relativhastighet (smalt skuggat område) och växer med hastigheten på ett likartat sätt. Det är inom detta hastighetsområde som Lighthills

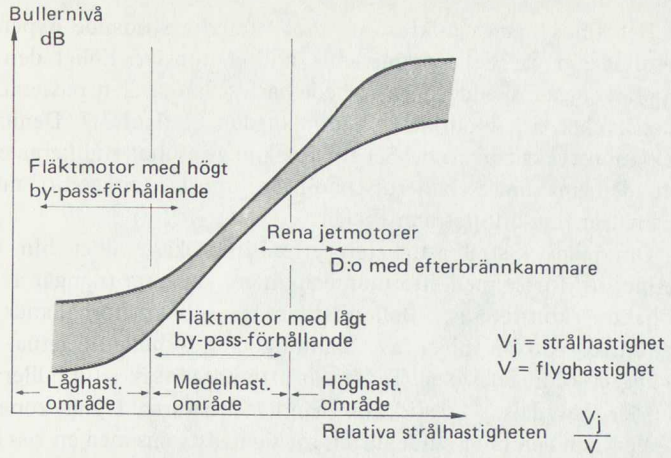


Fig 3.6 Relativa strålhastighetens betydelse för bullernivån.

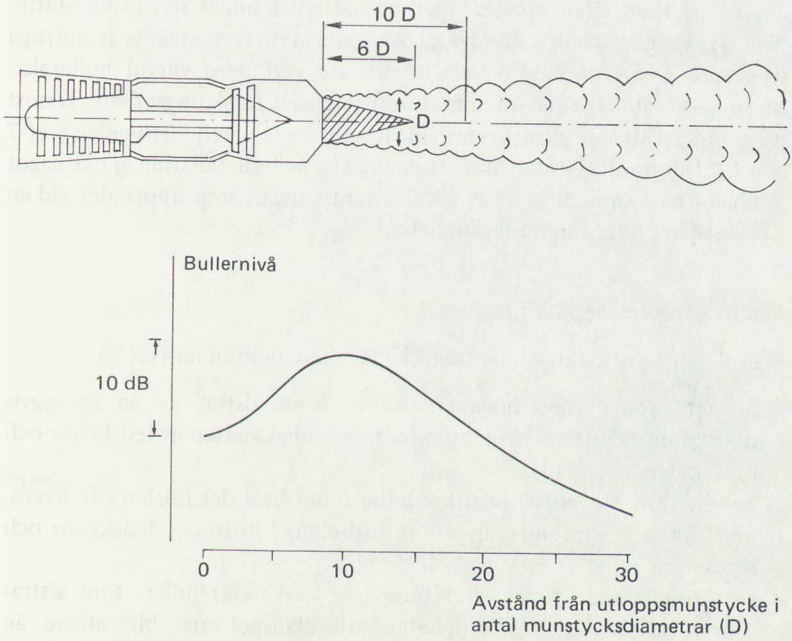


Fig 3.7 Alstring av strålbuller.

beräkningsmetod gäller.

Bulleralstringen sker i gränszonen mellan strålranden och den omgivande luften. I denna luftinblandningszon uppstår turbulens, virvlar, på grund av hastighetsskillnaden mellan strålen och luften (se fig 3.7). Den turbulenta zonen, inom vilken strålens hastighet minskar alltmer, sträcker sig långt bakom motorns utloppsmunstycke. Virvlarna närmast munstycket ger upphov till högfrekvent buller. Allteftersom strålhastigheten avtar ökar luftinblandningen. Det bildas då större virvlar och bullret övergår till att bli lågfrekvent.

Det finns många åsikter och mot varandra stridande experimentella resultat om var det dominerande bullret uppstår. Enligt den tidigaste uppfattningen skedde detta omedelbart sedan strålen passerat utloppsmunstycket och inom den s k kärnlängden, se figur 3.7. Denna är cirka sex munstycksdiametrar. Senare forskningsresultat indikerar emellertid att den maximala bullerutstrålningen uppstår cirka tio munstycksdiametrar från utloppsmunstycket.

Om relativa strålhastigheten ytterligare ökas, vilket blir fallet om jetmotorn förses med efterbrännkammare, kan som framgår av figur 3.6 följande konstateras. Bullerutstrålningen ökar förhållandevis långsammare. Kurvan böjer av. Samtidigt sprids bullernivåerna mer. Det skuggade området växer. Tydligt är att andra orsaker till bulleralstringen nu får betydelse. De tidigare nämnda virvlarna i gränszonen mellan strålen och den omgivande luften rör sig nedströms med en viss hastighet. Om denna hastighet överskrider ljudhastigheten i den omgivande luften uppträder tryckvågor i gasstrålen, vilka ger upphov till bullerutstrålning. I det fall själva strålen uppnår överljudshastighet bildas dessutom stationära tryckvågor i strålen, dvs i strålen uppstår fält, som åtskiljs av kraftiga trycksprång. Detta medför en intensivare turbulens varvid bulleralstringen ökar. Området är föremål för ett intensivt forskningsarbete, främst på grund av att det aktualiseras vid start av civila överljudsflygplan (ref 7 och 8). Det bör här framhållas att denna typ av bulleralstring ej har något samband med uppkomsten av s k överljudsbangar, som uppträder vid en flyghastighet högre än ljudhastigheten.

Fläkt-, kompressor- och turbinbuller

Man skiljer huvudsakligen på tre olika typer av fläktbuller (ref 9):

- diskreta toner med höga frekvenser, som alstras av en språngvis minskning av luftens strömningshastighet i bakkanten av ledskenor och löpskovlar
- buller, som har en jämn utbredning inom hela det hörbara frekvensområdet och som uppstår genom turbulens i luftintag, ledskenor och löpskovlar
- s k kombinerade toner eller buzz-saw (cirkelsåg)-buller, som alstras genom att strömningshastigheten vid bladspetsarna blir större än ljudhastigheten. Det uppkommer därvid tryckvågor, vilka blir oregelbundna på grund av geometriska ojämnheter i bladen.

Luften genom luftintaget i ett konventionellt fläkt- eller kompressorsteg passerar först en icke roterande krans med ett stort antal inloppsledskenor (se fig 3.1). Dessa är placerade radiellt i en ringformig strömningskanal och har en tvärsnittsform motsvarande en vingprofil. Ledskenorna har till uppgift att ge luften en viss lämplig riktning vid anströmningen mot den bakomliggande löpskovelkransen (fläktblad), som roterar med hög hastighet. Sedan luftströmmen passerat löpskovelkransen följer ytterligare en krans med icke roterande ledskenor. Till första kompressionssteget räknas första löpskovelkransen och efter-

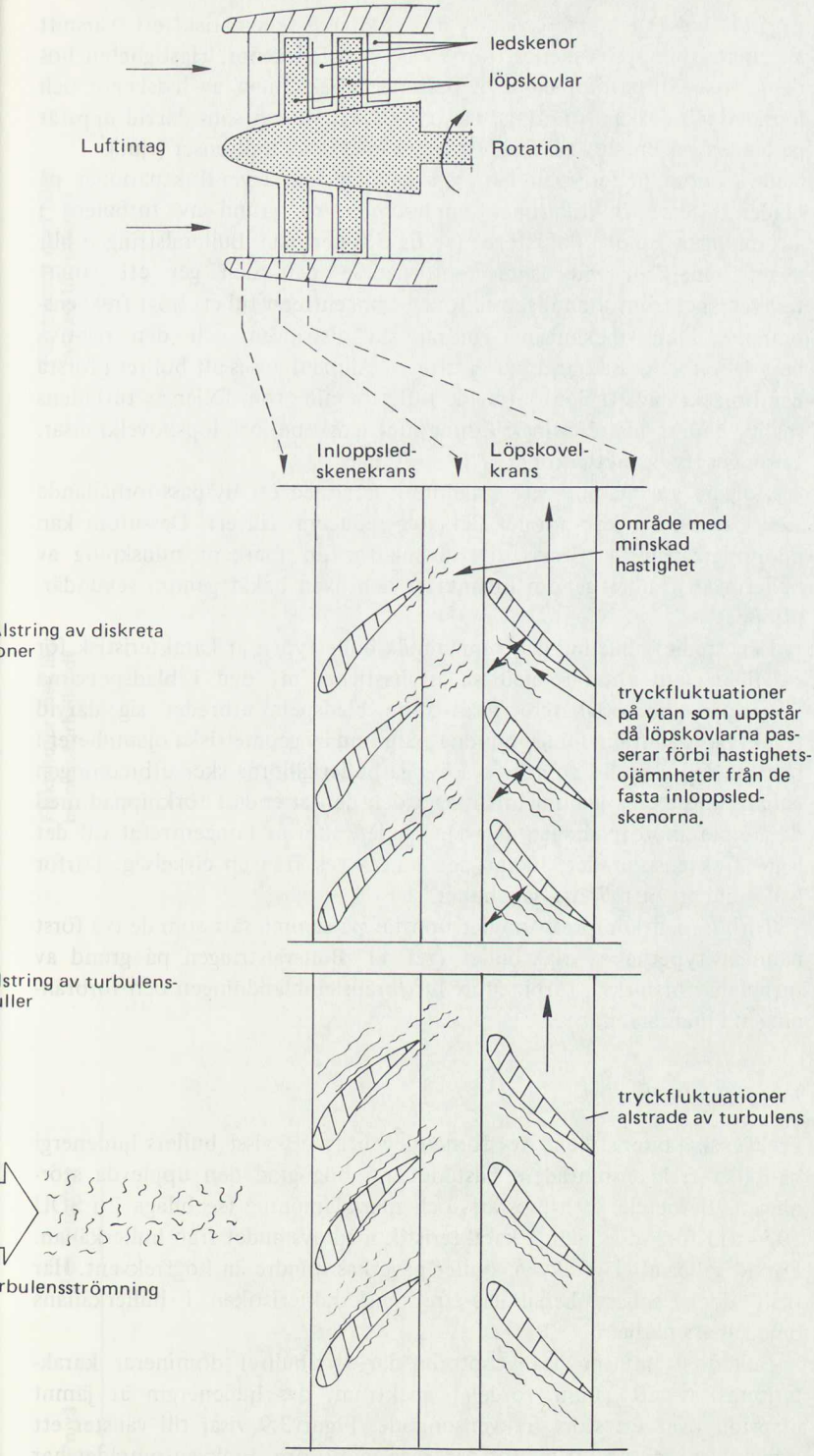


Fig 3.8 Alstring av fläkt/kompressorbuller.

följande ledskenekrans. Överst i figur 3.8 visas schematiskt ett tvärsnitt av en rad inloppsledskenor, löpskovlar och ledskenor. Hastigheten hos den del av luftströmmen som passerar i bakkanten av ledskenor och löpskovlar minskar språngvis. De tryckfluktuationer som därvid uppstår på bladen ger upphov till diskreta toner med höga frekvenser (tjut).

Den andra bullertypen härrör även den från tryckfluktuationer på bladen. Dessa fluktuationer uppkommer på grund av turbulens i strömningen genom fläktsteget (se fig 3.8 nederst). Bulleralstringen blir särskilt märkbar vid lägre motorpådrag och den ger ett jämnt frekvensspektrum utan diskreta toner, koncentrerat till ett högt frekvensområde. Flera mekanismer bidrar till alstringen och den relativa betydelsen av dessa har ännu ej utretts. Allmänt anses att bullret i första hand orsakas av att den oordnade luftströmning som följer av turbulens snabbt ändrar anströmningsriktning mot ledskene- och löpskovelkransar. Detta ger tryckfluktuationer.

Tidigare har nämnts att i fläktmotorer med ett by-pass-förhållande större än ca 3:1 kan antalet fläktsteg reduceras till ett. Dessutom kan inloppsledskenorna slopas. Detta medför en markant minskning av bullernivån framåt genom luftintaget och även bakåt genom sekundärutloppet.

Den tredje i inledningen omnämnda bullertypen är karakteristisk för en fläkt som roterar med sådan hastighet att den i bladspetsarna överstiger ljudhastigheten. Från varje bladspets utbreder sig därvid tryckvågor, som blir oregelbundna på grund av geometriska ojämnheter i bladen. Till skillnad från de två övriga bullerkällorna sker utbredningen enbart uppströms genom luftintaget och den är endast förknippad med de högsta motorpådragen (start). Ljudet, som är koncentrerat till det lägre frekvensområdet, liknar det som avges från en cirkelsåg. Därför kallas bullertypen "buzz-saw-buller".

Turbin- och kompressorbuller uppstår på samma sätt som de två först nämnda typerna av fläktbuller (ref 1). Bulleralstringen på grund av turbulens förstärks i turbinen av luft/bränsleinblandningen och förbränningen i brännkamrarna.

Frekvenskarakteristik

Frekvenskarakteristiken, dvs fördelningen av ett visst bullers ljudenergi på olika frekvensområden, bestämmer i hög grad den upplevda störningen. Beroende på atmosfärs- och markdämpning (se bilaga 2 i SOU 1974:61) förändras denna karakteristik med avståndet från bullerkällan. Därvid gäller att lågfrekvent buller påverkas mindre än högfrekvent. Här skall dock enbart behandlas frekvenskarakteristiken i bullerkällans omedelbara närhet.

Bullerutstrålningen från motorer där strålbullret dominerar karakteriseras av ett jämnt fördelat spektrum, dvs ljudenergin är jämnt utspridd över ett stort frekvensområde. Figur 3.9 visar till vänster ett typiskt frekvensspektrum för den rena jetmotorn. Frekvensområdet har uppdelats i åtta delar (oktaver) och för en jämförelse har örats

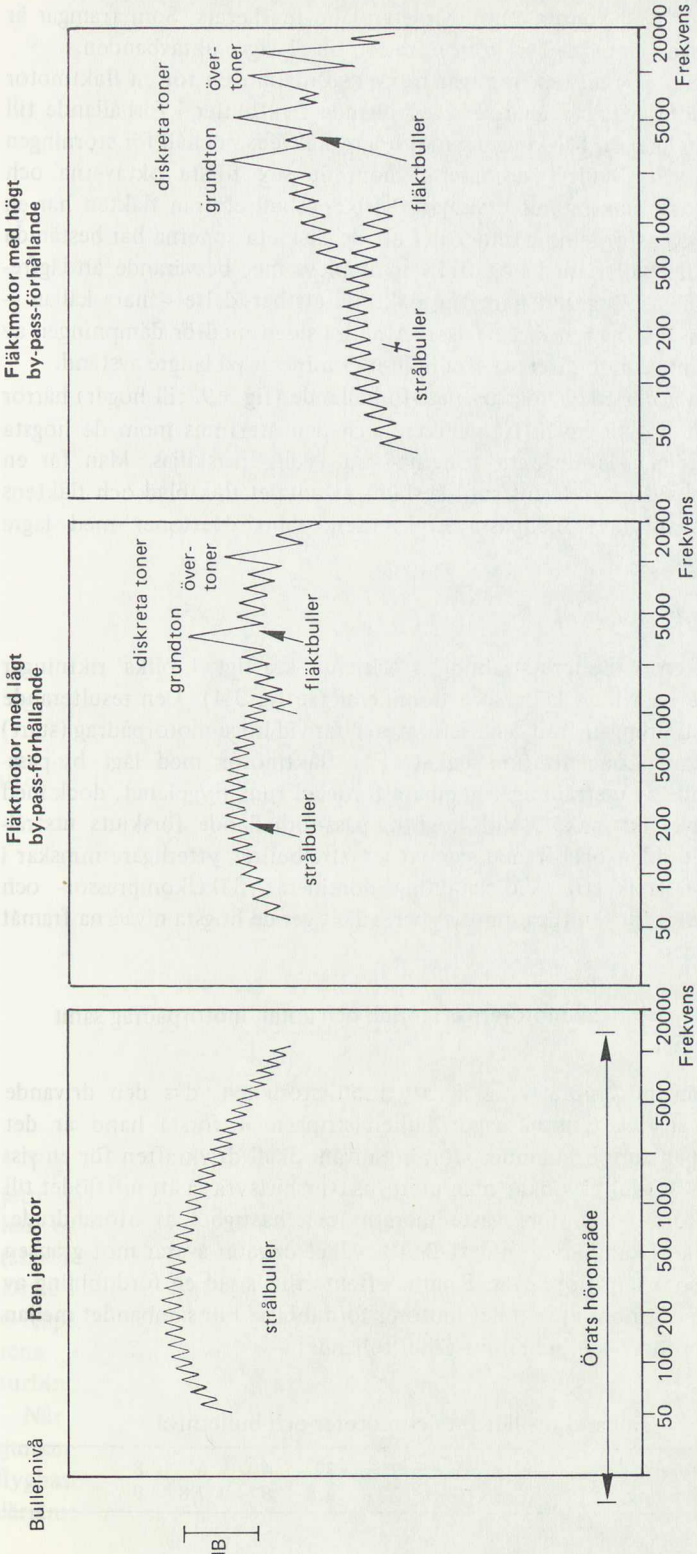


Fig 3.9 Frekvensspektra för olika jetmotortyper vid maximal drivkraft.

hörområde och tonomfånget för ett piano markerats. Som framgår är fördelningen jämn med en koncentration till de lägre oktavbanden.

Av figur 3.9, mitten, framgår frekvensfördelningen för en fläktmotor med lågt by-pass-förhållande. Med ökande fläktbuller i förhållande till strålbuller sker en förskjutning mot högre frekvensinnehåll för störningen (ref 10). Strålbullret dominerar inom de sex första oktaverna och därefter kan fläktbullret urskiljas. Turbulensbullret från fläkten har en jämn frekvensfördelning under det att de diskreta tonerna har bestämda frekvenser. Buller med hög frekvens upplevs mer besvärande än lågfrekvent buller. På grund härav är fläktbullrets betydelse – nära källan – större än vad figuren direkt visar. Å andra sidan medför dämpningen av det högfrekventa bullret att strålbullret dominerar på längre avstånd.

För motorer med högt by-pass-förhållande (fig 3.9, till höger) härrör även den högsta nivån från fläkten och den återfinns inom de högsta oktavbanden. De diskreta tonerna kan tydligt urskiljas. Man får en grundton vid en frekvens som bestäms av antalet fläktblad och fläktens rotationshastighet, bladpassagefrekvensen, samt övertoner med lägre bullernivå.

Riktningskarakteristik

Intensiteten i bullerutstrålningen varierar kraftigt i olika riktningar beroende på vilken källa som dominerar (se fig 3.4). Den resulterande bullerutstrålningen från rena jetmotorer får vid höga motorpådrag (start) en markant koncentration bakåt. För fläktmotor med lågt by-pass-förhållande är utstrålningen jämnare fördelad runt flygplanet, dock med någon övervikt bakåt. Vid högt by-pass-förhållande förskjuts utstrålningen åt sidan och framåt genom att strålbullret ytterligare minskar i betydelse (ref 10). Vid landning dominerar fläkt/kompressor- och turbinbuller för samtliga motortyper, vilket ger de högsta nivåerna framåt och åt sidan.

3.2.5 Betydelsen av motorernas storlek och antal, motorpådrag samt flyghastighet

En allmän missuppfattning är att motorstorleken, dvs den drivande kraftens storlek, ensam avgör bulleralstringen. I första hand är det motortypen som bestämmer störningsnivån. Skall drivkraften för en viss motortyp fördubblas ökar man motorns tvärsnittsyta så att luftflödet till motorn fördubblas. Inre gastemperatur och hastighet är oförändrade. Bullernivån ökar härvid endast 3 dB, vilket ungefär svarar mot gränsen för vad som kan uppfattas. Samma effekt erhålls vid en fördubbling av drivkraften genom att antalet motorer fördubblas. För sambandet mellan antalet motorer och bullernivå gäller följande:

Tabell 3.1 Samband mellan antalet motorer och bullernivå

Antal motorer	1	2	3	4	6	8
Bullernivåökning, dB	0	3	4,8	6	7,8	9

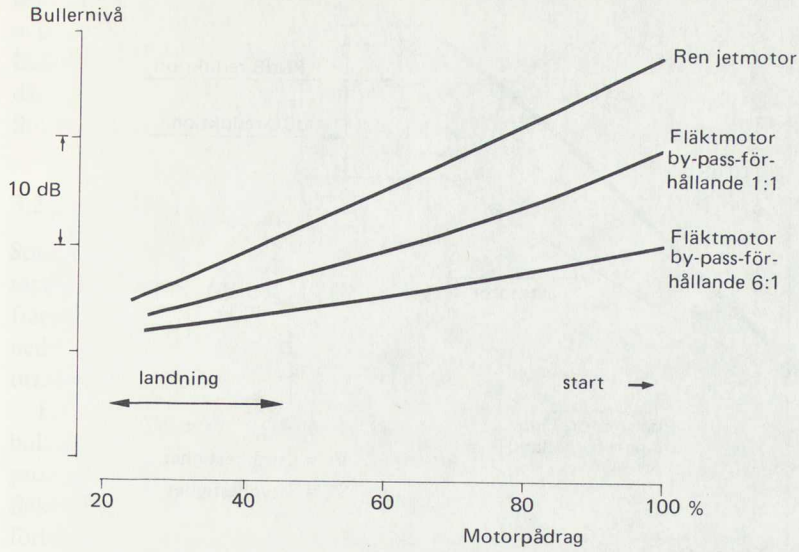


Fig 3.10 Olika motortypers bullernivåer (vid samma drivkraft).

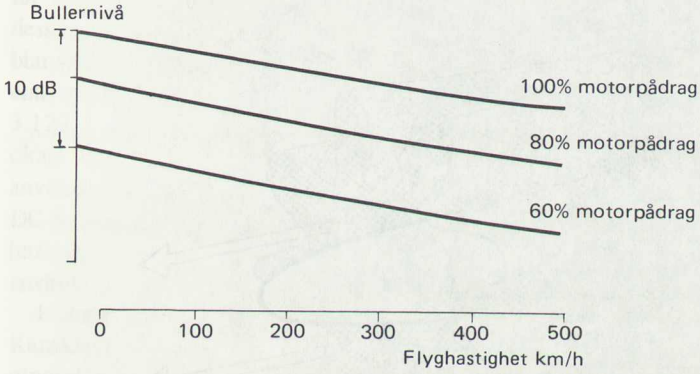
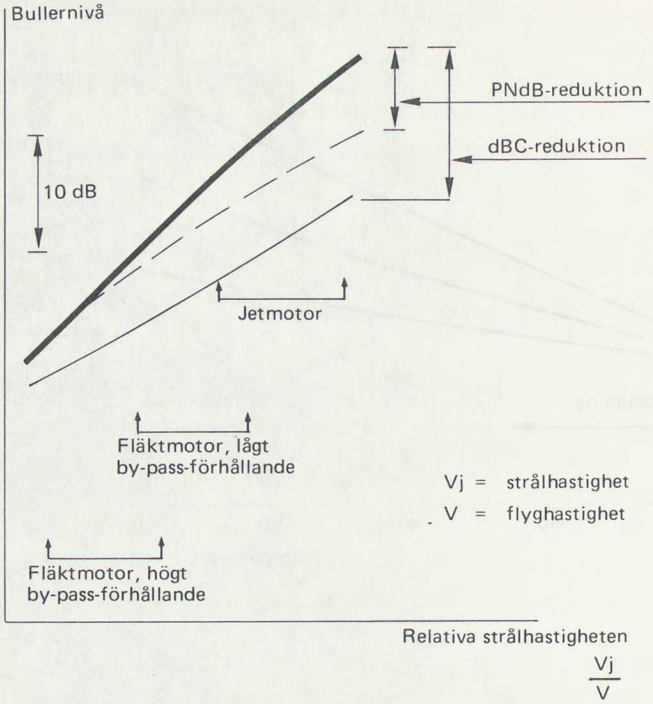
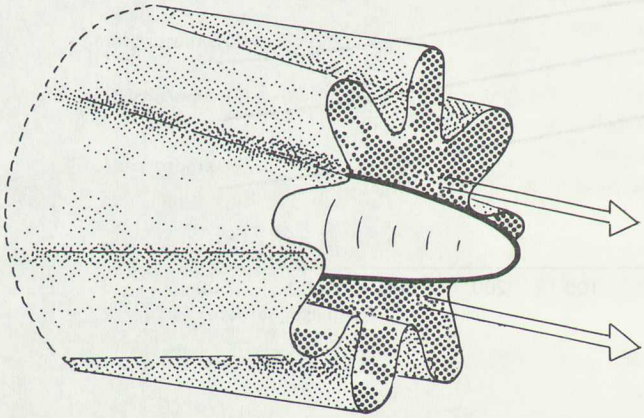


Fig 3.11 Inverkan av flyghastighet och motorpådrag på strålbuller.

Figur 3.10 jämför – vid samma drivkraft – bullernivån för en ren jetmotor, utan dämpning av utloppsljudet, med två fläktmotorer som har by-pass-förhållandena 1:1 respektive 6:1. Vid högt motorpådrag (start) ger sistnämnda motorer ca 7 respektive 15 dB lägre bullernivå. Detta innebär att fläktmotorernas maximala drivkraft kan höjas ungefär 6 respektive 30 gånger innan störningsnivåerna överensstämmer med den rena jetmotorns. Vid lågt motorpådrag (landning), då fläkt- eller turbinbuller dominerar för samtliga motortyper, är skillnaden liten.

När strålbullret dominerar medför ökad flyghastighet att bullernivån sjunker. Detta illustreras i figur 3.11 (ref 11). Bullernivån vid en flyghastighet om 250 km/h är ca 4 dB lägre än vid stillastående och görs därjämte ett motoravdrag med 20 % sjunker bullernivån ytterligare ca 4





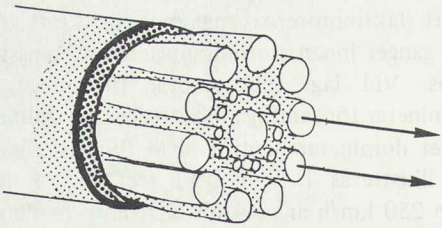


Fig 3.12 Dämpning av strålbuller.

dB eller totalt ca 8 dB. Dessa effekter uppnås med den rena jetmotorn och i något mindre grad med fläktmotorer med lågt by-pass-förhållande. Bulleralstringen från fläktmotorer med högt by-pass-förhållande är däremot i huvudsak opåverkad av flyghastighet och motorpådrag. Störningen är därför i stort sett densamma vid både start och landning.

3.2.6 Dämpning av strålbuller

Som nämndes i avsnitt 3.1 har försöken att dämpa strålbullret inte varit särskilt framgångsrika. Förklaringen till de tekniska svårigheterna ligger främst i det faktum att bulleralstringen sker utanför flygplanet långt nedströms i gasstrålen och dessutom har ej full klarhet nåtts om orsakerna till alstringen.

En effektiv reducering av strålbullret förutsätter, på grund av bulleralstringens karaktär, att strålhastigheten minskas. Om inte arbetsprocessen för jetmotorn ändras – vilket skett i och med framtagandet av fläktmotorn – kan dock inte detta genomföras utan avsevärda prestandaförluster.

Emellertid går det att till en del dämpa strålbullret från rena jetmotorer och fläktmotorer med lågt by-pass-förhållande. Det kan ske genom att utloppsmunstycket utformas så att den luft som omger strålen får högre hastighet (ref 6 och 12). Relativhastigheten blir då lägre och dessutom påskyndas blandningen mellan strålen och luften varigenom blandningszonen förkortas. Två olika munstyckstyper har utvecklats, den ena av Rolls-Royce i England och den andra av Boeing i USA (se fig 3.12). I den engelska typen, det korrugerade munstycket, har omkretsen ökats med hjälp av ett antal lober. Munstycket har kommit till användning på flera flygplanstyper, bl a Caravelle och äldre versioner av DC-8, med sex respektive åtta lober. Utloppet i den amerikanska typen har delats upp i ett antal mindre munstycken, tuber. Munstycket har använts på Boeing 707.

I stort sett är de båda munstyckstypernas dämpningseffekt likvärdig. Karakteristiskt är att den varierar inom olika frekvensområden. Dämpningseffekten minskar dessutom med sjunkande strålhastighet. Effekten på en fläktmotor med lågt by-pass-förhållande blir därför endast cirka hälften av den som erhålls på en ren jetmotor. På en motor med högt by-pass-förhållande blir effekten så liten att man i stort kan bortse från den.

Ytterligare dämpning erhålls om efter det korrugerade utloppsmunstycket eller tubmunstycket monteras en rörformad kåpa, en s k ejektor. Ju längre ejektorn är desto större blir dämpningen. Om ejektorn behandlas med ljudabsorberande material blir dämpningseffekten än något större.

Den höga hastighet som gasstrålen får i en jetmotor försedd med efterbrännkammare medför, som tidigare nämnts, att andra orsaker till bullerutstrålningen får betydelse. Nya typer av dämpare måste således utvecklas. Man arbetar därvid särskilt med en teknik som innebär att motorstrålen påverkas av lober (prismor), installerade radiellt i en ejektor

efter utloppsmunstycket. Strålkärnan bryts därigenom upp, omgivande kalluft sugs in i strålen och blandningsprocessen påskyndas. Man arbetar med olika utformning av dessa lobelement. Ett stort problem är dock den kraftiga minskningen av drivkraften.

3.2.7 Dämpning av fläkt-, kompressor- och turbinbuller

Arbetet med att dämpa fläkt-, kompressor- och turbinbuller bedrivs efter två huvudlinjer. Ansträngningarna koncentreras dels till åtgärder för direkt dämpning av motorkomponenterna, dels till externa dämpningsåtgärder i luftintag, motorinklädnad och motorutlopp.

Åtgärder vid bullerkällan

Den bulleralstring som härrör från inre komponenter i motorn har man med dagens teknik möjlighet att angripa redan vid källan. De moderna fläktmotorerna i Boeing 747 och DC-10 visar exempel på detta. Sålunda har (ref 9 och 13)

- inloppsledskenor till fläkten tagits bort
- antalet fläktsteg reducerats till ett
- avståndet mellan fläktblad och utloppsledskenor ökats
- fläktens rotationshastighet vid start minskats
- fläktblad och ledskenor fått en lämplig utformning
- luftintaget utformats så att inströmmande luft når ljudhastighet
- variabel utloppsarea införts
- antalet utloppsledskenor bestämts i lämpligt förhållande till antalet fläktblad.

Samtliga de vidtagna åtgärderna är naturliga med hänsyn till bulleralstringens orsaker. Jämfört med en konventionell flerstegsfläkt av tidig typ ger de enligt gjorda beräkningar en bullerreduktion om ca 10–15 dB.

Beträffande den sista av de uppräknade åtgärderna har det kunnat påvisas att antalet ledskenor bör vara stort i förhållande till antalet fläktblad och ej utgöra jämna multiplar (1; 2; 4; osv). Härigenom erhålls en viss utsläckning av de diskreta tonerna.

Extern dämpning utanför bullerkällan i luftintag, motorinklädnad och motorutlopp

Bullerutstrålningen från motorkomponenterna kan dessutom dämpas externt utanför källan genom att väggarna i strömningskanalerna kläs med ljudabsorberande material (ref 16). Se fig 3.13.

Nya turbofläktmotorer med högt by-pass-förhållande förses således redan vid tillverkningen av motor och inklädnad med ljudisolerande material. För att få största möjliga dämpningseffekt måste följande faktorer beaktas:

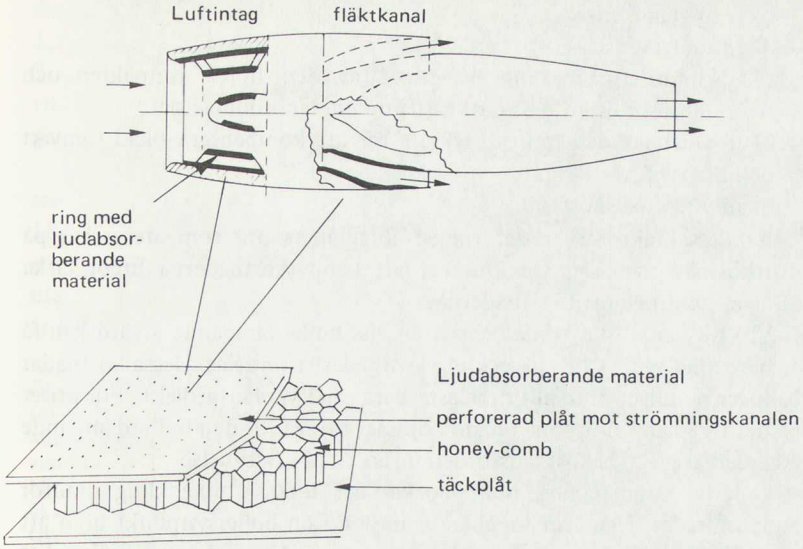


Fig 3.13 Installation av ljudabsorberande material.

- avståndet mellan behandlade ytor i strömningskanalen skall vara litet. I ett luftintag som har relativt stor diameter måste t ex en eller ett par koncentriska ringar installeras
- graden av dämpning varierar för olika frekvensområden. Genom att anpassa tjocklek och porositet i materialet samt kanalhöjd erhålls största möjliga dämpning inom visst frekvensområde. Vid anpassningen måste även strömningshastigheten i kanalen beaktas
- ju större längd och yta i kanalen som behandlas, desto bättre blir dämpningseffekten.

Även andra bullerdämpande åtgärder är emellertid tänkbara. Bl a kan luftintagets öppning minskas vilket ger samma effekt som en strypning av luftpassagen genom fläkten (ref 17). Intaget måste dock ökas vid högt motorpådrag, vilket medför strömnings- och säkerhetsproblem, komplicerade konstruktioner, viktökningar etc. Metodiken förefaller ändå vara attraktiv för SST-flygplan, där man av andra skäl har variabla luftintag.

En annan möjlighet till dämpning är att placera motorerna så att någon del av flygplanet ger skärmverkan nedåt. Exempelvis har på jetflygplanet F-28 uppmätts bullerminskningar under flygplanet på ca 5 dB på grund av skärmverkan från vingarna. Normalt reduceras emellertid endast störningens varaktighet, eftersom fläktbuller utbreder sig både framåt och bakåt och skärmningen oftast verkar bara i en riktning. Ett undantag är möjligen det tyska projektet VFW-614, där motorerna är placerade på översidan av vingarna.

3.2.8 Ekonomiska konsekvenser av dämpningsåtgärder

Bullerdämpande åtgärder leder i många fall till försämrade prestanda och ökat underhåll för flygplanen och därmed till ökade kostnader. Följande faktorer kommer in:

– ökat flygplanspris
– ökad tomvikt
– ökad bränsleförbrukning på grund av den höjda tomvikten och strömningsförluster, orsakade av dämpningsanordningarna
– ökad startvikt och motordrivkraft för att kompensera ökad tomvikt och bränsleförbrukning
– ökad underhållskostnad.

Av dessa faktorer är det främst flygplanets pris som återverkar på driftkostnaderna. Det förekommer att kapitalkostnaderna utgör cirka 30 % av de totala driftkostnaderna.

Vilka ekonomiska konsekvenser en viss bullerdämpande åtgärd kan få är beroende bl a av hur utvecklingskostnaderna fördelas. Dessa kostnader behöver nämligen inte alltid belasta bara ett flygplansprojekt. För priset på det flygplan som i första hand kommer i fråga för den bullerdämpande åtgärden är givetvis kostnadsfördelningen av stor betydelse.

I detta sammanhang bör påpekas att teknisk utveckling utanför bulleområdet även kan innebära framsteg från bullersynpunkt utan att utvecklingskostnaderna måste förknippas med krav på lägre buller. Ett exempel härpå utgör den metallurgiska utveckling som möjliggjorde användandet av mycket höga turbintemperaturer och som var en förutsättning för konstruktionen av fläktmotorer med högt by-pass-förhållande.

Tabell 3.2 visar resultatet av en studie, utförd av en av de större flygplanstillverkarna, avseende olika bullerkravs inverkan på driftkostnaderna för ett nytt flygplansprojekt. Studien gäller ett flygplan för cirka 350 passagerare avsett för atlanttrafik.

Analysen visar att om ljudnivåerna i FAR 36 skall hållas höjs de direkta driftkostnaderna med cirka 4 %. Under förutsättning av normal användning, dvs cirka 3 600 flygtimmar per år till en timkostnad om cirka 16 000 kr, innebär detta en kostnadshöjning på 2,3 milj kr per flygplan och år. En skärpning av kravet till FAR 36–4 dB skulle enligt analysen ge en kostnadshöjning på cirka 5 milj kr per flygplan och år.

Det finns inga fullständiga analyser som visar de ekonomiska konsekvenserna av högre krav på dämpning. Kostnaderna torde i många fall vara omöjliga att uppskatta speciellt om en ny teknologi måste utvecklas för att kraven skall kunna uppfyllas.

För att något belysa de ekonomiska konsekvenserna av de buller-

Tabell 3.2 Olika bullerkravs inverkan på driftkostnaderna för ett nytt flygplansprojekt

Ljudnivå	FAR[a] 36 + 8 dB	FAR 36 + 4 dB	FAR 36	FAR 36 –4 dB
Relativa direkta driftkostnader	0	+ 1,2 %	+ 4 %	+ 8,7 %

[a] FAR = Federal Aviation Regulations – se vidare avsnitt 5.5.1.1.

dämpande åtgärder som hittills vidtagits kan nämnas att Boeing 747 har 1,5 ton ljuddämpande material i motorinstallationen, motsvarande cirka 3 % av normal max last (ref 19), och DC-10 1,3 ton, vilket motsvarar vikten av 14 passagerare med bagage eller cirka 5 % av normal passagerarlastkapacitet.

Ett flygbolag i USA har på plan av typen Boeing 707, försedda med rena jetmotorer, undersökt kostnaderna för utloppsljuddämpning (ref 18). Undersökningen visar att driftkostnaderna för plan med en dämpning om 6 dB är cirka 5 % eller cirka 0,8 % per dB högre än för plan utan dämpningsanordning. Fördelningen på de olika kostnadsfaktorerna är följande:

Avskrivning av dämpningsanordningen	20 %
Ökning av direkta flygkostnader (ökad bränsleförbrukning och flygtid)	57 %
Minskning av betalande last på grund av viktökning	7 %
Minskning av betalande last på grund av ökad bränslelast	11 %
Översyns- och reparationskostnad	5 %

Den ökade bränsleförbrukningen och förlängda flygtiden svarar således i detta fall för mer än hälften av kostnadsökningen.

3.3 *Propeller- och rotorbuller*

3.3.1 Dominerande bullerkällor

Ett propellerflygplan drivs framåt genom att propellerns rotation åstadkommer en acceleration av den omgivande luftströmmen. Drivkraftens storlek bestäms av produkten av luftflödet, som passerar den cirkulära yta propellern omsveper, den s k diskarean, och samma luftflödes hastighetsökning. Detta är analogt med vad som gäller för rena jet- och fläktmotorer. I princip är skillnaden enbart att propellermotorn accelererar ett yttre luftflöde och de andra motortyperna ett inre. Tidigare har nämnts att fläktmotorns drivkraft alstras av ökat luftflöde och minskat hastighetstillskott jämfört med rena jetmotorn. Detta förhållande är än mer påtagligt för propellermotorn. Den kan liknas vid en fläktmotor med mycket högt by-pass-förhållande (ca 50:1), där propellern motsvarar fläkten. Propellern är således den dominerande bullerkällan. Bullerutstrålningen är mindre än från en fläktmotor.

Den lyftkraft rotorbladen på en helikopter alstrar för vertikal start och landning kan jämföras med den framdrivande kraften från en propeller. En rotor har emellertid större diameter än en propeller. Detta innebär att kraften från rotorn, jämfört med propellern, alstras av större luftflöde och mindre hastighetstillskott. Rotorbuller har därför lägre nivå än propellerbuller.

När helikoptern drivs framåt lutas hela rotorplanet i förhållande till horisontalplanet. Detta medför att framåtgående rotorblad träffas av en luftström med högre hastighet än bakåtgående. För att kraften över diskarean därvid skall fördelas jämnt vrids bladen under rotationen

genom mekanisk styrning, så att tryckfördelningen blir symmetrisk i rotorplanet. Detta förhållande, som medför att rotorn får ett mer komplicerat strömningsfält än propellern, har betydelse för bulleralstringen.

Propellrar och rotorer är oftast kolvmotordrivna. På senare tid har dock gasturbindrift blivit allt vanligare, speciellt i större flygplan (se figur 3.1). Tidigare kunde det avgasbuller som dessa motorer avger vara märkbart men med nuvarande teknik går det att – med liten prestandaförlust – dämpa till en nivå under propeller- och rotorbullret.

En intressant motor är Wankelmotorn eller rotationskolvmotorn, som år 1970 började prövas i militära sammanhang där ett huvudkrav var låg bullernivå. Denna motor, kombinerad med dels växellåda som tillåter lågt varvtal, dels bredbladig propeller, kan avsevärt sänka allmänflygplanens bullernivå.

3.3.2 Fysikalisk bakgrund till bulleralstringen

Orsaker till propeller- och rotorbuller

Propeller- och rotorbuller alstras av likartade orsaker (ref 20). Följande bullerkällor kan särskiljas:

– rotationsbuller
– virvelbuller
– blade-slap-buller.

Med undantag för s k blade-slap, som förekommer enbart vid rotorer, är rotationsbullret det mest dominerande. Det uppträder periodiskt med en bestämd frekvens, bladpassagefrekvensen, och övertoner därav och uppstår genom att det tryckfält som uppkommer på de roterande bladen roterar med dessa.

I motsats till propellerbladen träffas inte rotorbladen vid flygning av ett homogent strömningsfält. Som nyss framhållits vrids rotorbladen under rotationen cykliskt. Detta ger fluktuerande luftlaster på fram- och bakåtgående blad. De hastighetsfluktuationer som följer därav medför att de periodiska bullerstörningarna uppträder med tätare intervall i frekvensspektrat och övertonernas antal mångfaldigas.

Som framgår av figur 3.14 och 3.15 (ref 21) sjunker rotationsbullret med minskad bladspetshastighet, ökat antal blad och ökad bladdiameter (diskarea). Gemensamt för alla dessa parametrar är att lägsta bullernivån erhålls vid låg tryckstegring (bladbelastning) över bladen. Från bullersynpunkt bör således för viss önskad kraft luftflödet vara stort och hastighetstillskottet litet. Bladspetshastigheten är därvid den viktigaste parametern.

Virvelbullret från konventionella propellrar och rotorer har hittills varit av underordnad betydelse (se fig 3.14). Då utvecklingen emellertid pekar mot att bladspetshastigheten blir allt lägre ökar virvelbullrets betydelse. Virvelbuller orsakas av de virvlar, som bildas och avskiljs efter ett blad. Dessa utsätter bladet för tryckfluktuationer varvid det uppstår ett vinande ljud med stort frekvensomfång. (Jämför med en metalltråd

Rättelser och tillägg, TRAFIKBULLER del 2, Flygbuller (SOU 1975:56)

Sid 219 Figur 11.1 Färgerna i förklaringen skall vara:
FBN = 55 dB(A) – grön
60 dB(A) – blå
65 dB(A) – röd
dessutom skall stå (L_{Ahmax}) = 100 dB(A) - - - - -

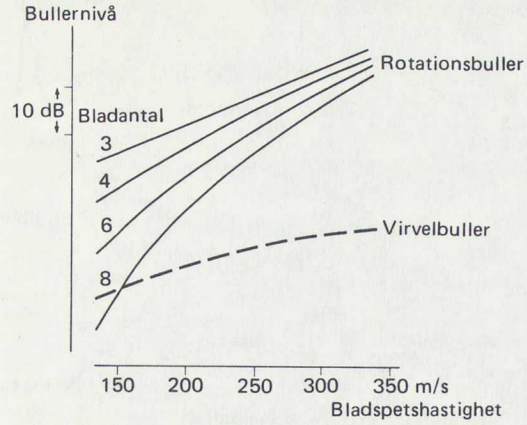
Sid 313–322 Bilaga F. Figurnumren 4 och följande har fallit bort.

De skall vara:

Sid 313 Fig 4. DC 10–30 start
Sid 314 Fig 5. Korrektion . . .
Sid 315 Fig 6. Start
Fig 7. Landning
Sid 316 Fig 8. Flygväg. . .
Fig 9. L_{Ah} vid olika tider i pkt. A–D
Sid 317 Fig 10. Dosbullermatta för svängande flygplan
Fig 11. Bullermatta för Fokker F 28, start
Sid 318 Fig 12. Bullermatta för Fokker F 28, procedur 2, start
Fig 13. Startbullermatta DC-9-41, 48 ton
Sid 319 Fig 14. F 28 start
Fig 15. F 28 start procedur 2
Sid 320 Fig 16. DC-9-41 start
Fig 17. Flygvägarna vid Umeå flygplats
Sid 321 Fig 18. Dosbullermattor för F 28, flygväg C och D
Fig 19. FBN, dBA, Umeå
Sid 322 Fig 20. Flygbullernivå, FBN, 55 dBA, för Umeå flygplats
Färgerna i förklaringen skall vara:
röd–MHF (Stockholms miljö- och hälsovårdsförvaltning)
blå–FFA (Flygtekniska försöksanstalten)

anströmningsvinkeln mot bladet blir så stor att strömningen plötsligt släpper bladprofilen

ett blad. Dessa utsätter bladet för tryckfluktuationer varvid det uppstår ett vinande ljud med stort frekvensomfång. (Jämför med en metalltråd



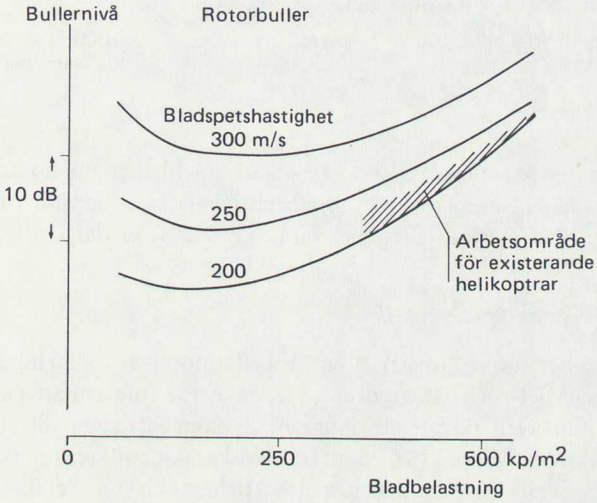


Fig 3.14 och 3.15 Propeller- och rotorbuller.

som "sjunger" i vinden.) Det virvelbuller som avges från ett rotorblad uppkommer på ett mer komplicerat sätt. Detta beror på att "virvelgatorna" efter ett blad interfererar med närmast följande under rotationen.

S k blade-slap-buller är ett vasst klapprande ljud, som förekommer enbart vid rotorer och under speciella förhållanden. Liksom rotationsbullret varierar det med bladpassagefrekvensen och upplevs när det förekommer som den mest störande källan. Trots detta är det först på senare år som bakgrunden till denna bulleralstring behandlats i litteraturen (ref 20, 22, 23). Främsta orsaker till blade-slap har därvid ansetts vara följande:

- fluktuerande krafter orsakade av att virvlar från ett blad plötsligt ändrar luftens anströmningsriktning mot nästföljande blad
- fluktuerande krafter orsakade av en tidvis överstegring av bladen, dvs anströmningsvinkeln mot bladet blir så stor att strömningen plötsligt släpper bladprofilen

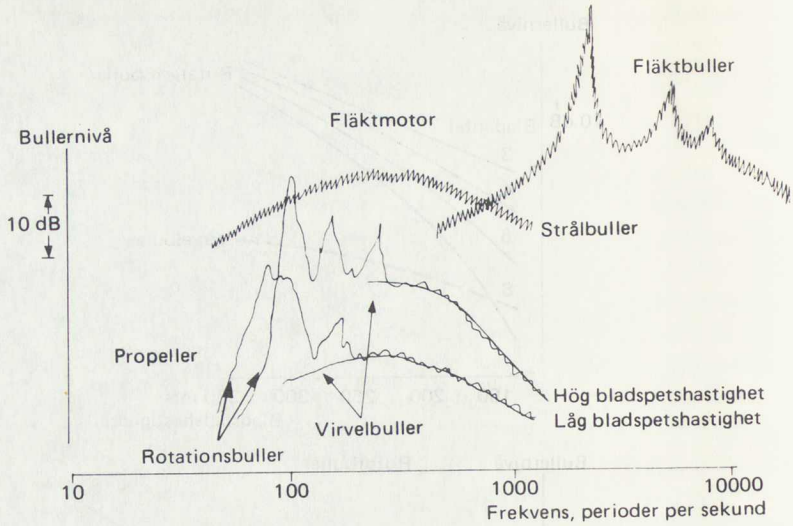


Fig 3.16 Frekvenskarakteristik för propeller- och fläktmotor.

– tryckstötar orsakade av lokalt på bladen uppkommande överljudshastighet. Dylik överljudshastighet kan uppstå på grund av hög bladspetshastighet eller vara en effekt av virvlar.

Frekvenskarakteristik

Bullerstörningarna från en propellermotor är i allmänhet mindre än från rena jet- och fläktmotorer. Detta beror inte enbart på lägre bullernivå, utan även på att störningarna är koncentrerade till ett lägre frekvensområde. Figur 3.16 visar frekvenskarakteristiken för två propellrar med låg respektive hög bladspetshastighet och för en fläktmotor med lågt by-pass-förhållande.

Virvelbullret omspänner hela frekvensområdet och har i det högre frekvensområdet en viss inverkan på den totala nivån. Vid låg spetshastighet ökar virvelbullrets andel i den totala nivån.

Vad gäller helikoptern lämnar rotationsbullret från huvudrotorn de högsta nivåerna. I stort sett lika störande är emellertid rotationsbullret från stjärtrotorn vars höga bladspetshastighet ger upphov till diskreta toner. Virvelbullret från huvudrotorn är relativt lågt.

Riktningskarakteristik

Bullerutbredningen från en propeller har ett markerat maximum bakom rotationsplanet, 60–70° från propelleraxeln (ref 21). Prov med moderna propellrar med låg spetshastighet har visat att den högsta nivån får samma riktning, men utbredningen är jämnare fördelad runt källan. Anledningen till detta är troligen att rotationsbullret är mera riktningskänsligt än virvelbullret.

Bullerutbredningen från en helikopter varierar för olika frekvenser.

Från en stillastående, svävande helikopter har de lägre frekvenserna, dvs grundtonen och de första övertonerna ett flackt maximum ungefär 30° under rotorplanet. För de högre övertonerna är denna vinkel mindre. Bladspetshastigheten påverkar ej utbredningskarakteristiken. Däremot medför högre flyghastighet att bullerutstrålningen förstärks framåt i flygriktningen och försvagas bakåt. Jämfört med en stillastående helikopter är vid 150 km/h den maximala ljudnivån framåt ca 3 dB högre och bakåt ungefär lika mycket lägre.

3.3.3 Betydelsen av motorernas storlek och antal, motorpådrag samt flyghastighet

Ej heller ifråga om propellerflygplan är motorstorleken ensam avgörande för bulleralstringen. Denna bestäms främst av belastningen på propellern på sätt närmare utvecklats i avsnitt 3.3.2. En fördubbling av motorantalet medför en ökning av bullernivån med endast 3 dB.

Drivkraften från propeller eller rotor som drivs med gasturbinmotor regleras genom omställning av bladvinkeln. Rotationshastigheten hålls således konstant under det att effektuttaget från drivmotorn varieras och därmed belastningen på rotorn. Det förekommer även kolvmotordrivna propellrar med ställbara blad. Drivkraften kan därigenom i viss utsträckning varieras utan varvtalsändring.

Teoretiskt skulle en halvering av motoreffekten vid konstant spetshastighet minska bullernivån 3 dB. För att motorn skall orka driva rotorn med samma varvtal som tidigare måste emellertid bladvinkeln samtidigt ställas om. Detta påverkar strömningsförhållandena så, att minskningen i verkligheten blir något större, 4–5 dB. Vid start och landning är med hänsyn till motorpådrag skillnaden i bullernivå cirka 10 dB.

Figur 3.15 visar hur bladbelastningen (effektuttaget) vid konstant bladspetshastighet inverkar på bullernivån för en helikopter. Skillnaden i erforderligt effektuttag vid vertikal start och landning är relativt liten och motsvarar en differens i ljudnivån på ca 3 dB.

Tidigare har nämnts att en höjning av en helikopters flyghastighet ökar bullerutstrålningen framåt i flygriktningen och minskar den i motsvarande mån bakåt. Däremot har flyghastigheten vid start och landning normalt inte någon betydelse för bullret från ett propellerflygplan.

3.3.4 Dämpning av propeller- och rotorbuller

De åtgärder som främst kommer ifråga vid dämpning av propellerbuller är följande:

- minskning av bladspetshastigheten
- ökning av antalet blad
- ökning av bladdiametern.

Bland andra faktorer som påverkar bullret kan nämnas:

- bladformen

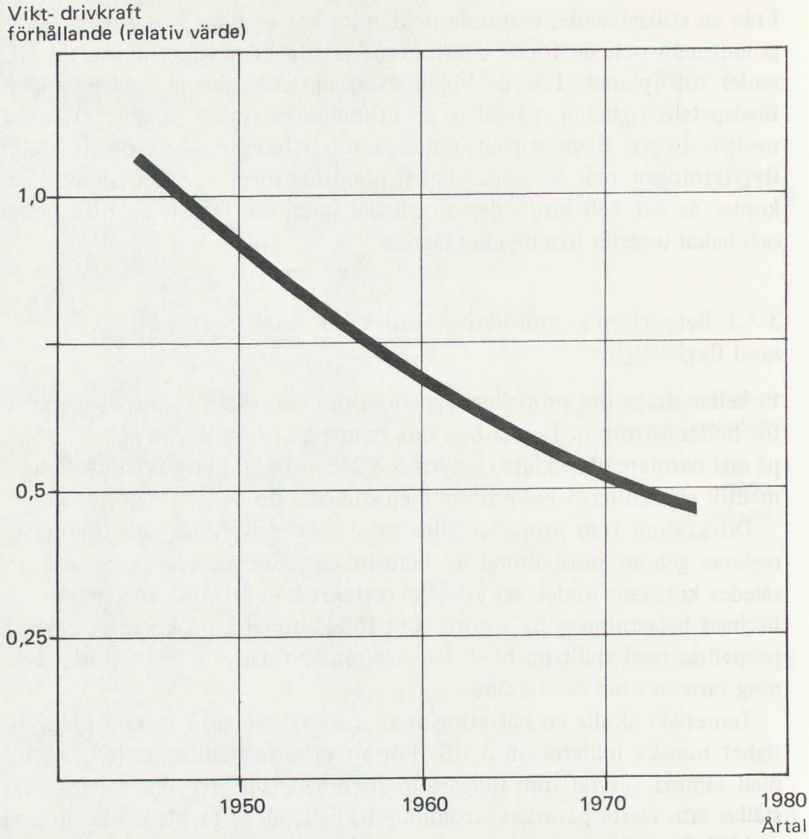


Fig 3.17 Propeller- och rotorviktens utveckling (inkl växellåda).

– lastfördelningen på bladen
– tryckfördelningen över bladsektionen
– de av flygplanskonfigurationen beroende yttre strömningsförhållandena.

Det har sedan länge varit känt att det effektivaste sättet att få "tysta" propellrar är att minska bladspetshastigheten. Mycket stora prestandaförluster är dock förknippade med låg spetshastighet och detta har hittills omöjliggjort en sänkning. De resultat som i början av 1970-talet uppnåddes vid utvecklandet av nya propellerkonfigurationer och nytt material tyder dock på att drivenhetens (propeller och växellåda) vikt kan reduceras avsevärt, i första hand genom användning av glasfiber (fig 3.17 – ref 24). Tanken är att dessa lätta konstruktioner skall användas främst i V/STOL-flygplan (se vidare kap 7).

Figur 3.14 visar spetshastighetens betydelse för maximala bullerutstrålningen. De flygplanspropellrar som används idag har spetshastigheter varierande mellan 250 och 300 m/s. Att bullernivån varierar trots samma spetshastighet beror på skillnader i fråga om propeller- och bladantal, flygplanskonfiguration samt speciellt motoreffektnivå.

När bladspetshastigheten sänks ökar virvelbullret i betydelse. Detta kan

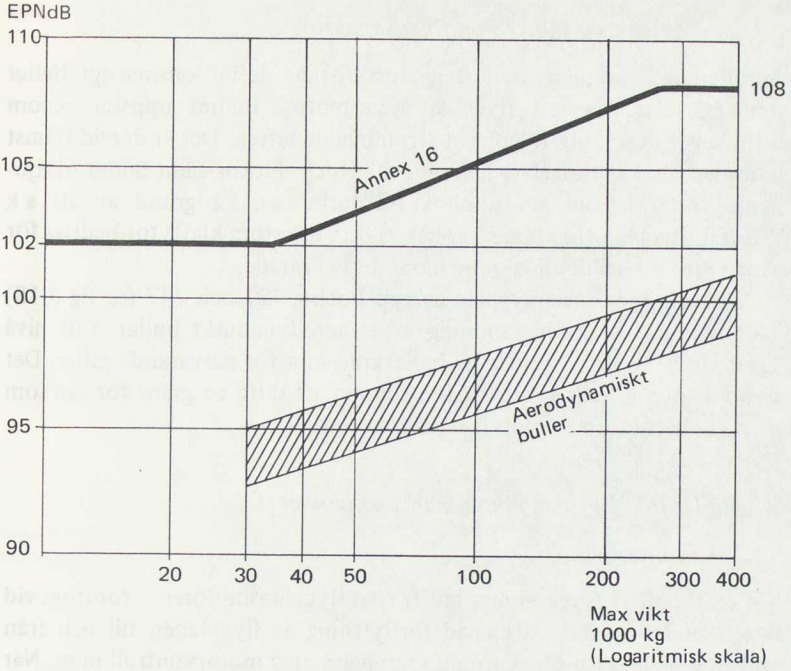


Fig 3.18 Aerodynamiskt buller (vid landning).

sätta en gräns för hur mycket det lönar sig att reducera spetshastigheten. I senast framtagna propellerkonfigurationer är den emellertid sänkt till ca 190 m/s och man räknar under alla förhållanden med att en sänkning till 160 m/s skall få bullerminskande effekt.

Ett annat problem förknippat med reducerad spetshastighet är att överstegring av propellerbladen kan uppstå vid mycket låg flyghastighet. I sådant fall uteblir nämligen den åsyftade bullerminskningen. Anledningen till att överstegring kan uppkomma är att vid reduktion av spetshastigheten måste, för att drivkraften skall kunna bibehållas, antingen bladytan eller bladens profilform ändras. Det kan därvid inträffa att luftens anströmningsvinkel mot bladen, på grund av otillräcklig bladyta, blir så stor att strömningen släpper bladet.

Ökas antalet blad sjunker bullernivån. Då försvinner nämligen alla övertoner utom de som är multiplar av bladantalet (se fig 3.14). Samtidigt ökar emellertid bullrets frekvensinnehåll, vilket i viss mån reducerar bullerminskningen. Dessutom ökar propellervikten kraftigt. Ett större antal blad än fyra anses därför inte rimligt. Bladgeometrin, dvs planform, profilform och tjocklek samt bladspetsform inverkar även på bulleralstringen. Experimentellt arbete pågår (ref 24) och enligt gjorda bedömningar kan förbättringar inom detta område medföra en sänkning av bullernivån med ca 6 dB.

De åtgärder som kommer i fråga för att minska propellerbuller är i princip användbara även vid dämpning av rotorbuller. Den bästa dämpningseffekten erhålls om bladbelastningen minskas, dvs om bladbredd och diameter ökas samt bladspetshastigheten sänks (se fig 3.15).

3.4 *Aerodynamiskt buller från flygplansskrov*

Aerodynamiskt buller från flygplansskrov är definitionsmässigt buller som utstrålar från ett flygplan utan motor. Bullret uppstår genom turbulens i den kring flygplanet strömmande luften. Det är därvid främst fram- och bakkantklaffar, landningsställ och -luckor samt andra utskjutande föremål som ger upphov till turbulens. På grund av att s k V/STOL-flygplan (se vidare kapitel 5) ofta har stora klaffytor bedrivs för närvarande en hel del forskning inom detta område.

Praktiska prov med flygplan av typ Boeing 727 och 747 (se fig 3.18) har visat att dessa vid landning avger aerodynamiskt buller, vars nivå ligger cirka 8–10 dB under de bullerkrav som för närvarande gäller. Det aerodynamiska bullret kan därför komma att sätta en gräns för vad som är möjligt att kräva i framtida emissionsnormer.

3.5 *Buller från flygplan under markverksamhet*

3.5.1 Inledning

Vid en flygplats förekommer buller från flygplansmotorer – förutom vid start och landning – även vid förflyttning av flygplanen till och från rullbanan och vid motorkörning i samband med motorkontroll m m. När motorerna är stoppade och körning av s k hjälpaggregat (APU) erfordras uppstår också buller. Allt detta buller berör i första hand flygplatsområdet men det kan också påverka områden i flygplatsens närhet. Vid planering av bebyggelse kring en flygplats måste därför hänsyn tas även till buller från flygplan under markverksamhet.

3.5.2 Buller före start och efter landning

Före start och efter landning med ett flygplan förekommer följande aktiviteter, som ger upphov till buller: inkörning till uppställningsplats framför flygplatsens stationsbyggnad, körning av hjälpaggregat bl a för uppvärmning och strömförsörjning av flygplanet under uppställningen samt förflyttning till startbana eller annan uppställningsplats.

Buller vid markförflyttning

Till och från start-respektive landningsbanor körs flygplanen vanligen med sina egna motorer. Därvid utnyttjas motorernas drivkraft i varierande grad. Ljudalstringen är normalt omkring 10 dB lägre än vid start. I en given punkt på något avstånd från planet varierar bullret kraftigt (ungefär 10–15 dB) när planet svänger. Figur 3.19 visar hur ljudutbredningsloberna snabbt ändrar läge med flygplanets rörelser. Såvida inte flygplatsens byggnader eller terränghinder skärmar av ljudet kan nivåerna i närliggande bebyggelse på grund av riktverkan i extrema fall bli av samma storleksordning som start- och landningsbuller. På större avstånd än 500 m från flygplanet dämpas markkörningsbuller genom markens inverkan snabbare än start- och landningsbuller, förutsatt att marken i

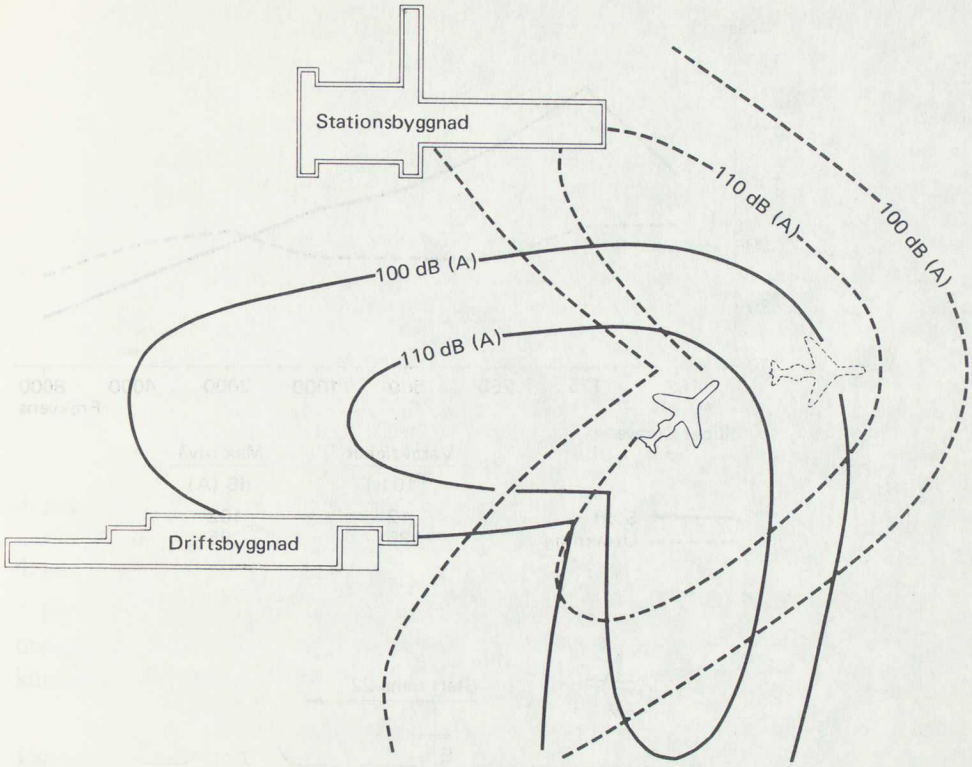


Fig 3.19 Ljudutbredningslober vid uttaxning. Loberna ändrar snabbt läge med flygplanets rörelser.

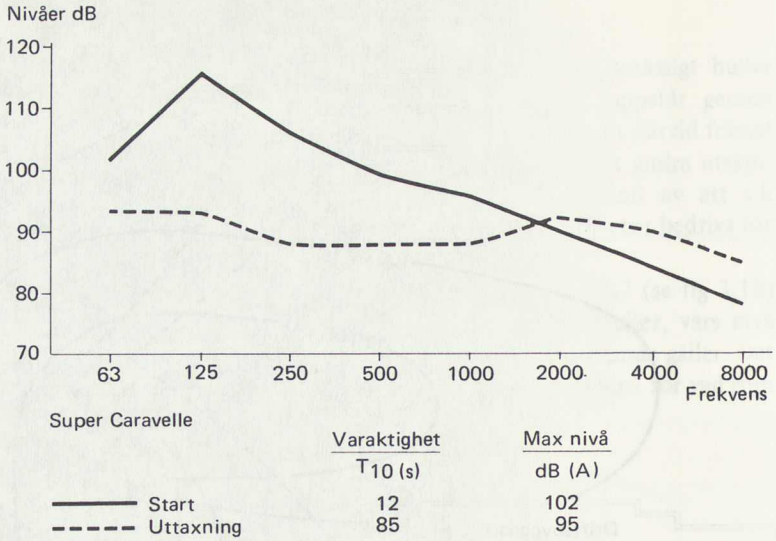
huvudsak är obebyggd. Om man bortser från extremfall ger således start- och landningsbuller en över markkörningsbullret helt dominerande bullerexponering på avstånd större än 500 m från flygplanet.

Figur 3.20 visar vid utkörning och start exempel på förekommande bullernivåer 200 m i sidled från startbanan. Varaktigheten definierad som den tid under vilken bullernivån överskridit nivån 10dB(A) under uppmätt toppvärde anges också i figuren. Markkörningsbullrets längre varaktighet uppväger startbullrets högre ljudnivå så att "bullerdosen" enligt likaenergi-principen i båda fallen blir lika stor. Det går således inte att bortse från markkörningsbullret när avståndet till flygplanet är mindre än 500 m.

Buller vid uppställning

Parkerade större och medelstora flygplan fordrar, då motorerna är stoppade, hjälpaggregat för tillförsel av energi till kabinens luftkonditionering, belysning m m och till motorstart. Hjälpaggregaten kan antingen vara markbaserade, varvid de kopplas till flygplanet när det parkerats, eller – som på nyare flygplan – inbyggda i flygplanet.

Bullret från aggregaten påverkar normalt inte bebyggelsen kring flygplatsen. För markpersonalen kan det dock orsaka problem, efter längre



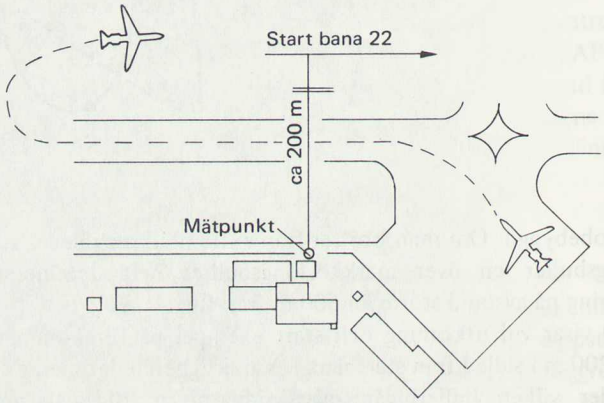


Fig 3.20 Exempel på förekommande bullernivåer 200 m från startbanan vid uttaxning och start.

tids exponering kan till och med risk för hörselskador föreligga. Restriktioner avseende aggregatens användning finns på flera flygplatser utomlands och ett förslag till normer avseende maximalt tillåtna ljudnivåer från flygplansburna hjälpaggregat har lagts fram inom ICAO (se vidare avsnitt 5.4.6). Passagerare på väg till och från flygplanet löper däremot inte någon hörselskaderisk.

3.5.3 Buller i samband med motorkörning

Motorkörning förekommer vid

1. varmkörning (endast kolvmotordrivna flygplan),
2. motorkontroll före start (normalt endast propellerflygplan)

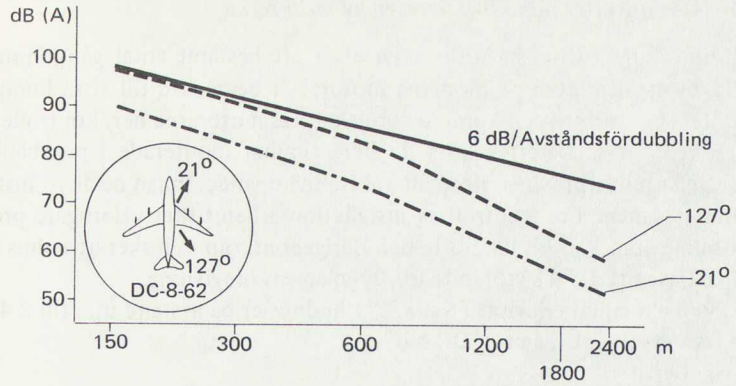


Fig 3.21 Exempel på ljudutbredning vid provkörning. Trots väsentligt olika frekvensinnehåll blir ljudutbredningen i dB(A) i bägge riktningar likartad.

3. provkörning med motorerna i flygplanet efter felindikering eller motorbyte och
4. provkörning efter periodisk översyn av motorerna.

På grund av att jetmotorer ej behöver varmköras före start innebar övergången till jetmotordrivna flygplan en avsevärd minskning av motorkörningen på de större flygplatserna.

Varmkörning

Kolvmotorer måste varmköras för att uppnå arbetstemperatur och därmed största funktionssäkerhet. Körtiden varierar mellan 10 och 30 minuter beroende på yttertemperaturen.

Motorkontroll före start

För kontroll av motor- och propellerfunktioner måste motorerna på propellerdrivna flygplan köras före start. Dylik kontroll och utkörning till rullbanan för start tar i medeltal 5–10 minuter.

Provkörning med motorerna i flygplanet efter felindikering eller motorbyte m m

Provkörning kan bl a behövas efter felindikering i flygplanet. Den tid som därvid erfordras varierar kraftigt men 10–15 minuter kan anges som ett riktvärde. Visar provkörningen att byte av motordelar eller fullständigt motorbyte är nödvändigt erfordras givetvis ny provkörning sedan bytet utförts.

Provkörning kan även ifrågakomma för att vid kontroll av andra tekniska system förse dessa med drivkraft. Då teknisk tillsyn normalt görs nattetid kan sådan provkörning ge upphov till bullerstörningar.

Provkörning efter periodisk översyn av motorerna

Rutinmässigt utförs motoröversyn efter ett bestämt antal gångtimmar. Vid översynen, som på moderna motorer är begränsad till vissa komponenter som turbin- och kompressordiskar, tas motorerna ner, kontrolleras och renoveras. Därefter körs de flera timmar monterade i provbänk i speciella motorprovhus, normalt väl ljuddämpande, innan de ånyo installeras i planen. För kontroll av installationsarbetet sker ytterligare provkörning, som kan bli långvarig och därigenom, om den sker utomhus (se vidare avsnitt 3.5.4). störande för flygplatsens omgivning.

Som exempel redovisas i figur 3.21 ljudnivåer på avstånd upp till 2 400 m från ett flygplan av typ DC-8-62.

3.5.4 Bullerreducerande åtgärder

Vid markförflyttning

Bullret vid markförflyttning bör främst beaktas vid planering av flygplatsernas taxibanor och uppställningsplatser. F n pågår i USA vissa försök med bogsering av flygplanen i syfte att dels sänka bullret, dels spara bränsle.

Vid varmkörning

Om speciella uppvärmningsaggregat utnyttjas för att höja kolvmotorernas temperatur kan varmkörningstiden förkortas. LIN har t ex på sina propellerplan monterat elektriska värmemattor på oljetankarna.

Vid valet av varmkörningsplats bör tillses, om inte redan avståndet är tillräckligt, att hangarer och verkstadsbyggnader skärmar mot särskilt utsatt bebyggelse. Speciella ljudskärmar kan också byggas.

Vid motorkontroll och provkörning

Tidsåtgången vid motorkontroll kan minskas genom speciella arbetsrutiner. Häri ingår bl a att i största möjliga utsträckning använda hjälpaggregat för drivning av pneumatiska, hydrauliska och elektriska system, avancerad elektronisk felsökningsutrustning samt modulsystem för snabbt utbyte av enheter.

Om inte terrängens naturliga avskärmning är tillräcklig kan olika åtgärder vidtagas för att dämpa bullret från sådan provkörning som – efter felindikering eller översyn – sker med motorerna i flygplanet. En radikal lösning är att bygga ljuddämpande hangarer i vilka hela flygplanet kan tas in. Figur 3.22 visar en dylik hangar avsedd för det svenska militärflygplanet 35 Draken. I Västtyskland finns hangarer som rymmer flygplan av typ DC-8 och Boeing 707. Den ekonomiska insatsen mer än det tekniskt möjliga styr den dämpningseffekt man kan uppnå med en ljuddämpande hangar. Detta gäller för övrigt även beträffande motorprovhusen.

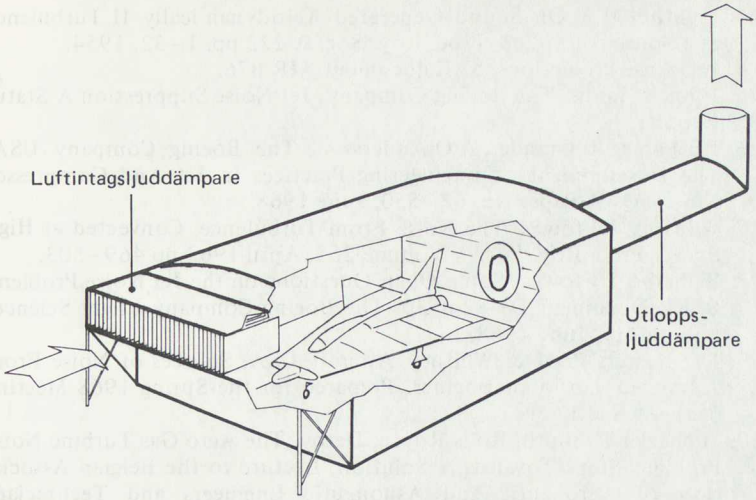


Fig 3.22 Principskiss över ljuddämpad hangar för militärt jetflygplan.

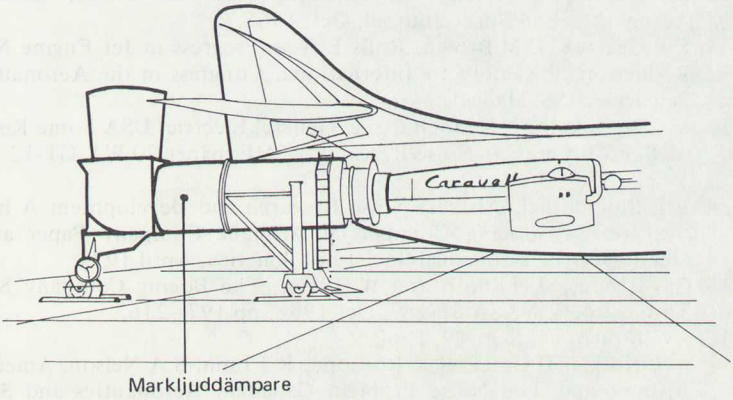


Fig 3.23 Exempel på utloppsljuddämpare för civilt jetflygplan.

En annan åtgärd är att "skärma" in den plats där provkörningen sker. Därvid kan dämpningen i fördelaktigaste riktning bli mellan 10 och 20 dB.

Ytterligare en åtgärd är att koppla ljuddämpare till jetmotorernas in- och utlopp. Figur 3.23 visar exempel härpå. En nackdel med denna lösning är dock att kravet på dämpning påverkar tidsåtgången för hela provkörningen. Anslutningen av ljuddämparna blir nämligen alltmer komplicerad ju större dämpning som önskas.

LITTERATUR OCH REFERENSER TILL KAP 3.

1. Michael J T Smith. The Problem of Turbine Noise in the Civil Gas Turbine Aero Engine. ICAS paper NO 68–35, Sept 1968.
2. Lighthill M J. On Sound Generated Aerodynamically 1. General Theory Proc. Roy. Soc. (A), Vol. 211, 1952.

3. Lighthill M J. On Sound Generated Aerodynamically II Turbulence as a Source of Sound, Proc. Roy. Soc. A 222 pp. 1–32, 1954.
4. Jet Noise Predictions, SAE document AIR 876.
5. John B. Large, The Boeing Company. Jet Noise Suppression A Status Report.
6. J B Large; E Grande, A O Andersson. The Boeing Company USA. The Development of Engineering Practices In Jet And Compressor Noise. AIAA Paper No. 68–550, June 1968.
7. Williams, I Ffowes, The Noise From Turbulence, Convected at High Speed, Proc. Roy. Soc. A Volume 255, April 1963 pp 469–503.
8. Williams, I Ffowes. Some Open Questions on the Jet Noise Problem. BSRL Document D1-82-0730. The Boeing Company Flight Sciences Laboratory, June 1968.
9. J D Kester. Pratt & Whitney Aircraft USA, Sources of Noise From Advanced Turbofan Engines. Prepared for the Spring 1968 Meeting of the A.S.M.E.
10. Michael J T. Smith, Rolls Royce, Derby. The Aero Gas Turbine Noise Problem Steps Towards A Solution. Lecture to the Belgian Association of Aeronautic and Ashonautic Engineers and Technicians (A.B.I.T.A) Brussels, Spring 1968.
11. H S Ribner, University of Toronto, Jets And Noise. Canadian Aeronautics and Space Journal, Oct. 1968.
12. F B Geatrex, D M Brown, Rolls Royce, Progress in Jet Engine Noise Reduction. Presented to International Congress in the Aeronautical Sciences 1958, Madrid.
13. M J Benzakein; F M Hochheiser, General Electric, USA Some Results of Fan/Compressor Noise Research ASME, paper 70-WA/GT-12, Nov 1970.
14. V L Blumenthal. Aircraft Noise Research and Development A historical review. Boeing Commercial Airplane Company Paper at 87 Meeting of the Acoustical Society of America, April 1974.
15. C C Higgins, J N Smith and W H Wise, The Boeing Company Sonic Throat Inlets. NASA SP-189, Oct 1968, pp 197–216.
16. Aviation Week, Sept 19, 1960.
17. F W Kolk, J D Graef, R K Ronsone, R J Linn, S A Nelson. American Airlines and The Noise Problem Canadian Aeronautics and Space Journal, June 1969.
18. Jack E Marte, Donald W Kurtz. A Review of Aerodynamic Noise From Propellers, Rotors and Lift Fans. NASA Techn. Rep 32–1462, Jan 1970.
19. Conference on STOL Transport Aircraft Noise Certification. Department of Transportation, Federal Aviation Administration. Techn. Rep No FAA-No-69-1, Jan 1969.
20. J W Leverton Noise of Rotorcraft. Westland Research Paper R P 365. March 1969.
21. J B Ollerhead, M V Lawson. Problems of Helicopter Noise Estimation, AIAA Paper No 69–195, Febr 1969.
22. George Rosen, Carl Rohrbach. The Quiet Propeller – A New Potential. AIAA, Paper No 69–1038. Oct 1969.
23. L Gutin. On the Sound Field of a Rotating Propeller. NACA TM No 1195, Washington O C Oct 1948.
24. F B Metzger. Noise characteristics of Quiet Propeller for STOL Aircraft, Hamilton Standard Paper at Purdue Noise Control Conference, July 1971.

4 Buller från överljudsflygplan. Överljudsflyg i Sverige

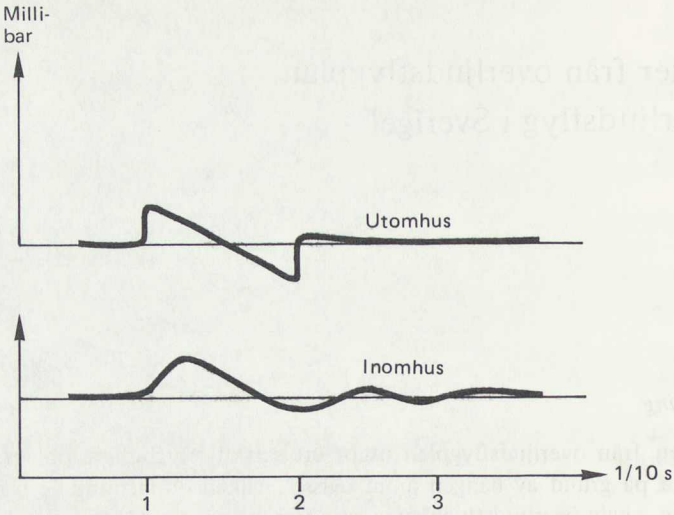
4.1 *Inledning*

Ljudbangen från överljudsflygplan utgör ett särskilt flygbullerproblem. Det är bl a på grund av bangen ännu ovisst i vilken omfattning de två existerande, civila överljudsflygplanen, det fransk-engelska Concorde och det ryska TU-144, kommer att utnyttjas i linjetrafik. Många länder har i likhet med Sverige (se vidare avsnitt 4.5) intagit en mycket restriktiv hållning gentemot civilt överljudsflyg.

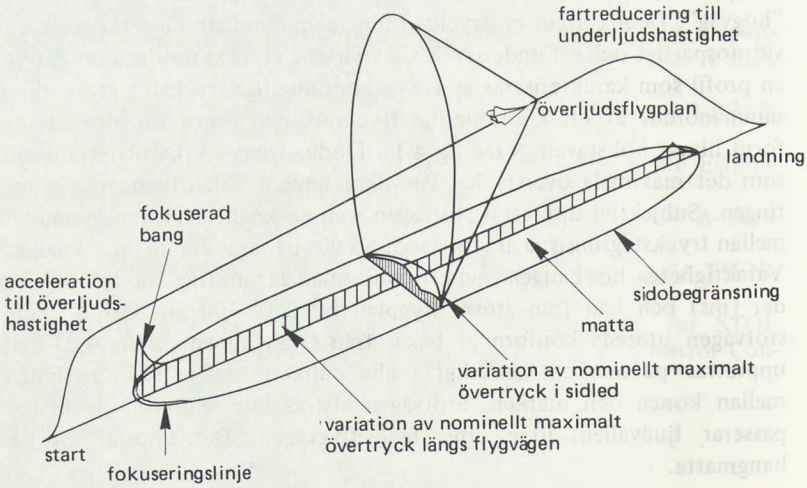
I följande avsnitt behandlas ljudbangens uppkomst och effekter och kapitlet avslutas med en redogörelse för de restriktioner som gäller för såväl civilt som militärt överljudsflyg inom svenskt område.

4.2 *Ljudbangens tekniska karakteristika*

Bullret från ett överljudsflygplan som framförs i underljudsfart skiljer sig i princip ej från bullret från vanliga jetflygplan. Har flygplanet däremot en hastighet överstigande ljudets (> Mach 1; Mach 1 = ljudhastigheten) uppträder emellertid ett annat fenomen, den s k ljudbangen. Den alstras genom att de tryckförändringar som sker framför och bakom flygplanskroppen inte hinner utbredas framåt utan bildar en stötvåg, en s k "bogvåg". Denna utgör en tryckstörning som domineras av ett övertryck vid nospartiet och ett undertryck vid stjärten. Tryckstörningen får därvid en profil som karakteriseras av två diskontinuerliga tryckstegringar, vilka sammanbinds av ett kontinuerligt tryckfall, och som i sin idealiserade form liknar bokstaven N (se fig 4.1). Ljudbangens styrka mäts vanligen som det maximala övertryck i Pa vilket uppnås i den första tryckstegringen. Subjektivt uppfattas stötvågen som en knall, eller, om avståndet mellan tryckstegringarna är stort, som två tätt på varandra följande knallar. Varaktigheten hos bangen från ett militärplan är omkring 100 millisekunder (ms) och kan från större flygplan bli 250–300 ms. Den alstrade stötvågen utbreds konformigt bakåt från flygkroppen (se fig 4.2) och uppfattas på marken samtidigt i alla punkter utefter skärningslinjen mellan konen och marken. Stötvågen alstras inte blott då flygplanet passerar ljudvallen, utan efter hela flygvägen. Det uppstår en s k bangmatta.

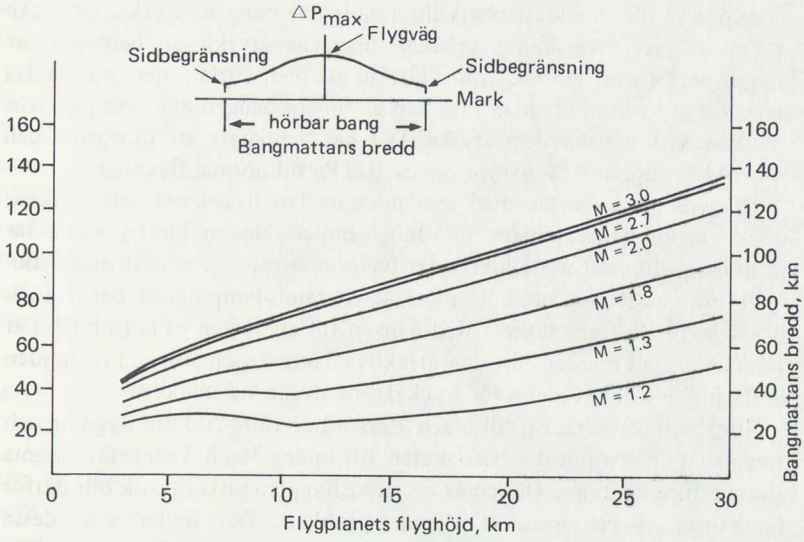


Figur 4.1 Tryckvariationer utom- och inomhus från flygplan i överljudsfart registrerade i en given punkt i fjärrfältet.



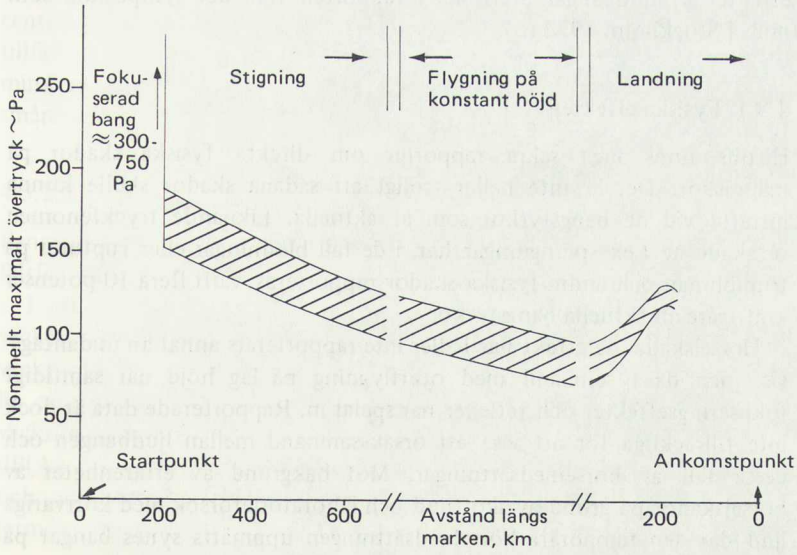
Figur 4.2 Fördelning av maximalt övertryck i bangmattan för en tänkt flygning med ett överljudsflygplan. Bangmattans bredd är i figuren mycket överdriven i förhållande till längden. Efter ref (5).

Tryckvågen och därmed bangens styrka avtar i sidled med avståndet från flygvägen och försvinner helt när den på grund av totalreflektion hindras att nå marken (se fig 4.3).



Figur 4.3 Bangmattans bredd (vid havsytans nivå under normala meteorologiska förhållanden, ingen vind). Efter ref (5).

Tryckstegringen på marken från ett flygplan som flyger på ca 10 000 m höjd är av storleksordningen 100–200 Pa (se fig 4.4). I samband med vissa flygplansrörelser, t ex svängar i överljudsfart eller acceleration till överljudshastighet och samtidigt kursförändring, kan en kraftig ökning av tryckvågens styrka erhållas genom att flera från flygkroppen utgående



Figur 4.4 Nominellt maximalt övertryck längs bangmattans centrumlinje. Efter ref (5).

tryckvågor fokuseras och samverkar i en viss punkt. Detta kan ge upphov till tryckstegringar på flera tusen Pa. Vid acceleration till överljudsfart utan kursändring sker också en viss fokusering som kan medföra övertryck på 300–750 Pa. En ökning av flygplanets fart över ca Mach 1,2 ger upphov till en endast obetydlig höjning av bangens styrka. Ofta kan t o m en viss minskning erhållas. Bangens styrka är beroende av flygplanets form, storlek, vikt, fart m m, men variationen med dessa faktorer är så liten att man inte kan eliminera bangen eller ens på något radikalt sätt minska dess styrka. Det har beräknats att Concorde och TU-144 ger upphov till bangar om ca 100 Pa vid normal flygning.

Bangens styrka avtar med avståndet mellan flygplanet och marken, dock mycket långsammare än vanligt buller. Medan ljudtrycket avtar proportionellt mot avståndet avtar bangens övertryck endast proportionellt mot avståndet upphöjt till 3/4. Avståndsdämpningen beror dock också av bl a luftens täthet. Med hänsyn till att luften på höga höjder är tunnare än vid marken blir den effektiva dämpningen större. Flyghöjden är därför av stor betydelse för tryckvågens styrka vid marken.

Start och acceleration till Mach 1 erfordrar 150–200 km flygning och flygplanet måste minska hastigheten till under Mach 1 ungefär samma sträcka före landning. Om civila överljudsflygplan sätts i trafik blir därför ljudbangar ej ett specifikt flygplatsproblem. Det buller som dessa flygplan alstrar vid start och landning är dock kraftigare än från underljudsflygplan. Detta beror på att det ännu är omöjligt att använda fläktmotorn (se avsnitt 3.2) i överljudsflygplan.

4.3 *Effekter av ljudbangar*

En omfattande allmän erfarenhet av exponering för ljudbangar finns i flera länder. En sammanfattning av nuvarande kunskapsläge beträffande effekter av ljudbangar återfinns i rapporten från det symposium som hölls i Stockholm 1972 (6).

4.3.1 Fysiska effekter

Hittills finns inga säkra rapporter om direkta fysiska skador på människor. Det är inte heller troligt att sådana skador skulle kunna inträffa vid de bangstyrkor som är aktuella. Liknande tryckfenomen orsakade av t ex sprängningar har, i de fall blödningar eller rupturer på trumhinnan och andra fysiska skador rapporteras, varit flera 10-potenser kraftigare än aktuella bangstyrkor.

Hörselskadande effekt har heller inte rapporterats annat än undantagsvis, och då i samband med överflygning på låg höjd när samtidigt fokuseringseffekter och reflexer har spelat in. Rapporterade data är dock inte tillräckliga för att visa ett orsakssamband mellan ljudbangen och dessa fall av hörselnedsättningar. Mot bakgrund av erfarenheter av hörselskador på grund av skottljud och laboratorieförsök med kortvariga ljud där den temporära hörselnedsättningen uppmätts synes bangar på

50–100 Pa vara alltför svaga för att framkalla temporära eller bestående hörselskador.

I den standard som används för bedömning av hörselskaderisk (Svensk standard SEN 590111) anges också att det vid transienta ljud med ett toppvärde <140 dB och med en varaktighet ≤20 ms inte synes föreligga någon risk för en normalindivid. 140 dB motsvarar 200 Pa.

Ljudbangen förorsakar också vibrationer i marken och i byggnader. Dessa ger ofta sekundära bullereffekter, t ex i form av skallrande fönster. Rapporter finns om fall där ljudbangar förorsakat spräckta fönsterglas samt sprickor i byggnadskonstruktioner, i spända papptak och i tapeter. Mätningar på senare tid har dock visat att ljudbangar endast i undantagsfall, t ex i samband med fokusering, ger vibrationer kraftiga nog att framkalla dessa effekter. I de konstaterade fallen anser man att spänningar har funnits före bangen och att den marginella spänningsökning som bangen förorsakat har fungerat som utlösande faktor.

4.3.2 Biologiska effekter

Ljudbangar ger enligt föreliggande erfarenheter upphov till en annan typ av effekter än vanligt buller, t ex jetmotorbuller. Bangen uppfattas som en smäll eller knall och ger, genom att den kommer överrumplande, upphov till skrämseleffekter samt sömnstörningar. Dessa effekter utgör också viktiga komponenter i den störande verkan som rapporteras.

4.3.2.1 Skrämselreaktion

Skrämselreflexen utgörs primärt av en serie ofrivilliga muskelsammandragningar, som startar i huvudet med blinkning och som snabbt fortsätter nedåt mot benen. Beroende på hur stark reaktionen är varar den från några tiondelar av en sekund till några sekunder. Skrämselreaktionen medför en kraftig ökning av aktiviteten i det autonoma och centrala nervsystemet och den är förenad med att pågående aktivitet tillfälligt avbryts samt att vakenhetsnivån höjs. Vid upprepad stimulering minskar dock flertalet effekter i styrka och tillvänjningen kan så småningom gå så långt att de helt upphör.

4.3.2.2 Sömnstörningar

Bangens sömnstörande verkan har studerats i såväl laboratorie- som fältförsök.

I ett laboratorieexperiment (4) fann man att bangstyrkor på 30 Pa väckte försökspersonerna. De kunde dock bli så vana vid bullret att väckningseffekten upphörde. Expositionerna medförde endast en obetydlig effekt på hjärnaktiviteten mätt med EEG. Vid styrkan 80 Pa blev väckningseffekten samma som vid jetmotorbuller med en nivå om 80 dB(A). Försökspersonerna kunde ej vänja sig vid bangstyrkor på 90 Pa och däröver. Väckningseffekten var vid 100 Pa samma som vid jetmotorbuller med en nivå om 90 dB(A). Det bör dock observeras att

dessa experiment är utförda på ett litet antal unga, friska studenter.

I Sverige utfördes år 1971 (7) ett fältexperiment på 189 värnpliktiga, som utsattes för bangar kl 4.25 på morgonen – med en styrka av ca 60 Pa. 24 % av dem hade hört någon bang, men mycket få (< 10 %) väcktes så att de enligt givna instruktioner tryckte på indikatorknappen. I samband med experimentet kom en hel del civila oavsiktligt att bli exponerade då bangmattan blev större än beräknat. Bland dessa intervjuades 223 personer av vilka 212 hade varit hemma vid exponeringarna. 73 % av dem sade sig ha hört åtminstone någon bang. Av dessa hade merparten väckts och så gott som samtliga ansåg att bangen varit störande, 40 % att den varit mycket störande. Över hälften av de väckta ansåg att de hade haft svårigheter att åter somna.

4.3.2.3 Övriga subjektiva besvärsreaktioner

Ett par större fältundersökningar rörande ljudbangars effekt på exponerade individer har företagits i USA (1, 2). Några framkomna resultat redovisas i tabell 4.1.

Det framgår av tabellen att ett positivt dos-responssamband föreligger i de båda undersökningarna var för sig. Jämförs resultaten från de båda undersökningarna sinsemellan är detta dock inte fallet. Härtill kan flera faktorer vara orsaken. Bl a har olika mått på besvär använts och medan undersökningen vid Edward's Air Force Base omfattade militär personal med tidigare erfarenhet av exponering för ljudbangar omfattade Oklahomastudien hela befolkningen i ett amerikanskt samhälle. I denna senare undersökning har i redovisningen inte medtagits de 29 % av den undersökta befolkningen som angivit att de inte anser det vara riktigt att klaga om man är störd. Den procentuella andelen störda i totalpopulationen är därför något lägre än de redovisade siffrorna ger vid handen. Det förhållandet att undersökningen omgavs med mycket stor publicitet kan, vilket visat sig i andra sammanhang, ha ökat omfattningen av redovisade störningar.

Tabell 4.1. Ljudbangars effekt.

Utomhus-bang Pa	Undersökning	Expositionsfrekvens	Effekt	Referens
53	I	8 bangar/dag	37 % anger "störande"	Oklahoma, Borsky (1965)
57	II	4–8 bangar/dag	14 % anger en effekt mellan godtagbar och oacceptabel	Edward's Air Force Base, Kryter et al (1968)
59	I	8 bangar/dag	44 % anger "störande"	Oklahoma, Borsky (1965)
77	I	8 bangar/dag	56 % anger "störande"	Oklahoma, Borsky (1965)
80	II	10 bangar/dag	26 % anger en effekt mellan godtagbar och oacceptabel	Edward's Air Force Base, Kryter et al (1968)

4.3.2.4 Aktuell forskning

De hygieniska konsekvenserna av exponering för ljudbangar är ännu ganska ofullständigt kända. I flera länder pågår eller planeras undersökningar. Dessa är dock nästan uteslutande av laboratoriekaraktär och erfordrar bangsimulatorer som finns eller är under uppförande på flera håll. I samband med utprovningen av flygplan Concorde planeras enligt uppgift vissa fältstudier av exponerade befolkningsgrupper.

För att möjliggöra en mera allsidig hygienisk bedömning av ljudbangar erfordras ytterligare kunskap. För att erhålla denna bör i första hand följande åtgärder komma ifråga:

a överrumplings- och skrämseleffekt bör studeras med hjälp av motoriska tester och fysiologiska mätningar bl a beträffande hjärtfrekvens, EKG och ljudmotstånd
b sömnstörningar bör studeras på olika åldersgrupper, inkluderande mätning av sömndjupsförändringar
c aktivitetsstörningar bör studeras med prestationstester. Subjektiv värdering av aktivitetsstörningar och tillvänjningseffekter bör mätas
d den subjektivt bedömda styrkan av bangar bör jämföras med andra akustiska stimuli för att bl a möjliggöra en bedömning av vilken roll olika tekniska karakteristika hos bangen spelar för den uppfattade styrkan
e medicinska försök på djur bör genomföras för att belysa såväl den akuta som den mera långsiktiga inverkan på bl a mag- och tarmaktivitet.

4.4 *Hygienisk värdering och slutsatser*

Den kunskap som finns beträffande effekter av ljudbangar möjliggör ingen säker bedömning av deras hygieniska konsekvenser. Det står dock klart att om överljudsbangar förekom skulle människor känna sig störda och bli skrämda. Blev bangar vanliga skulle effekterna bli ett problem, men vilken omfattning effekterna skulle få och hur betydelsefulla från hygienisk synpunkt de skulle vara är dock mera oklart.

4.5 *Överljudsflyg i Sverige*

Inom svenskt område råder förbud mot civil luftfart i överljudsfart (1 kap 2a § luftfartslagen – 1972:198). Dispens från förbudet kan dock medges när synnerliga skäl därtill föreligger. För militär flygning i överljudsfart finns restriktioner meddelade endast i OSF (Ordnings- och Säkerhetsföreskrifter för militär Flygning). Enligt dessa får överljudsflygning av störningsskäl icke ske under 10 000 m höjd över land och 5 000 m över hav.

LITTERATUR OCH REFERENSER TILL KAPITEL 4

1. Borsky, P.N.: Communtiy reactions to sonic booms in the Oklahoma City area.
   AMRL-TR-65-37, AD 613 620 (Wright-Patterson AFB) 1965.
2. Borsky, P.N.: Communtiy reactions to sonic booms in the Oklahoma City area.
   Natl, Opinion res. Center 101 for Aerospace Med. Res. Lab. TR 65-37, 1962.
3. Kryter, K.D., P.J. Johnson och J.R. Young: Psychological experiments on sonic booms conducted at Edward's Air Force Base.
   Stanford Research Inst., ETU-6065, 1968 (for Natl. Son. Boom Eval. Office., Va.).
4. Lucas, J.S. och K.D. Kryter: Awakening effects of simulated sonic booms and subsonic aircraft noise on six subjects 7 to 72 years of age.
   Stanford Research Inst., 7270, 1969 (NASA contract 1-7592).
5. Sonic Boom Panel. Report of the second Meeting, Montreal, 12–20 October 1970, ICAO Report SBP-11-WP/14.
6. Rylander, R. (editor) Sonic Boom Exposure Effects. Report from a workshop, Stockholm 1972, J Sound Vibr. 20 (4), pp 477-544, 1972.
7. Rylander R, Sörensen S och Berglund K: Sonic Boom Effects on Sleep – A Field Experiment on Military and Civilian Populations, J Sound Vibr. 24, pp 41–50, 1972.
8. Lilley, G. M., University of Southampton: Report on the Sonic Boom Prepared for the OECD Conference on Sonic Boom Research, 1969.

5 Normer för bulleremission från civila flygplan

5.1 *Inledning*

Som nämndes i avsnitt 3.1 finns såväl internationella som nationella emissionsnormer avseende flygbuller. De internationella normerna har utarbetats och antagits av ICAO, den internationella civila luftfartsorganisationen, vars verksamhet regleras av en i Chicago år 1944 antagen konvention om civil luftfart. ICAO:s normer kan vara bindande för till konventionen ansluten stat som i sådant fall – enligt folkrättens regler – är förpliktad tillse att dess organ har möjlighet att tillämpa normerna. För detta fordras enligt vissa nationella rättsordningar att internrättsliga föreskrifter utfärdas. De internationella normerna är därvid bestämmande för minimikraven i de nationella.

5.2 *ICAO*

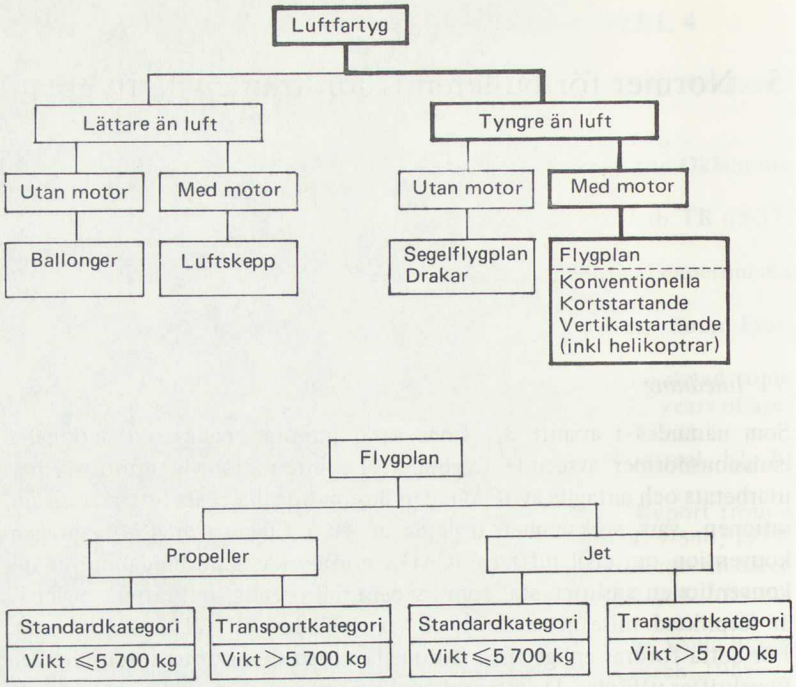
De för ICAO:s verksamhet grundläggande bestämmelserna återfinns således i 1944 års Chicago-konvention. Organisationen trädde i full verksamhet år 1947 och anknöts till FN som ett fackorgan samma år. Dess uppgift är att i alla avseenden befordra den civila luftfarten. Samtliga medlemsstater (f n 129) är företrädda i organisationens högsta beslutande organ – församlingen. Som permanent organ fungerar rådet med säte i Montreal och f n bestående av representanter för 30 medlemsstater. Rådet beslutar om innehållet i de annex som fortlöpande fogas till konventionen. Dess beslut blir i vissa fall bindande[1] för de stater som inte gör invändning inom viss tid.

5.3 *Indelning av luftfartyg*

Luftfartyg indelas normalt på sätt framgår av figur 5.1.

I detta sammanhang är givetvis endast kategorin flygplan av direkt intresse. Konventionella flygplan (CTOL-Conventional take-off and landing) erhåller hela sin lyftkraft genom farten framåt medan däremot vertikalstartande flygplan (VTOL-Vertical take-off and landing) får sin lyftkraft uteslutande från motorerna. Vad som skall förstås med kortstartande flygplan (STOL-Short take-off and landing) är ännu oklart. Dylika flygplan erhåller oftast en mindre del av sin lyftkraft på annat sätt än genom farten framåt. Inom ICAO betraktas numera sådana flygplan,

[1] En bestämmelse är bindande om den antagits som s k Standard. Övriga bestämmelser t ex s k Recommended Practices och Guidelines har endast karaktär av rekommendationer.



Figur 5.1 Indelning av luftfartyg

vars banlängdsbehov understiger 600 m, som kortstartande.

Vid fastställande av luftvärdighets- och prestandakrav uppdelas flygplanen ytterligare, en uppdelning som – när det gäller konventionella flygplan – befunnits lämplig även vid fastställandet av emissionsnormer. För det första skiljer man mellan jet- (inberäknat överljudsplan) och propellerflygplan och för det andra mellan jet- och propellerflygplan av standard- respektive transportkategori. Avgörande för kategoritillhörigheten är flygplanets vikt. Gränsen går vid 5 700 kg (se fig. 5.1). I detta kapitel och i avsnitt 11.3 används dock begreppen lätta och tunga flygplan i stället för standard- respektive transportkategori.

Ytterligare grunder för indelning av konventionella flygplan behandlas i avsnitt 7.1.

5.4 *Internationella emissionsnormer – ICAO:s Annex 16*

5.4.1 Inledning

Som nämndes i inledningen till kapitel 3 började bullret kring världens flygplatser att framstå som ett stort problem under 1960-talet. Flygtrafikens kraftiga ökning med åtföljande bullerstörningar oroade inte bara de boende runt flygplatserna utan även de ansvariga i flygbolagen och flygplatsförvaltningarna. Det började stå klart att en fortsatt gynnsam utveckling av flygtrafiken förutsatte att bullerstörningarna inte tilläts växa ytterligare.

På inbjudan av den engelska regeringen diskuterades flygbullerproble-

men vid en internationell konferens[2] i London år 1966. Konferensen uttalade att det var tekniskt möjligt att tillverka tystare motorer och att – för att få fram dessa – nya flygplanstyper ej borde tillåtas överskrida vissa bullernivåer. Detta innebar att de flygplansproducerande länderna, dvs i första hand USA, England och Frankrike, fick ansvaret för det fortsatta arbetet. En tid efter konferensen presenterade de tre länderna ett gemensamt förslag till emissionsnormer avseende nya jetflygplan och de tog även initiativ till att flygbullerproblemen togs upp vid mötet med ICAO:s församling år 1968.

Efter beslut av församlingen vid nyssnämnda möte anordnade ICAO året därpå en stor konferens – "Special Meeting on Aircraft Noise in the Vicinity of Aerodromes" – i Montreal med deltagande av representanter för 28 länder och 9 internationella organisationer. Vid denna konferens uttalade man sig bl a för ett införande av bullernormer för alla nya flygplan. Det vid konferensen tillgängliga underlaget möjliggjorde emellertid endast ett ställningstagande till normer för nya typer av konventionella jetflygplan för underljudsfart. Det förslag som härvidlag utarbetades sändes ut till medlemsländerna för kommentarer i början av år 1970 och antogs av rådet såsom Standard den 2 april 1971. Det trädde i kraft den 6 januari 1972 och fogades därvid till Chicago-konventionen som ett nytt annex – det sextonde i ordningen ("Aircraft Noise" – se bilaga B).

Det underlag som behövdes för att införa bullernormer även för andra typer av flygplan borde enligt Montreal-konferensens mening tas fram av en grupp inom ICAO. Gruppen skulle dessutom få till uppgift att följa den tekniska utvecklingen så att reglerna i annexet kunde skärpas när det blev möjligt. En dylik grupp, under benämningen "Committee on Aircraft Noise" (CAN), arbetar sedan år 1970. I gruppen ingår representanter från 13 medlemsländer, däribland Sverige. Gruppens arbete har lett till ett flertal ändringar i Annex 16, i första hand beträffande tillämpningsområdet. Vid dess senaste möte i början av år 1975 framlades även förslag till skärpning av bullernormerna för jetflygplan. Nästa möte med gruppen är planerat till slutet av år 1976.

5.4.2 Jetflygplan

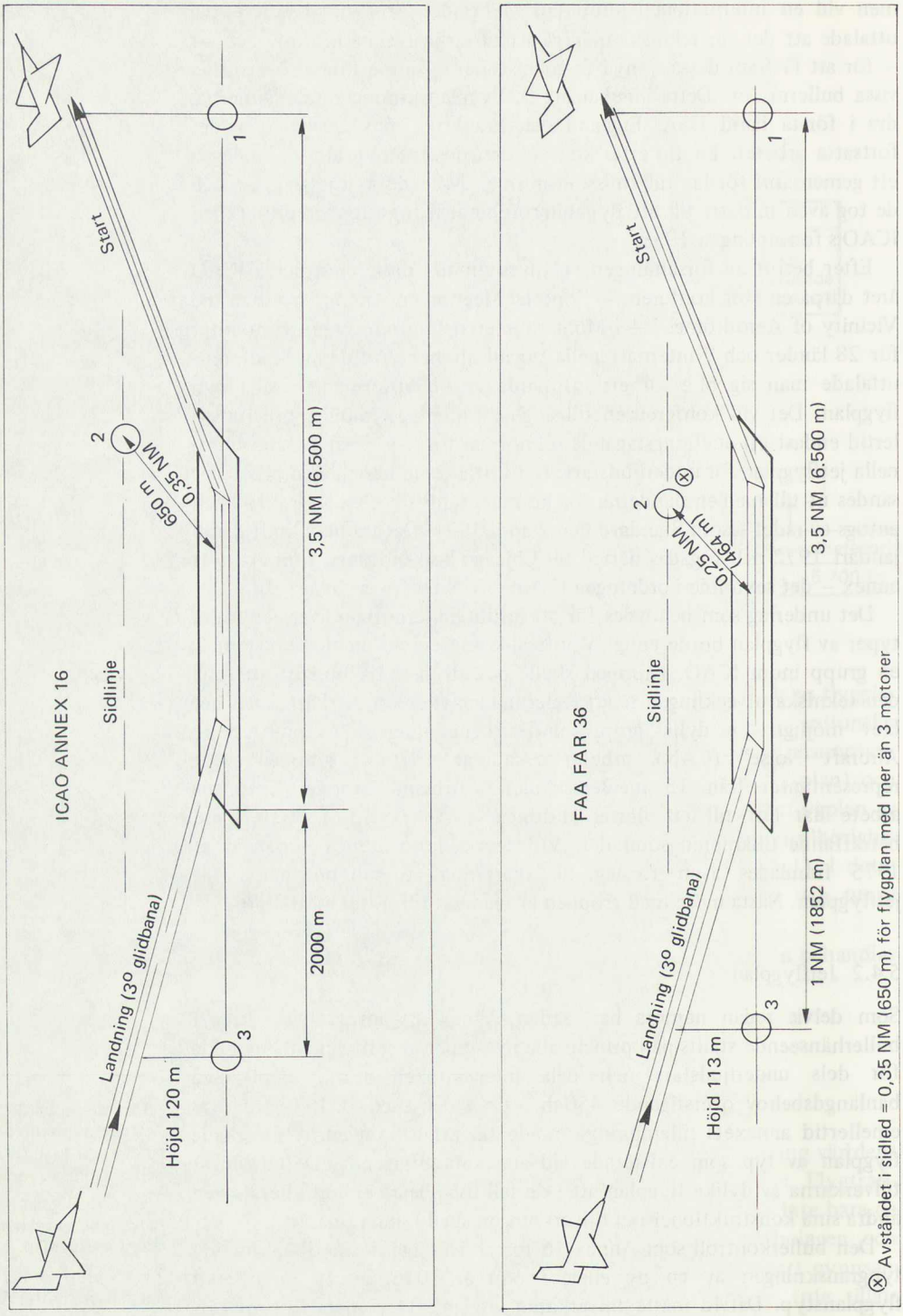
Som delvis redan nämnts har, sedan Annex 16 antogs, vissa krav i bullerhänseende ställts på i princip alla nya typer av jetflygplan,[3] avsedda för dels underljudsfart och dels internationell trafik samt med banlängdsbehov överstigande 450 m.[4] Från och med år 1976 utvidgas emellertid annexets tillämpningsområde till att gälla även nytillverkade flygplan av typ som existerade vid annexets antagande. Detta tvingar tillverkarna av dylika flygplan att i de fall flygplanen ej uppfyller kraven ändra sina konstruktioner om tillverkningen skall kunna fortsätta.

Den bullerkontroll som Annex 16 föreskriver äger i praktiken rum vid typgranskningen av en ny eller, fr o m år 1976, av en modifierad flygplanstyp. Därvid måste tillverkaren visa att flygplanet vid start och landning inte överskrider vissa bullervärden (angivna i enheten EPNdB) i tre punkter (*certifieringspunkter* – se fig 5.2) i flygplatsens närhet.

[2] I konferensen deltog 280 representanter för 26 länder och 11 internationella organisationer.

[3] Ursprungligen omfattade Annex 16 endast tunga jetflygplan.

[4] CAN-gruppen har vid det senaste mötet föreslagit att denna gräns höjs till 600 m (jfr avsnitt 5.3).



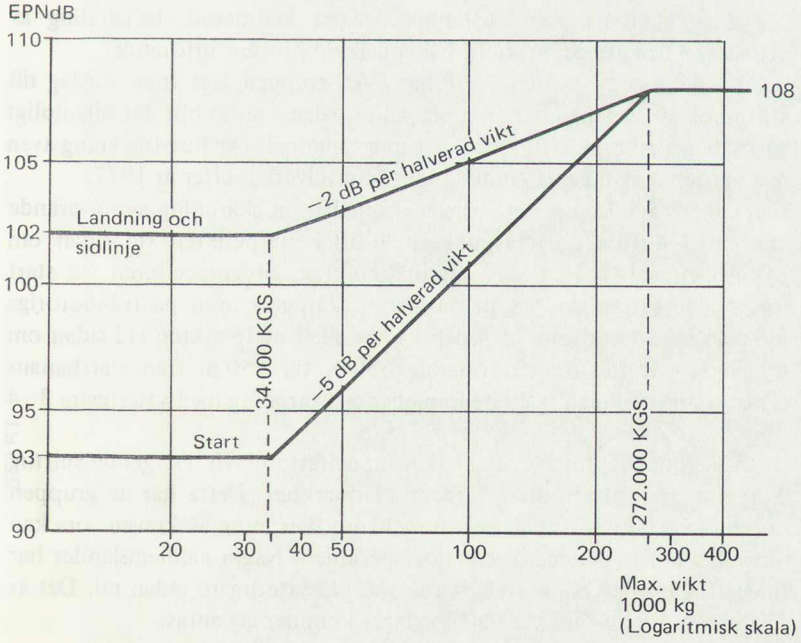
Figur 5.2 Certifieringspunkter enligt Annex 16 och FAR 36 (se vidare avsnitt 5.5.1.1)

Mätpunkt 1 är belägen under flygplanets utflygningsbana efter start och på ett avstånd av 6 500 m från startbanans början.

Mätpunkt 2 är belägen på en linje 650 m vid sidan om startbanan och parallell med banans centrumlinje. I längdled skall punkten ligga där bullernivån under start når det högsta värdet. Ett flertal mätstationer måste därför sättas upp längs med banan på 650 m avstånd. Det maximala värdet ligger normalt i jämnhöjd med flygplanets lättningspunkt.

Mätpunkt 3 återfinns under flygplanets inflygningsbana vid landning på ett avstånd av 2 000 m från landningsbanans början. Glidbanans lutning är vid proven fastställd till 3°. Om marken är plan före landningsbanan blir därmed flygplanets höjd över denna mätstation 120 m.

De bullernivåer som ej får överskridas framgår av figur 5.3. Flygplanen har i detta sammanhang indelats i tre olika viktsklasser med gränserna vid 34 000 och 272 000 kg. De *tyngsta planen,* över 272 000 kg, får inte i någon mätpunkt ha en bullernivå som är högre än 108 EPNdB. *De lättaste,* under 34 000 kg, får i mätpunkt 1 ej ha en bullernivå över 93 EPNdB och i de två andra ej över 102 EPNdB. Flygplan med vikter *mellan 34 000 och 272 000 kg* skall klara nivåer som linjärt varierar med logaritmen för flygplanets maximalt tillåtna vikt. Från 108 EPNdB vid 272 000 kg i samtliga mätpunkter sjunker tillåten bulleralstring i mätpunkt 1 med 5 dB för varje halvering av vikten ned till 93 EPNdB vid 34 000 kg och i de två andra punkterna med 2 dB för varje halvering av vikten ned till 102 EPNdB vid 34 000 kg.



Figur 5.3 Max ljudnivåer vid bullercertifiering av jetflygplan enligt Annex 16

Vid typgranskningen av ett flygplan fastställs den maximalt tillåtna startvikten. Denna vikt bestäms bl a av flygplanets hållfasthet och prestanda. Som nyss framgått påverkas emellertid bullernivån, särskilt i mätpunkt 1, av flygplansvikten och det är inte uteslutet att den från luftvärdighetssynpunkt maximalt tillåtna startvikten ibland måste reduceras för att bullerkraven skall kunna uppfyllas. Denna reducerade vikt blir då flygplanets högsta tillåtna vid start. Enligt Annex 16 kan dock registreringslandets luftfartsmyndighet i vissa speciella fall medge undantag härifrån.

En flygplanstillverkare kan normalt inte beräkna den förväntade bullernivån för en ny flygplanstyp med större noggrannhet än ±4–5 dB. Ett normsystem måste därför vara flexibelt. Med hänsyn härtill medger Annex 16 (enligt det s k trade-off-systemet) ett överskridande av nivån med 3 EPNdB i en och med sammanlagt 4 EPNdB i två mätpunkter om samtidigt nivån i den eller de resterande mätpunkterna är i motsvarande mån lägre. Således får ett flygplan, vars maximala startvikt överstiger 272 000 kg, i såväl mätpunkt 1 som 2 ge en nivå om 110 EPNdB (108+2) om värdet i mätpunkt 3 är 104 (108–4).

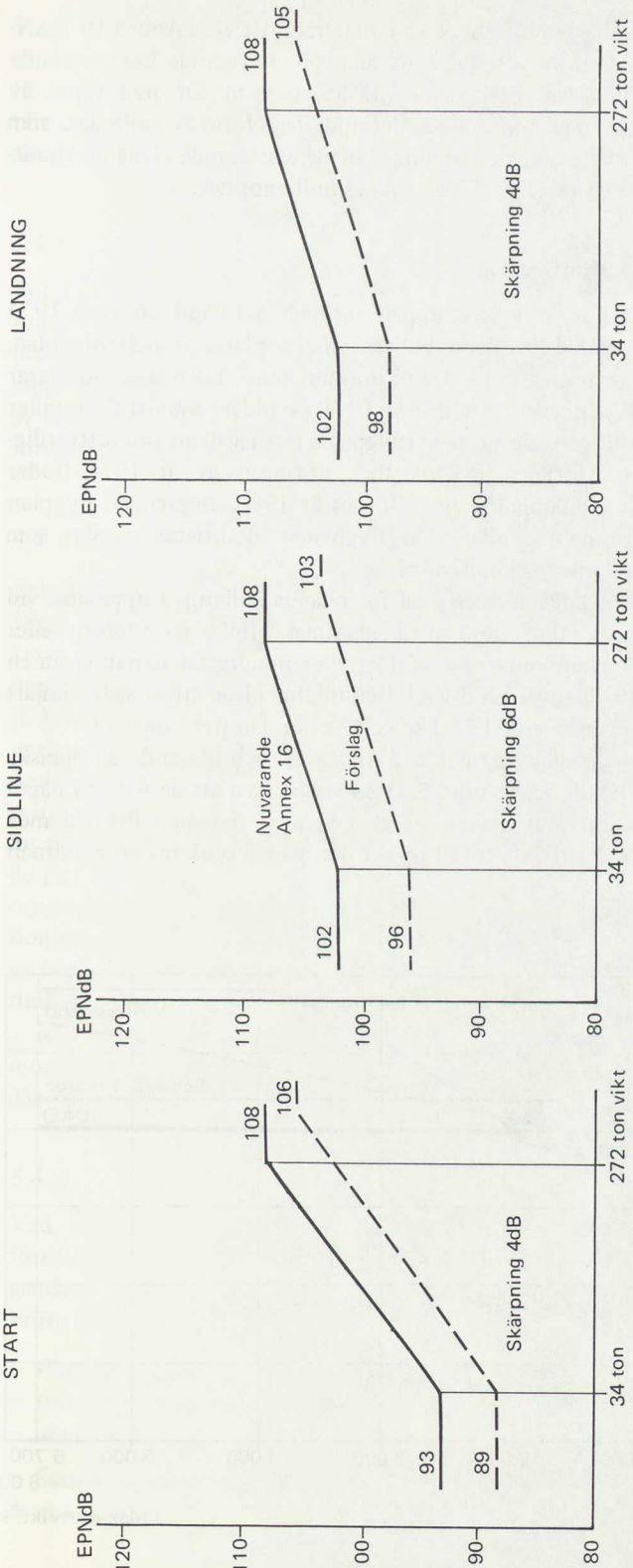
I annexet föreskrivs hur flygplanet skall flygas vid mätningarna. Vid start skall således maximal drivkraft användas till lägst 210 m höjd. Därefter får motoravdrag göras, dock inte med mer än att flygplanet kan bibehålla en stiggradient om minst 4 %. Under stigningen skall hastigheten vara normal (minst 20 % över överstegringshastigheten +10 knop). Vid landning måste flygplanet följa en normal instrumentflygning. Detta innebär att planébanans lutning skall vara 3° ± 0,5°, att landningsklaffarna skall vara fullt utfällda samt att landningshastigheten skall vara normal (30 % över överstegringshastigheten).

I annexet finns även bestämmelser om mätmetod, behandling av mätvärden och atmosfäriska förhållanden vid provens utförande.

Som nämndes i avsnitt 5.4.1 har CAN-gruppen lagt fram förslag till skärpning av de gällande normerna. Om förslaget antas blir det tillämpligt på nästa generation jetflygplan, dvs nya typer och i viss utsträckning även nya versioner av nu existerande typer som tillverkas efter år 1977.

Av figur 5.4 framgår att förslaget innebär en skärpning av nuvarande krav med 4 dB i startmätpunkten, 6 dB i mätpunkten vid sidan om flygplatsen och 4 dB i landningsmätpunkten. Flygproceduren vid start föreslås dessutom ändrad på sätt som skärper kraven på två-motoriga flygplan med ytterligare ca 4 dB. Vidare skall mätpunkten vid sidan om flygplatsen flyttas från nuvarande 650 m till 450 m från startbanans centrumlinje, vilket i realiteten innebär en skärpning med ytterligare 3–4 dB.

CAN-gruppens förslag innebär sammanfattningsvis en genomsnittlig skärpning på cirka 6 dB i vardera mätpunkten. Detta har av gruppen bedömts vara ett första steg i den gradvisa skärpning av kraven som kan förväntas under den närmaste tioårsperioden. Några medlemsländer har emellertid hävdat att kraven borde skärpas ytterligare redan nu. Det är därför inte utan vidare klart att förslaget kommer att antas.



Figur 5.4 CAN-gruppens förslag till skärpning av normerna i Annex 16 för jetflygplan

Överljudsflygplanen omfattas, som redan framgått, ej av Annex 16. CAN-gruppen har visserligen föreslagit att annexets nuvarande krav avseende underljudsflygplan bör tjäna som riktvärden även för nya typer av överljudsflygplan, men ännu saknas det underlag i form av bullerdata som behövs för en mer exakt bedömning. För de existerande civila överljudsflygplanen, Concorde och TU-144, saknas bullernormer.

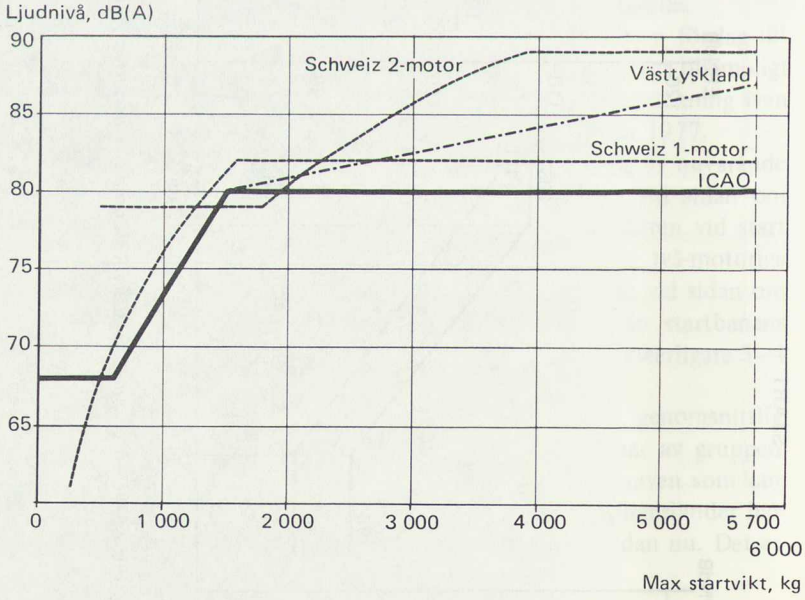
5.4.3 Lätta propellerflygplan

På rekommendation av CAN-gruppen antog ICAO:s råd under år 1974 såsom Recommended Practices[5] bullernormer för lätta propellerflygplan, vilka inarbetades i Annex 16. Dessa normer, som i huvudsak motsvarar vad som gällt i Västtyskland sedan år 1971 (se vidare avsnitt 5.5) ställer krav på alla nytillverkade propellerflygplan. Har ansökan om luftvärdighetsbevis för prototypen ingivits före utgången av år 1974 träder normerna dock i tillämpning först fr o m år 1980. Begagnade flygplan omfattas av normerna endast om flygplanet modifieras på sätt som påverkar dess ursprungliga bullernivå.

Enligt ifrågavarande normer skall flygplanets bullernivå uppmätas vid överflygning på 300 m höjd med maximal effekt på motorn eller motorerna. Flygplan som väger 600 kg eller mindre får därvid ej ha en bullernivå som överstiger 68 dB(A). Den tillåtna nivån stiger sedan linjärt till 80 dB(A) vid en vikt av 1 500 kg och förblir därefter konstant.

En jämförelse mellan normerna i Annex 16 och liknande europeiska normer (se figur 5.5 och avsnitt 5.5) ger vid handen att de förra är något strängare. Emellertid är kraven enligt annexet i viss mån flexibla med hänsyn till flygplanets stigförmåga. Är den god accepteras en maximalt

[5] CAN-gruppen har vid sitt senaste möte föreslagit att normerna upphöjs till Standards.



Figur 5.5 Max ljudnivåer för lätta propellerflygplan enligt Annex 16 m m

5 dB(A) högre bullernivå än den annars tillåtna och är den dålig kan kraven skärpas med upp till 5 dB(A). Det bör dock påpekas att – tillämpat på existerande flygplan – korrektionen endast i undantagsfall blir större än 2 dB(A). De i figur 5.5 angivna maximinivåerna illustrerar således ganska väl kraven enligt Annex 16.

5.4.4 Tunga propellerflygplan

För närvarande ingår inga normer för tunga propellerflygplan i Annex 16. Enligt förslag av CAN-gruppen bör det dock – för nya typer av tunga propellerflygplan – införas ett certifieringssystem helt sammanfallande med vad som enligt gruppen i fortsättningen bör gälla för nya typer av jetflygplan (se fig 5.4). Förslaget avseende tunga propellerflygplan kan förväntas bli antaget under år 1975.

5.4.5 Modifiering av icke bullercertifierade jetflygplan

Enligt vissa beräkningar kommer västvärldens flygplansflottor ännu år 1980 att till mer än hälften bestå av jetflygplan som är tillverkade utan krav på bullerbegränsning och som, i jämförelse med Annex 16, ger upphov till ganska höga bullernivåer (se fig 5.6). På grund härav har ICAO – genom CAN-gruppen – lagt ner ett avsevärt arbete på att undersöka de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för att genom ombyggnad sänka emissionen från dessa flygplan helst ner till nivåerna enligt Annex 16. Hittills har emellertid ICAO:s råd endast rekommenderat medlemsländerna att – så snart det är praktiskt möjligt – modifiera de jetflygplan som används i internationell trafik och vilkas bullernivåer överstiger värdena enligt Annex 16. Modifiering bör enligt rekommendationen utföras på sätt som av tillverkarlandet anses tekniskt möjligt och av registreringslandet bedöms såväl tillräckligt effektivt som ekonomiskt rimligt.

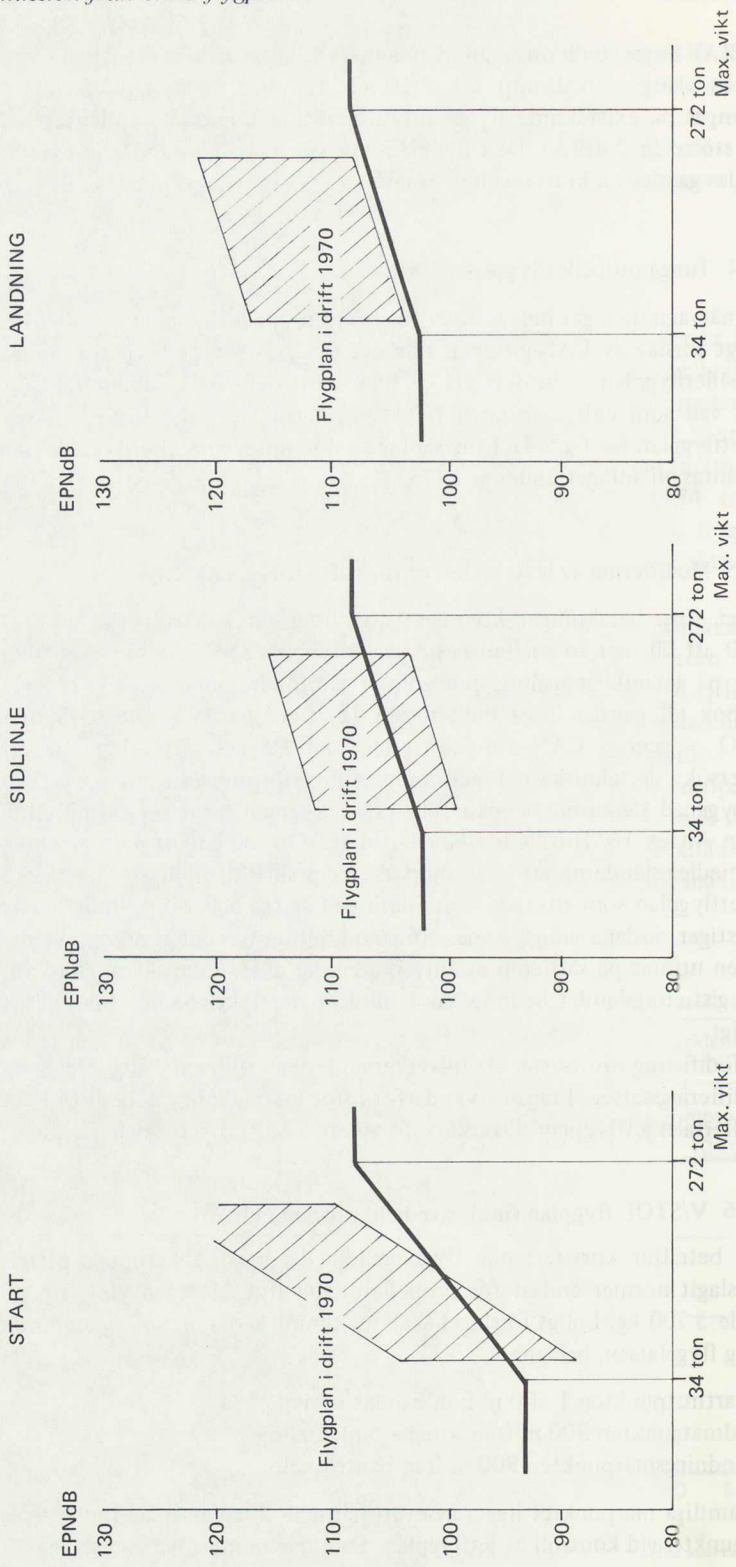
Modifiering förutsätter att tillverkarlandet kan tillhandahålla godkända modifieringssatser. Frågan styrs därför i stor utsträckning av beslut i USA där flertalet jetflygplan tillverkats. Se vidare avsnitt 5.5.1.3 och 7.3.2.

5.4.6 V/STOL-flygplan (inklusive helikoptrar) m m

Vad beträffar kortstartande flygplan (STOL) har CAN-gruppen hittills föreslagit normer endast för propellerdrivna flygplan med vikt överstigande 5 700 kg. Enligt förslaget skall maximinivåerna mätas i tre punkter kring flygplatsen, belägna:

- startmätpunkten 1 500 m från banans början
- sidmätpunkten 300 m från banans centrumlinje
- landningsmätpunkten 900 m från bantröskeln.

Samtliga mätpunkter ligger avsevärt närmare flygplatsen än motsvarande punkter vid kontroll av jetflygplan. Som maximinivå har föreslagits 96



Figur 5.6 Normerna i Annex 16 för jetflygplan i jämförelse med bullernivåerna från jetflygplan i drift år 1970

EPNdB för flygplan med högsta tillåtna startvikt understigande 17 000 kg. Vid högre vikt tillåts, för varje fördubbling av densamma, en ökning av nivån med 2 dB. CAN-gruppen rekommenderar att förslaget tillsvidare tillämpas endast på prov och att det fogas till annexet som Guidelines.

För vertikalstartande flygplan (inklusive helikoptrar) saknas ännu internationella emissionsnormer men arbetet härmed har påbörjats inom ICAO. Vad avser helikoptrar kan ljudnivån mätas antingen horisontellt 360° runt hela helikoptern eller vid en given startprocedur.

Det skall även omnämnas att CAN-gruppen föreslagit ett certifieringssystem för APU-aggregat (se avsnitt 3.6) att tills vidare ingå i Annex 16 som Guidelines. Enligt förslaget får ljudnivån vid sådana ställen där markpersonal normalt befinner sig för service på flygplanet inte överskrida 85 dB(A) och i övrigt, 20 m från flygplanets centrumlinje, går gränsen vid 90 dB(A).

5.5 *Nationella emissionsnormer*

5.5.1 Amerikanska emissionsnormer

5.5.1.1 Jetflygplan

Den amerikanska luftfartsmyndigheten – Federal Aviation Administration (FAA) – avvaktade inte resultatet av det internationella emissionsnormsarbetet. Redan i december år 1969 utfärdade nämligen FAA normer avseende nya typer av jetflygplan för underljudsfart (Federal Aviation Regulations, FAR 36 Noise Standards: Aircraft type certification). Sedan år 1974 gäller FAR 36 för alla nytillverkade jetflygplan som registreras i USA. Detta har medfört att även de till SAS under år 1974 levererade flygplanen av typ DC-9 (17 stycken) uppfyller kraven enligt FAR 36.

De amerikanska normerna överensstämmer i stort med Annex 16 (se fig 5.2 och 5.3). Enligt FAR 36 är dock mätpunkt 2 belägen 0,25 nautiska mil eller 464 m från startbanans centrumlinje, vilket i jämförelse med Annex 16 skärper bullerkravet med 2–4 dB. Det nu sagda gäller dock ej beträffande flygplan med mer än tre motorer. Avståndet mellan mätpunkt och flygplan är då detsamma enligt båda normsystemen. Vidare är enligt FAR 36 mätpunkt 3 belägen 1 nautisk mil eller 1 852 m från landningsbanans början. Detta innebär att höjden över mätstationen vid 3° glidbana enligt FAR 36 stannar vid 113 m, vilket i jämförelse med Annex 16 skärper bullerkravet med cirka 0,5 dB. – En skärpning av normerna i FAR 36 planeras.

för en ny flygplanstyp alltid införas i flygplanets flyghandbok, oavsett om denna vikt fastställts av luftvärdighets- eller bullerskäl. Därigenom förhindras att flygplanet under några förhållanden opererar med en vikt som överstiger den från bullersynpunkt högsta tillåtna.

Huvuddelen av flygplanstillverkningen sker i USA och USA utgör även en attraktiv marknad för övriga flygplanstillverkare. På grund därav

strävar alla större flygplanstillverkare efter att uppfylla normerna i FAR 36.

FAR 36 har inte några normer avseende överljudsflygplan.

5.5.1.2 Propellerflygplan

Tunga propellerflygplan omfattades redan från början av bestämmelserna i FAR 36. Således är t ex viktklassindelning och bullerkrav för dessa flygplan desamma som för jetflygplan.

För lätta propellerflygplan antogs normer under år 1974, vilka i huvudsak överensstämmer med de normer som tidigare under samma år antogs av ICAO såsom rekommendationer.

5.5.1.3 Modifiering av icke bullercertifierade jetflygplan m m

Enligt FAR 36 får ett flygplan efter modifiering ej ha högre bullernivå än före. Detta är den enda bestämmelse i FAR 36 som även berör flygplan tillverkade utan krav på bullerbegränsning.

Under år 1974 föreslog FAA att såväl in- som utlandsregistrerade flygplan fr o m den 1 juli 1978 måste uppfylla kraven enligt FAR 36 för att få nyttjas i USA. Formellt innebär förslaget endast att möjligheterna att operera med ett icke bullercertifierat flygplan begränsas. Trafiken till och inom USA bedrivs dock f n till stor del med äldre flygplan och den är så betydelsefull för flygbolagen att – om förslaget antas – dessa i realiteten tvingas antingen att modifiera de icke bullercertifierade flygplanen eller att ersätta dem med nya. Det kan i detta sammanhang nämnas att det europeiska luftfartsorganet ECAC – i anledning av FAA:s förslag – försöker finna en gemensam europeisk ståndpunkt vad gäller frågan om modifiering av icke bullercertifierade flygplan.

Beträffande kortstartande flygplan har FAA lagt fram ett förslag, avsett som diskussionsunderlag. FAA föreslår bl a, om trepunktssystemet över huvud skall behållas, att mätpunkterna flyttas[6] i jämförelse med vad som gäller vid kontroll av konventionella jetflygplan. Anledningen härtill är att kortstartande flygplan dels behöver endast kort start- och landningsbana (900–500 m), dels stiger och landar brant (7–8°) och dels, i jämförelse med konventionella jetflygplan, har betydligt lägre flyghastighet. Bullernivån bör enligt FAA inte överstiga 95 EPNdB i någon av de tre mätpunkterna.

5.5.2 Svenska emissionsnormer

Luftfartsverket har utfärdat med Annex 16 sammanfallande föreskrifter[7] om när jetflygplan, avsedda för underljudsfart, från bullersynpunkt skall anses miljövärdiga. Föreskrifterna äger tillämpning vid konstruktion och tillverkning av luftfartyg inom landet samt vid import av i annat land tillverkat luftfartyg. Sådana jetflygplan[8] som omfattas av föreskrifterna – bl a samtliga som tillverkas efter utgången av år 1975 – måste för registrering i det svenska luftfartygsregistret har miljövärdighetsbevis. Dylikt

[6] FAA föreslår att mätpunkterna flyttas till, mätpunkt 1 – 1 200 m från startbanans början, mätpunkt 2 – 300 m i sidled från banans centrumlinje och mätpunkt 3 – 600 m från landningsbanans början.

[7] Bestämmelserna i en internationell överenskommelse måste införlivas med svensk rätt innan de kan vinna tillämpning i Sverige (jfr SOU 1974:100, s 44)

[8] I avvikelse från Annex 16 även flygplan avsedda för nationell trafik.

bevis utfärdas för flygplan som vid granskning visar sig uppfylla kraven för miljövärdighet (se vidare avsnitt 9.1.3 och bilaga C).

5.5.3 Europeiska emissionsnormer i övrigt

I Schweiz, Västtyskland och Österrike fanns emissionsnormer avseende lätta propellerflygplan innan dylika normer kom att ingå i Annex 16. Normerna i de tre länderna överensstämmer i stort. Principen är att ett flygplan vid flygning i planflykt på en höjd av 300 m med maximal marscheffekt ej får överskrida en viss ljudnivå i dB(A) bestämd med hänsyn till flygplanets vikt (se fig 5.5).

De schweiziska normerna gäller såväl nya som begagnade flygplan och ställer skilda krav på en- respektive tvåmotoriga plan. Flygplan avsedda för grundskolning och bogsering av andra flygplan får, oavsett vikt, vid överflygning på 300 m höjd ej ge högre bullernivå än 75 dB(A). Normerna i Västtyskland och Österrike är något strängare än de schweiziska men gäller i gengäld endast för nya flygplan, de österrikiska dessutom endast kolvmotordrivna.

Finland antog under år 1974 från Annex 16 avvikande normer för lätta propellerflygplan. Normerna omfattar endast enmotoriga flygplan och bullret skall mätas på marken på 10 m avstånd från propellerns centrum. Med motorn på starteffekt får bullernivån därvid ej överstiga 115 dB(A). Det kan förväntas att Finland så småningom ansluter sig till normerna i Annex 16.

LITTERATUR OCH REFERENSER TILL KAPITEL 5

1. International Civil Aviation Organization, Report of the Special Meeting on Aircraft Noise in the Vicinity of Aerodromes, Doc 8857 Noise (1969)
2. International Conference on the Reduction on Noise and Disturbance caused by Civil Aircraft London Nov. 1966 Final report
3. Federal Aviation Administration, Federal Aviation Regulations Volume III Part 36, Noise Standards
4. International Civil Aviation Organization, Committee on Aircraft Noise, First Meeting 1970
5. International Civil Aviation Organization, Committee on Aircraft Noise, Second Meeting 1971
6. International Civil Aviation Organization, Committee on Aircraft Noise, Third Meeting 1973
7. Federal Aviation Administration, Civil Supersonic Aircraft Noise Type Certification Standards, Advance Notice of Proposed Rule Making, August 1970
8. International Civil Aviation Organization, International Standards and Recommended Practices, Aircraft Noise, Annex 16 to the Convention on International Civil Aviation, First Edition Aug 1971
9. Federal Aviation Administration, Noise Abatement, February 1970
10. Nachrichten für Luftfahrer, Teil II, April 1972

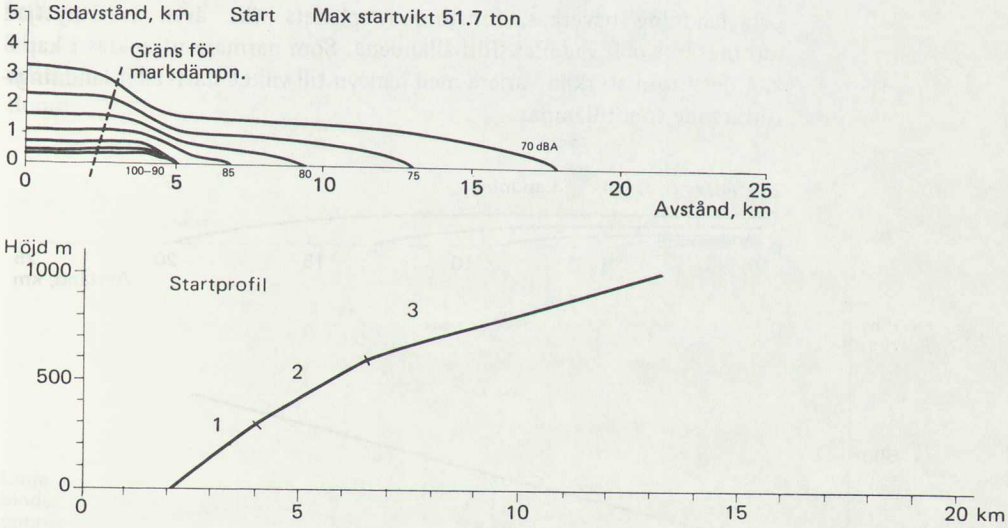
11. International Civil Aviation Organization, Committee on Aircraft Noise, Fourth Meeting, 1975
12. Federal Register Vol 39 No 60. Civil Aircraft Fleet Noise Requirements, Mars 1974

6 Bestämning av bullermattor

6.1 *Inledning*

Bullerexponeringen kring en flygplats när ett enskilt flygplan startar eller landar kan givetvis bestämmas genom mätningar i ett mycket stort antal punkter. Ett annat, mer praktiskt tillvägagångssätt är dock att använda s k bullermattor – en metod som oftast ger tillräcklig grad av noggrannhet. En bullermatta, som beräknas med ledning av mätningar[1] av olika grunddata, visar bullerutbredningen från ett flygplan av viss typ under

[1] De mätningar som utförs vid bullercertifiering (se avsnitt 5.4.2) är härvidlag ej tillräckliga.



Startbullermatta

Start profil	Oktavbandsnivåer i dB rel. 0.0002 μbar på 100 m höjd för aktuell drivkraft i resp fas							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000 Hz
1	102	112	109	106	106	103	102	93
2	99	106	103	102	101	98	99	89
3	98	102	100	99	98	95	98	88

Figur 6.1 Standardbullermatta (start) m m för DC-9-41.

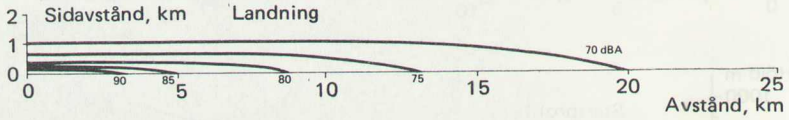
start eller landning.

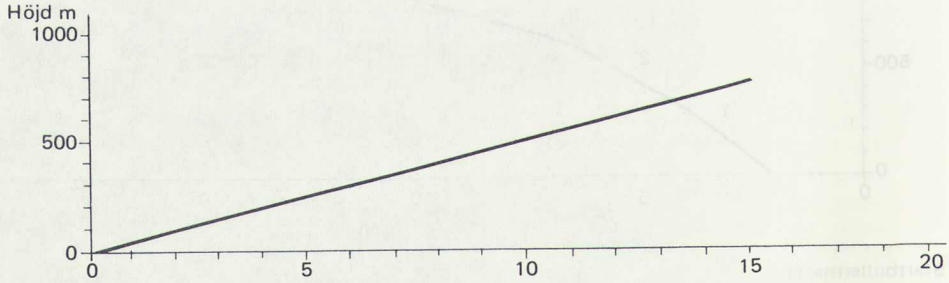
Två typer av bullermattor förekommer. Ur den äldsta och hittills vanligaste typen, i det följande benämnd *standardbullermatta,* erhålls värden för högsta ljudnivå. I den andra typen, fortsättningsvis benämnd *dosbullermatta*, är högsta ljudnivån kombinerad med exponeringens varaktighet. Figur 6.1 och 6.2 visar exempel på standardbullermatta. Exempel på dosbullermatta återfinns i bilaga F.

Båda typerna av bullermattor består normalt av ett antal nivåkurvor med t ex 5 dB intervall inom ett visst nivåområde. Varje kurva innesluter det område där bullerexponeringen uppgår till eller överskrider angiven ljudnivå. Avståndet från en nivåkurva till närmast yttre är ett mått på hur exponeringen avtar med avståndet från flygplanet. Således motsvaras ett kort avstånd mellan två nivåkurvor även av ett relativt sett kort avstånd i terrängen. Flygplanets vikt har stor inverkan på bullermattans utsträckning i flygriktningen. En bullermatta blir sålunda kort vid brant och lång vid flack start- eller landningsprofil. En dosbullermattas utseende kan dessutom väsentligt påverkas av att flygplanet svänger efter start.

6.2 *Några grundläggande faktorer för ljudets utbredning och dämpning*

Styrkan hos det ljud som samma flygplanstyp ger upphov till vid start och landning påverkas, förutom av planets vikt, även av utnyttjad motoreffekt och väderleksförhållandena. Som närmare utvecklas i kap 8 kan dessutom styrkan variera med hänsyn till vilket start- eller landningsförfarande som tillämpas.





Landningsbullermatta

Oktavbandsnivåer i dB rel. 0.0002 µbar på 100 m höjd för drivkraft vid landning							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000 Hz
90	91	91	90	89	90	93	88

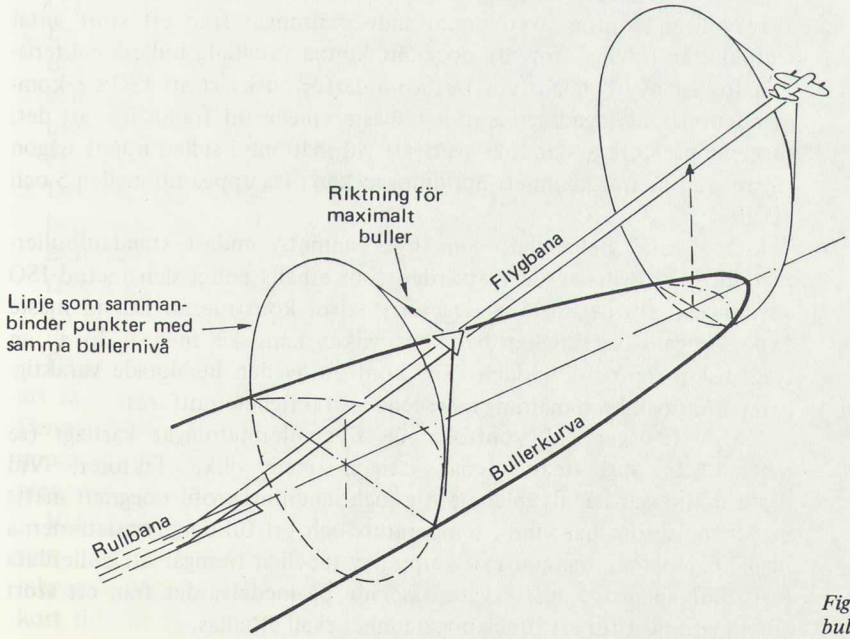
Figur 6.2 Standardbullermatta (landning) m m för DC-9-41.

Ljudets dominerande utbredningsväg från ljudkällan – flygplanet – till mottagaren bestäms primärt av ljudkällans rörelsebana och riktningskarakteristik. I stort sett är den utbredningsriktning, i vilken den maximala styrkan utstrålar mot marken, avgörande för högsta ljudnivån där. Principen illustreras i figur 6.3. Högsta ljudnivån erhålls där "skalet" med maximala utstrålningen skär markytan. I verkligheten avviker dock skalets form mer eller mindre från figurens cirkulära kon, speciellt för flermotoriga plan.

Under ljudets utbredning bidrar ett flertal faktorer till att dess styrka dämpas. Man skiljer vanligen mellan avståndets, atmosfärens och markens inverkan (se härom närmare bl a bilaga 2 i SOU 1974:61). När ett flygplan befinner sig på stor höjd är främst avståndet och atmosfärens absorption bestämmande för dämpningen.

Ljudets utbredning utmed markytan från ett flygplan på eller nära marken är beroende av de topografiska förhållandena och markytans beskaffenhet i varje särskilt fall. En standardiserad redovisning finns inte ännu. ISO R 507 (1), som behandlar bullermätning kring flygplats, anger endast att markens inverkan har betydelse, då flygplanet befinner sig mindre än 15° över horisontlinjen sett från den punkt där ljudnivån skall bestämmas.

Markdämpande faktorer beaktas normalt inte vid översiktlig planering, vilket i de flesta fall ger en säkerhetsmarginal. Vid detaljerad analys av bullernivåerna inom ett mindre planområde försöker man dock ta hänsyn till dylika faktorer, såsom luftturbulens, interferens mellan direkt och reflekterat ljud, spridning på grund av reflektioner orsakade av höjdformationer, byggnader, skogsridåer m m samt avböjning på grund av tempera-



Figur 6.3 Generering av bullerkurva.

tur- och vindskiktningar (se vidare bilaga 2 i SOU 1974:61). I bullermattor är normalt inte topografin och markytans beskaffenhet beaktad.

6.3 *Mätning av grunddata*

Som nyss framhölls måste omfattande mätningar utföras för att en bullermatta skall kunna beräknas. Enligt ISO R 507 (1), som endast behandlar standardbullermattan, skall dessa mätningar avse:

a) maximalt buller uppdelat i oktavband vid olika punkter vertikalt under flygbanan, varvid flygplanets höjd över observationspunkten och operativa beteende fastställs (överflygningshöjden är som regel 100–1000 m)
b) riktningskarakteristiken uttryckt som ljudtrycksnivå i oktavband, oktavnivå, i olika riktningar runt flygplanet medan detta ännu befinner sig på marken under start.

ISO R 507 anger vidare vilken mätutrustning som är lämplig, önskvärda akustiska förhållanden på mätplatsen samt hur mätningarna och mätvärdena skall genomföras respektive behandlas. Sålunda bör – bl a för att det skall vara möjligt att beakta luft- och markdämpningens variation med ljudets frekvens – bullret vid överflygningen registreras kontinuerligt eller i intervall om 0,5 s och varje registrering frekvensuppdelas. Dessutom bör mätvärdena korrigeras till ISO:s standardatmosfär, 15° C och 70 % relativ fuktighet, för att de skall kunna ligga till grund för jämförelse med data från andra flygplanstyper. Denna standard är för övrigt representativ för förhållandena i Sverige under de tre sommarmånaderna. Under den övriga delen av året är medeltemperaturen här lägre än 15° C med ökad dämpning som följd.

Egentligen fordras även omfattande mätningar från ett stort antal mätpunkter i sidled för att noggrant kunna fastställa bullerkarakteristika för en ny flygplanstyp. Det vore därför önskvärt att ISO:s rekommendationer utvidgades. Samtidigt måste emellertid framhållas att det, speciellt på stora avstånd, är svårt att vid mätning i sidled uppnå någon större grad av noggrannhet. Spridningen kan ofta uppgå till mellan 5 och 10 dB.

ISO R 507 behandlar, som nyss nämnts, endast standardbullermattan. Med hjälp av de mätvärden som erhålls enligt den metod ISO anvisar kan emellertid även dosbullermattor konstrueras. Därvid måste exponeringens varaktighet beräknas vilket kan ske med hjälp av en fysikalisk-matematisk modell. För kontroll av den beräknade varaktigheten bör dock även mätningar avseende varaktigheten utföras.

NASA (3) har vid kontrollerade flygbullermätningar kartlagt (se tabell 6.1) hur mätvärdena varierar med olika faktorer. Vid dessa mätningar har flygplanets stig- och landningsprofil noggrant mätts in och dessutom har vind-, temperatur- och luftfuktighetsvariationerna med höjden över marken mätts upp. Av tabellen framgår att bullerdata för en flygplanstyp måste vara baserade på medelvärdet från ett stort antal mätningar för att rimlig noggrannhet skall erhållas.

Tabell 6.1 Mätvärdenas variation vid flygbullermätningar.

Variabel	dB låga frekvenser	dB höga frekvenser
Instrumentstabilitet	± 0,2	± 0,2
Instrumentkalibrering och avläsningsnoggrannhet	± 0,5	± 0,5
Flygplanets motorpådrag	± 1,0	± 1,0
Flygplanets position	± 1,5	± 1,5
Atmosfärens inverkan, höjd 1 600 ft (480 m), på mätpunkt under flygplanet	± 2,0	± 3,0
Atmosfärens och markens inverkan, avstånd 2 500 ft (450 m), på mätpunkt sidledes start- och landningsbana	± 2,0	± 10,0

6.4 *Beräkning av bullermattor*

Någon internationellt vedertagen metod för beräkning av bullermattor finns f n inte. Både i fråga om val av måttenhet och beräkningsförfarande finns många varianter. Således tillämpas i USA vägningsmåttet EPNdB av FAA (2) samtidigt som vissa delstater använder andra mått. I Sverige har hittills storheten ljudnivå i dB(A) använts. Beräkningarna består dock normalt av minst tre steg enligt följande.

1. Bulleralstring och dominerande ljudutstrålningsriktning under start- eller landningsrörelsernas olika moment bestäms. Detta värde anges ibland endast i ljudnivå i dB(A). I noggrannare metoder utgår man från data redovisade som oktavnivåer eller tersnivåer i dB, vilket ISO (1) rekommenderar.
2. En geometrisk modell konstrueras för att bestämma avståndet mellan observationsplatsen och ljudkällan, när källan befinner sig i det läge som ger högsta nivån på observationsplatsen. Modellerna brukar alltid innebära en viss förenkling av verkligheten. I figur 6.3 visas ett exempel på en sådan geometrisk konstruktion.
3. Dämpningen – dvs avstånds- och atmosfärsdämpningen – av ljudet beräknas. Härigenom kan ljudnivån i observationspunkten bestämmas. Beroende på valet i steg 1 sker beräkningen i dB(A) eller i smalare frekvensband. Ofta förutsätter man en standardatmosfär, t ex ISO:s 15° C och 70 % relativ fuktighet.

Dessa tre steg är tillräckliga för beräkning av standardbullermattor. För att få fram en dosbullermatta måste dessutom varaktigheten beräknas. Denna beräkning kan ske i steg 2 ovan eller i ett fjärde steg. Finns uppmätta värden skall givetvis dessa användas för kontroll av beräkningarna. Gången beskrivs närmare i bilaga F.

Vid landning av jetflygplan används ofta en s k reverseringsanordning, som – genom att vända jetstrålen i planets färdriktning – påskyndar inbromsningen under utrullningen. Samtidigt ökas motorpådraget under kort tid. Detta motorpådrag medför en märkbar ökning av bullerexpone-

ringen vid flygplatsen, men är oftast inte redovisad i landningsbullermattan.

Vid flygplatser med utrikestrafik kan i princip tre karakteristiska bullermattor erfordras för varje flygplanstyp – två för start, avseende maximal respektive reducerad startvikt och en för landning, avseende maximal landningsvikt. För att begränsa beräkningsarbetet (se avsnitt 6.5) kan flygplanstyper med likartad bullerkarakteristik sammanföras i grupper som var och en representeras av en genomsnittsbullermatta.

6.5 *Beskrivning av bullerexponering*

Som redan framhållits beskriver bullermattan bullerutbredningen från ett flygplan under start eller landning. När det sedan gäller att avgöra om omgivningen kring en flygplats är utsatt för sådan bullerexponering som måste anses innebära icke godtagbar immission (se vidare avsnitt 9.1.2), kan detta principiellt ske på två sätt. Antingen kan man låta den maximala momentannivån vid en enstaka överflygning, bestämd med ledning av standardbullermattan för mest bullrande flygplanstyp, vara avgörande, eller också den totala bullerexponeringen under viss bestämd tidsrymd. I det senare fallet sker därvid – med hjälp av olika beräkningsmetoder (se vidare avsnitt 10.1) – bl a en sammanvägning av bullerexponeringarna vid varje enskild överflygning, bestämd med ledning av bullermattor, och överflygningsfrekvens.

LITTERATUR OCH REFERENSER TILL KAPITEL 6

1. International Organization of Standardization ISO Recommendation R 507. Procedure for describing aircraft noise around an airport, 1971.
2. Richard D Horonjeff, Allan Paul. A digital computor program for computation of noise exposure forecast contours. FAA-No-70-6.
3. Progress of NASA research relating to noise alleviation of large subsonic jet aircraft NASA SP-189, 1969.
4. ICAO, Report of the special meeting on aircraft noise in the vicinity of aerodromes, doc 8857 Noise, 1969.

7 Flygplansutvecklingen fram till år 1985. Bullersituationen för dagens och framtidens flygplan

7.1 *Inledning*

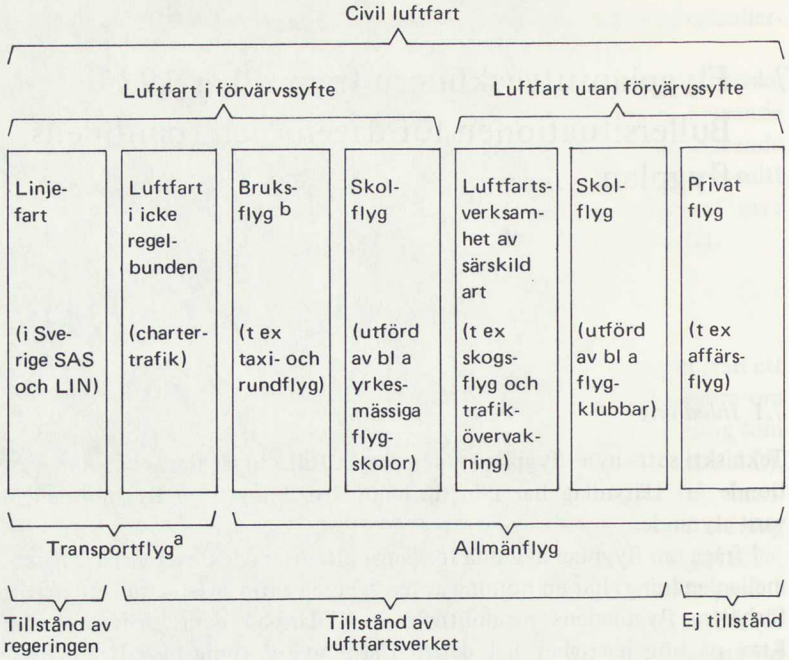
Tekniskt sett nya flygplanstyper har hittills utvecklats ungefär vart tionde år. Härvidlag har i första hand utvecklingen på flygmotorsidan varit styrande.

I fråga om flygplan avsedda för långa distanser (t ex över Atlanten utan mellanlandning) har en höjning av hastigheten alltid ansetts vara ett sätt att förbättra flygplanens produktivitet och därmed deras driftsekonomi. Krav på hög hastighet har därför i stor utsträckning påverkat utvecklingen av dylika flygplan. På grund av att priset på jetmotorbränsle mer än tredubblats under de senaste åren har emellertid flygföretag och flygplanstillverkare tvingats överväga om inte framtidens långdistansflygplan måste konstrueras t o m för något lägre marschfart än den för närvarande normala eller 900–1 000 km/tim. Någon mer omfattande satsning på överljudsflygplan synes i vart fall inte vara aktuell.

I fråga om flygplan avsedda för medel- och kortdistans (ex inom Europa) har krav på högre hastighet inte i samma utsträckning varit vägledande för utvecklingen. Detta sammanhänger främst med att expeditionsförfarandet vid flygplatserna och avståndet mellan flygplats och befolkningscentra är mer avgörande för restidens totala längd än den rena flygtiden.

Främst kortdistansflyget möter konkurrens från andra transportmedel. Detta gör det angeläget att restiden till och från flygplatsen blir minsta möjliga. Man får därför räkna med att vid utvecklingen av framtidens kortdistansflygplan ansträngningarna i första hand kommer att koncentreras till att få fram tysta och relativt kortstartande flygplanstyper (QSTOL-Quiet short take-off and landing) vilka kan nyttja flygplatser nära befolkningscentra.

Den fortsatta framställningen kommer, vad avser civila, konventionella flygplan (se avsnitt 5.3) att skilja mellan transport- och allmänflygplan. När det gäller luftfart i förvärvssyfte är normalt flygplansvikten avgörande för denna gränsdragning (se fig 7.1). Därvid hänförs tyngre flygplan (över 5 700 kg) till kategorin transportflygplan och övriga, dvs lättare flygplan, till allmänflygplan. Under begreppet allmänflyg faller emellertid dessutom, oavsett flygplansvikt, all civil luftfart som sker utan förvärvssyfte (ex affärsflyg). Förenklat kan således sägas att kategoritillhörighe-



a Transportflyg bedrivs normalt endast med flygplan vars vikt överstiger 5 700 kg (tunga flygplan).

b Bruksflyg bedrivs normalt endast med flygplan vars vikt underskrider 5 700 kg (lätta flygplan).

Fig 7.1 Indelning av civil luftfart.

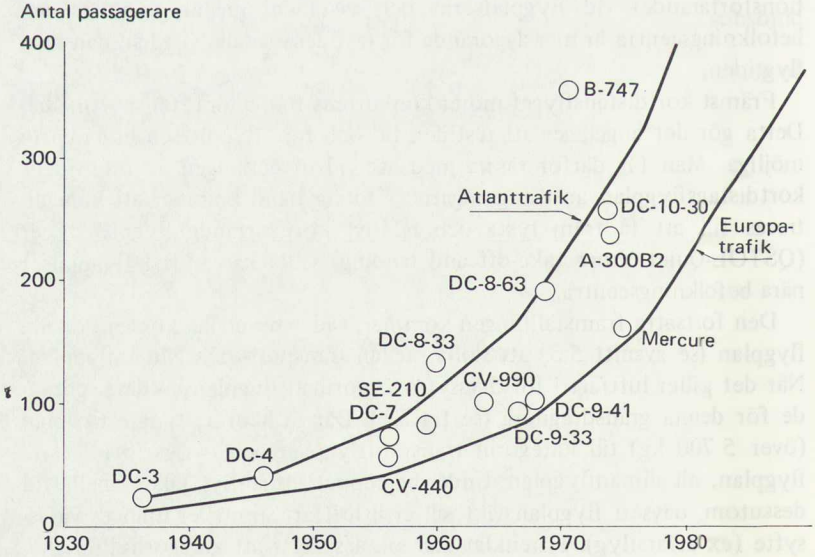


Fig 7.2 Transportflygplanens storleksutveckling.

ten för flygplan med vikt överstigande 5 700 kg avgörs av om flygplanet normalt används i förvärvssyfte eller ej och att flygplan med vikt under 5 700 kg är att hänföra till allmänflygplan. Denna indelningsgrund kommer här att tillämpas.

Tekniska data för och illustrationer av ett antal olika flygplanstyper återfinns i bilaga D.

7.2 *Flygplansutvecklingen*

7.2.1 Transportflygplan

Som anmärkts i avsnitt 7.1 har vid utvecklingen av långdistansflygplan kravet på hög hastighet i stor utsträckning varit vägledande. Efter andra världskriget, innan någon flygplansproduktion för civilt bruk åter kommit i gång på allvar, användes för längre flygsträckor bl a flygplan av typ DC-4 med en marschhastighet om 360 km/tim. År 1955 sattes DC-7 i trafik, ett propellerdrivet flygplan med en marschhastighet om 550 km/tim och fem år senare började jetdrivna långdistansflygplan av typ DC-8, med en marschhastighet om 950 km/tim att flygas reguljärt. Således höjdes hastigheten med ca 600 km/tim på mindre än 15 år. Därefter har utvecklingen i högre grad än tidigare fortsatt mot allt större jetflygplan (se figur 7.2).

Som nämnts i avsnitt 7.1 är det troligt att framtidens långdistansflygplan konstrueras för något lägre marschfart än den för närvarande normala. Hur det blir med storleksutvecklingen är svårare att bedöma. Olika faktorer måste vägas mot varandra. Stora flygplan är å ena sidan svåra att hantera på marken men å den andra måste – om antalet starter och landningar bl a av bullerskäl begränsas – flygplanen bli större om trafiken skall kunna fortsätta att växa.

Långdistansflygplanen utgör grundstommen i de stora flygbolagens flygplansflottor. Dominerande typer i dag är Boeing 747 och DC-10-30. Dessa "widebody"- eller "jumbojet"-flygplan, båda med motorer med högt by-pass-förhållande, kommer med all säkerhet att i utvecklade versioner dominera linjebolagens flygplansflottor under hela 1980-talet.

Långdistansflygplan, direkt anpassade för fraktflyg, har tillverkats mycket sparsamt. Härvidlag kan fraktversionen av Boeing 747, som tar ca 95 ton containerlastat gods över Atlanten, sägas vara det första stora flygplanet. På grund av att även 747 i passagerarversion, liksom DC-10-30, har stora lastutrymmen – 747 tar ca 20 ton frakt utöver passagerare med bagage – har emellertid fraktversionen av 747 ännu inte kommit till användning i någon större omfattning. Dessutom har ett stort antal flygplan av typ 747 i passagerarversion byggts om så att de kan ta frakt även i passagerarutrymmet.

Som omnämnts i avsnitt 7.1 har vid utvecklingen av medel- och kortdistansflygplan krav på hög hastighet inte varit styrande på samma sätt som vid utvecklingen av långdistansflygplan. Visserligen insattes jetflygplanet Caravelle i Europatrafik redan år 1958 men alltjämt används propellerflygplan (i Sverige CV-440) på korta distanser.

Vanligast förekommande medel- och kortdistansflygplan är i dag bl a DC-9 i olika versioner, Boeing 727 och 737 samt BAC-1-11 (one – eleven). Försäljningen av dessa typer kommer att forsätta ytterligare ett antal år. Det finns dock ett behov av något större flygplan för medellånga flygsträckor (storleksutvecklingen illustreras i figur 7.2). DC-9-50, ett flygplan avsett för ca 140 passagerare, är således f n under utveckling och på de trafikstarkare linjerna kommer typer som Airbus A-300 B2 och L-1011, med möjlighet att ta ca 300 passagerare, att användas alltmer. Av flygplan, avsedda endast för korta distanser, kan här nämnas holländska Fokker F-28, ingående i bl a Linjeflygs flotta, franska Mercure, som dock än så länge endast har fått begränsad användning i Frankrike, och tyska VFW-614.

Medel- och kortdistansflygplan, direkt avpassade för fraktflyg, sattes i trafik redan under slutet av 1960-talet (ex DC-9-33 AF med en lastkapacitet om 15 ton). För att fraktflyg på dessa distanser skall kunna konkurrera med andra transportmedel krävs att markhanteringen av godset kan utföras på ett smidigt sätt. Detta förutsätter i sin tur bl a att speciella frakterminaler och dessutom flygplan, som medger snabb i- och urlastning, finns att tillgå. I dag görs på många håll stora investeringar i frakterminaler.

7.2.2 V/STOL-flygplan (inklusive helikoptrar)

Olika projekt avseende vertikalstartande kortdistansflygplan har skisserats under 1960-talet. Inget av dessa – utom helikoptern[1] – har dock ännu kommit i trafik. Anledningen härtill är bl a höga driftkostnader, höga bullernivåer, låg hastighet och svårighet att uppnå önskad tillförlitlighet. Då bl a bullerproblemen ännu inte – trots stora ansträngningar – är lösta torde det dröja en bit in på 1980-talet innan något VTOL-projekt realiseras. Lösningen på just bullerproblemet ligger troligen i att låta någon form av rotor åstadkomma den vertikala rörelsen snarare än att använda jetmotorer.

STOL-flygplan avsedda för kortdistanstrafik har däremot funnits under en längre tid. År 1971 började t ex flygplan av typ Britten-Norman BN-2A (Islander), ett kolvmotordrivet propellerflygplan, att användas i Sverige för trafik på några enstaka orter med små flygplatser. Sedermera har nämnda flygplanstyp ersatts av det något större, turbindrivna propellerflygplanet DHC-6 (Twin Otter). En större version, DHC-7 (Dash-7), som tar 50 passagerare och drivs av fyra turbiner, är nu under tillverkning. De första exemplaren kommer att levereras under år 1977, bl a till Norge som av bullerskäl beställt flygplanet för sitt inrikesflyg. DHC-7 är karakteristiskt för den typ av STOL-flygplan som kommer att sättas i trafik under tiden fram till år 1985. Flygplanet kan dessutom sägas vara det första steget på vägen mot s k QSTOL-flygplan (se avsnitt 7.1).

[1] Det finns dock vertikalstartande militära flygplan.

7.2.3 Allmänflygplan

Allmänflyget har fått en allt större betydelse som transportmedel. Detta har medfört att det i dag tillverkas allmänflygplan med en standard som, vad avser det rent tekniska, motsvarar transportflygplanens. Som exempel kan nämnas jetflygplanet Cessna med två fläktmotorer av senaste typ (by-pass-förhållande 3,2:1) och Fan Jet Falcon 10. Båda dessa flygplan är representativa för de små affärsjetflygplan[2] som kan användas på flygplatser som i dag trafikeras med endast lätta en- och tvåmotoriga propellerflygplan.

Taxiflyget kräver driftbilliga och driftsäkra flygplan. En fortsatt utveckling av enkla men för instrumentflygning utrustade kolvmotorflygplan kan därför förutses.

7.2.4 Militära flygplan

Flygplan av typ SAAB 35 Draken och 37 Viggen, som i dag är i tjänst i det svenska försvaret, kommer i utvecklade versioner att finnas kvar ännu år 1985. Då stridsflygplan måste ha mycket hög drivkraft kommer dessa versioner att ha samma bullernivå som sina föregångare. Inom det militära flyget sker förändringarna främst på det elektroniska området.

7.3 *Bullersituationen för dagens flygplan*

7.3.1 Transportflygplan

Av de flygplan som används i dag är många tillverkade utan krav på bullerbegränsning. Ännu år 1980 kommer ett stort antal dylika flygplan att vara i drift. Figur 5.6 illustrerar hur dessa äldre flygplan avviker från nu gällande emissionsnormer (Annex 16).

I tabell 7.1 jämförs ljudnivåerna i certifieringspunkterna (se avsnitt 5.4.2) för vissa långdistansflygplan och SST-flygplanet Concorde. Jämförelsen visar – särskilt vid beaktande av de stora skillnaderna i fråga om startvikt – betydelsen av att DC-10-30 och B-747 B försetts med motorer med högt by-pass-förhållande.

Tabell 7.1 Ljudnivåer i certifieringspunkterna enligt FAR 36 för vissa långdistansflygplan och SST-flygplanet Concorde. Inom parentes anges kraven enligt samma normsystem.

	DC-8-33	DC-8-63	DC-10-30	B-747 B	Concorde
Startvikt, ton	143	161	252	352	181
Passagerare	140	200	270	360	120
Ljudnivåer EPNdB					
– start	113 (103)	112 (104)	105 (107)	107 (108)	118
– sidlinje	109 (106)	100 (107)	97 (108)	98 (108)	113
– landning	111 (106)	114 (107)	103 (108)	106 (108)	115

[2] År 1974 fanns 100 tvåmotoriga propellerflygplan för affärs- och taxiflygverksamhet och 8 affärsjetflygplan registrerade i Sverige.

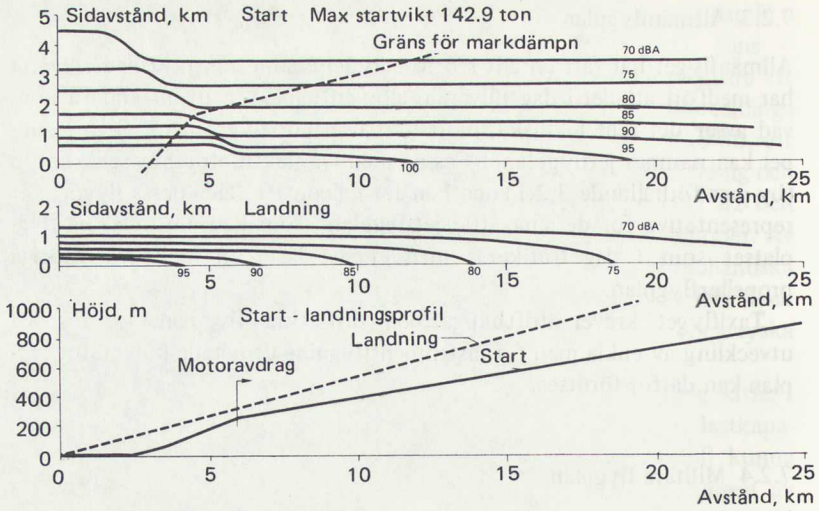


Fig 7.3 Bullermattor för DC-8-33.

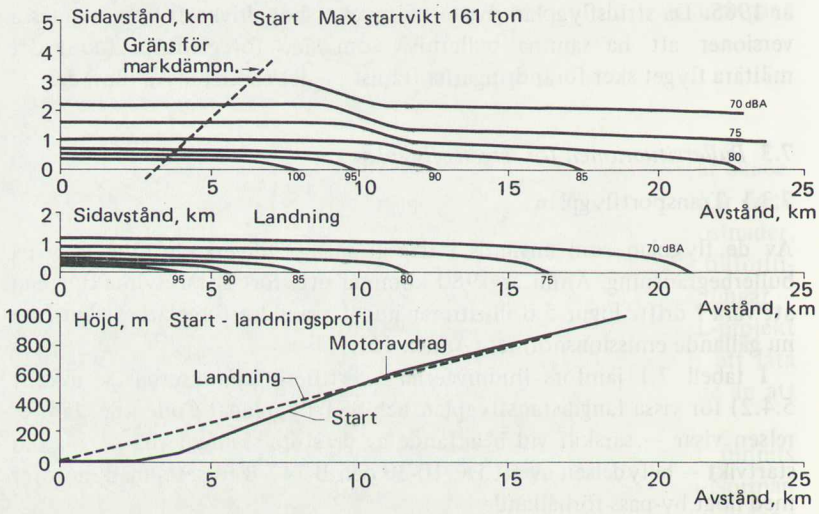


Fig 7.4 Bullermattor för DC-8-63.

Ljudnivåerna i certifieringspunkterna ger dock inte en komplett bild av bullerutredningen från ett flygplan. Figurerna 7.3–7.5 visar därför exempel på standardbullermattor för några långdistansflygplan. Figurerna anger även normala flygprocedurer för respektive flygplanstyp.

Det är inte ovanligt att långdistansflygplan mellanlandar efter endast en kortare flygsträcka. Av den anledningen kan det vara av intresse att belysa startviktens betydelse från bullersynpunkt. Figur 7.6 visar att bullret vid start av en DC-8-63 med reducerad vikt minskas – på grund av att flygplanet stiger brantare – med cirka 10 dB rakt under flygbanan.

I tabell 7.2 jämförs ljudnivåerna i certifieringspunkterna för vissa medel- och kortdistansflygplan. En jämförelse mellan värdena för Cara-

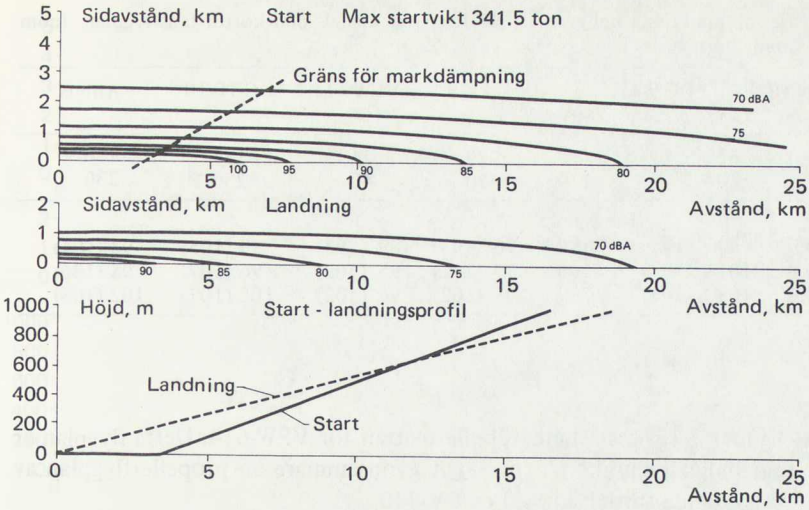


Fig 7.5 Bullermattor för B-747 B.

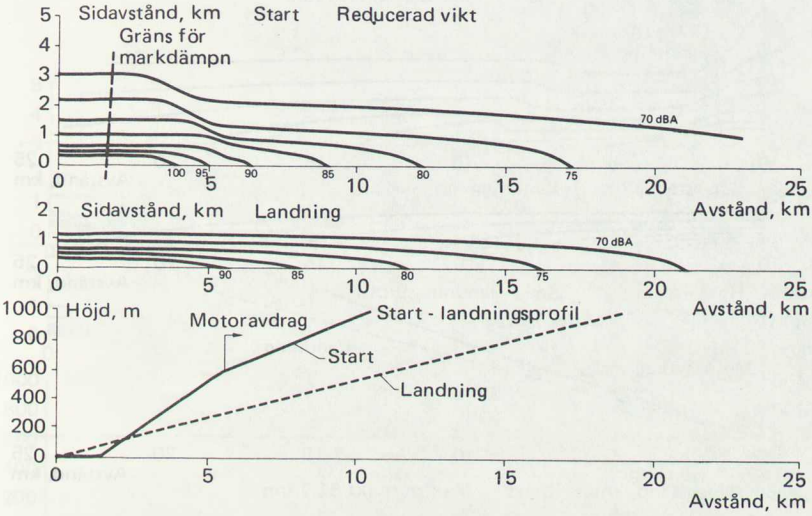


Fig 7.6 Bullermattor för DC-8-63 med reducerad vikt.

velle III och Airbus visar ånyo – särskilt vid beaktande av skillnaderna i fråga om startvikt – den avsevärda reduktion av bullret som motorer med högt by-pass-förhållande åstadkommer.

Figurerna 7.7–13 visar standardbullermattor för några medel- och kortdistansflygplan. Vid en jämförelse mellan figur 7.8 och 9 framträder återigen den gynnsamma effekt motorer med högt by-pass-förhållande har på bullernivåerna. Bullermattan för DC-10-10 är vid start visserligen något längre än för DC-9-41 – vilket beror på den högre startvikten – men påtagligt smalare.

Av figur 7.10 och 12 framgår att CV-440 har lägre sidlinjebuller än F-28 men på grund av väsentligt bättre start- och stigprestanda är bullermattan för F-28 kortare.

Tabell 7.2 Ljudnivåer i certifieringspunkterna enligt FAR 36 för vissa medel- och kortdistansflygplan. Inom parentes anges kraven enligt samma normsystem.

	Caravelle III	DC-9-41 a)	DC-9-41 b)	F-28	VFW-614	DC-10-10	Airbus
Startvikt, ton	46	52	52	29	21	194	150
Antal passagerare	86	120	120	70	40	250	230
Ljudnivåer, EPNdB							
– start	104 (95)	99 (96)	97	90 (93)	89 (93)	99 (105)	93 (104)
– sidlinje	107 (103)	101 (103)	100	99 (102)	95 (102)	96 (107)	95 (106)
– landning	111 (103)	103 (103)	99	101 (102)	96 (102)	102 (107)	102 (106)

a) Äldre utförande
b) Senaste utförande

Figur 7.13 visar standardbullermattan för VFW-614. Detta flygplan är från bullersynpunkt t o m något gynnsammare än propellerflygplan av motsvarande storleksklass, t ex CV-440.

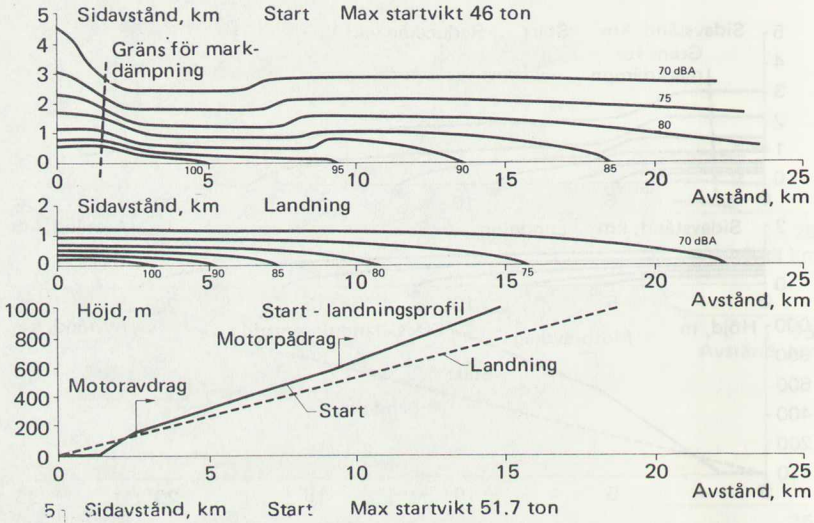


Fig 7.7 Bullermattor Caravelle III.

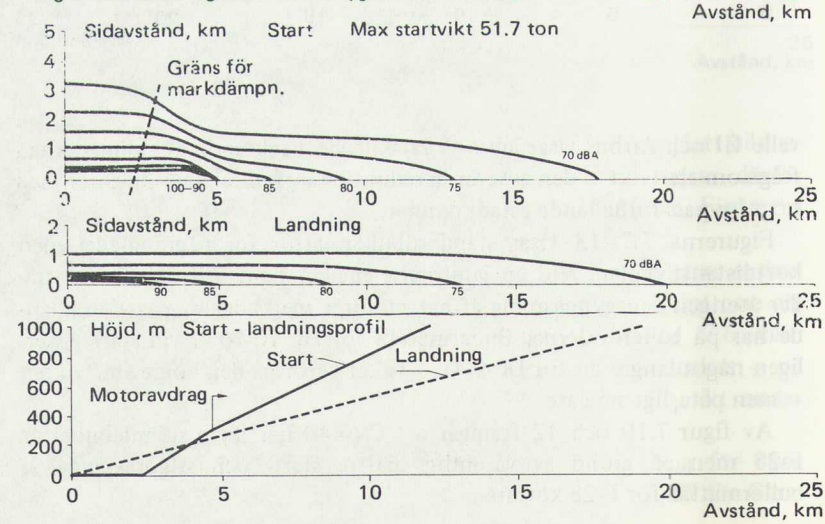


Fig 7.8 Bullermattor DC-9-41 (i äldre utförande).

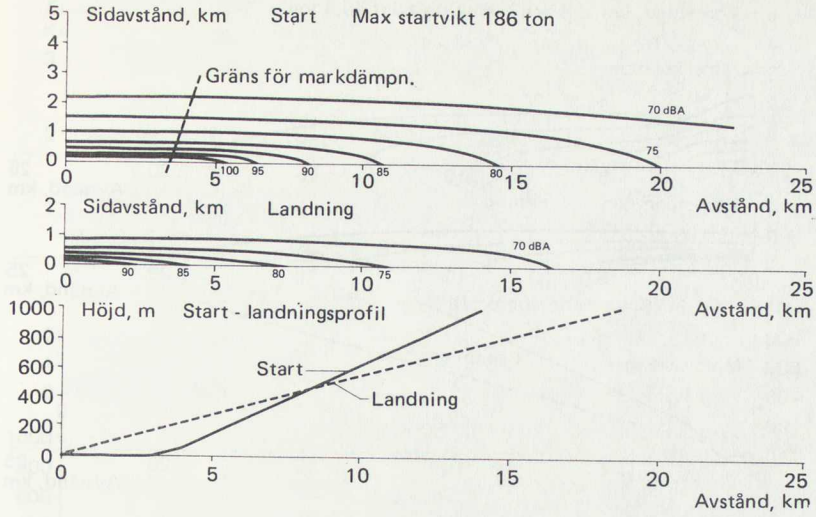


Fig 7.9 Bullermattor för medeldistansflygplan av typ DC-10 och L-1011.

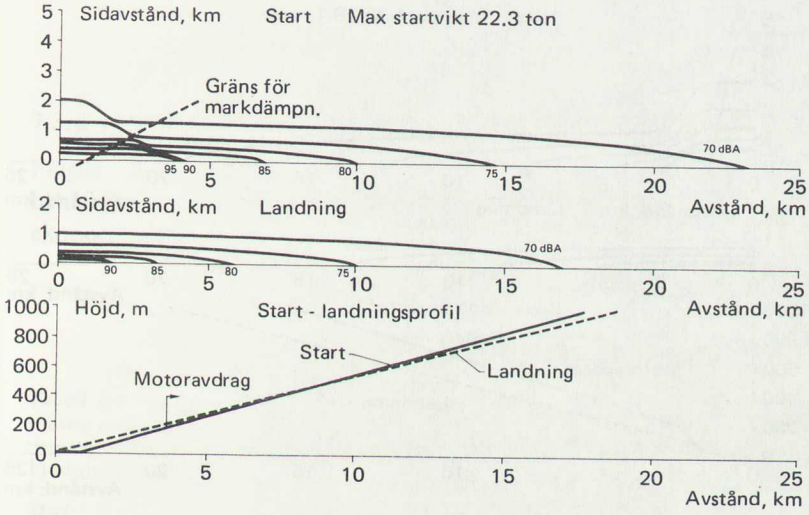


Fig 7.10 Bullermattor för CV 440 (Metropolitan).

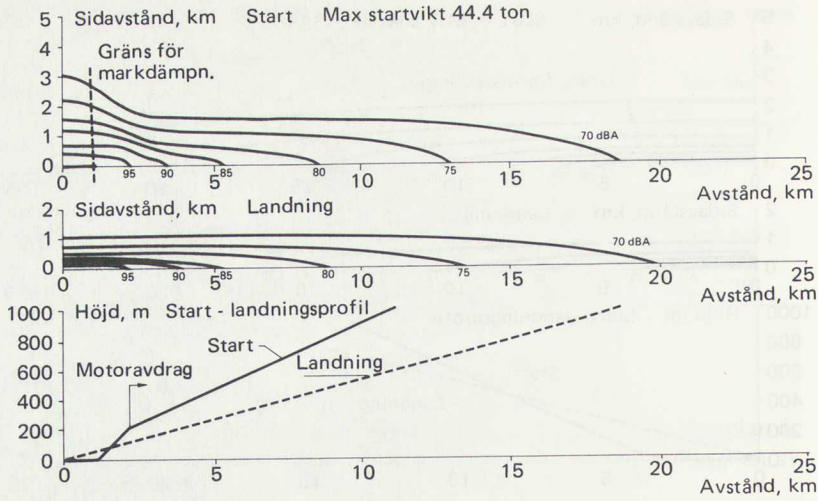


Fig 7.11 Bullermattor för DC-9-21.

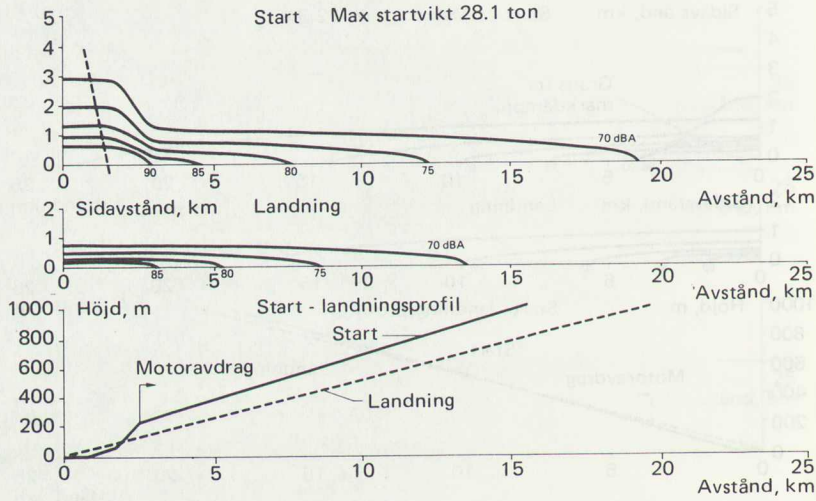


Fig 7.12 Bullermattor för F-28.

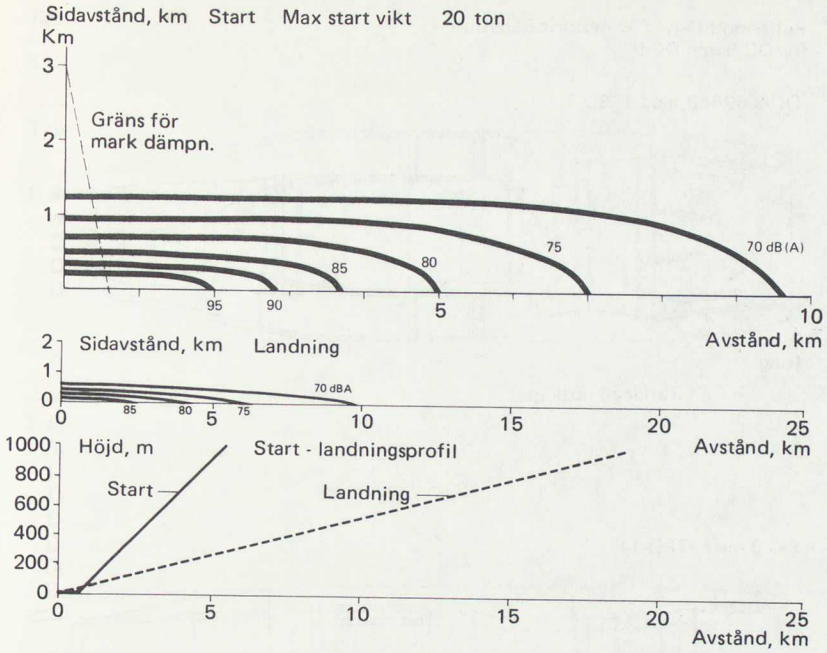


Fig 7.13 Bullermattor för VFW-614.

7.3.2 Modifiering av icke bullercertifierade flygplan

Frågan om modifiering av icke bullcertifierade flygplan har tidigare behandlats i avsnitt 5.4.5 och 5.5.1.3. Här skall tekniska lösningar och ekonomiska konsekvenser m m närmare belysas.

Tabell 7.3 Bullerreduktion efter modifiering enligt FAR 36. Inom parentes anges kraven enligt samma normsystem.

Ljudnivåer, EPNdB	DC-9-41	DC-8-63	B-727-100
Start			
– före modifiering	99	112	97
– efter	97 (96)	109 (104)	96 (99)
Reduktion	2	3	1
Sidlinje			
– före modifiering	101	100	100
– efter	100 (103)	97 (107)	100 (104)
Reduktion	1	3	0
Landning			
– före modifiering	103	114	110
– efter	99 (103)	107 (107)	104 (104)
Reduktion	4	6	6

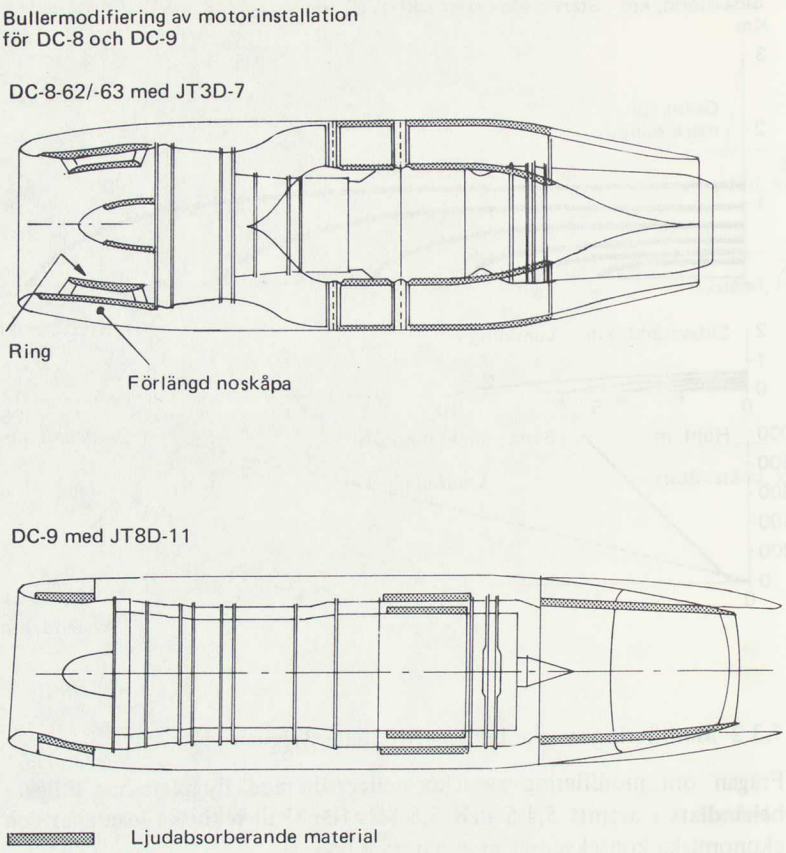


Fig 7.14 Bullermodifiering av DC-8 och DC-9.

7.3.2.1 Tekniska lösningar – bullerreducerande effekt

I USA har de tekniska problem, som är förknippade med bullermodifiering, studerats med målsättningen att sänka bullernivåerna ner till kraven enligt FAR 36.

Figur 7.14 visar exempel på i USA framtagna tekniska lösningar avseende DC-8-63 och DC-9-41 (i äldre utförande) och tabell 7.3 anger – jämväl för B-727-100 – möjlig reduktion i de tre certifieringspunkterna (flygplan av nu nämnda typer finns registrerade i Sverige).

Effekten av en modifiering är således i egentlig mening märkbar endast vid landning, där reduktionen i genomsnitt uppgår till 5–6 dB i mätpunkten, dvs 2 km från banan. Reduktionen är dock mindre på större avstånd från flygplatsen. På 10 km avstånd från banan beräknas den vara ca 2–3 dB. Det bör framhållas att DC-9-41 (i äldre utförande) redan före modifieringen i stort sett uppfyller kraven enligt FAR 36.

Tabell 7.4 Jetflygplan registrerade i Skandinavien år 1974

SAS		Sverige (exkl SAS)		Danmark (exkl SAS)		Norge (exkl SAS)		Totalt
Typ	Antal	Typ	Antal	Typ	Antal	Typ	Antal	
1. *Bullercertifierade typer*								
Boeing 747 B	2	Fokker F-28	3	Boeing 727-200	3	Fokker F-28	4	
Douglas DC-10	2	Dassault Falcon 20	1	Dassault Falcon 20	1	Dassault Falcon 20	1	
Douglas DC-9-41	17	Dassault FAlcon 10	1					
		Cessna 500	1					
Antal bullercertifierade	21		6		4		5	36
2. *Ej bullercertifierade typer*								
Douglas DC-8-55	2	Boeing 727-100	3	Boeing 720-025[a]	5	Boeing 737	5	
Douglas DC-8-62	8	Gates Lear Jet 24	4	Boeing 720-051 B	4			
Douglas DC-8-63	5	Gates Lear Jet 25	1	Sud Caravelle-6R[a]	10			
Douglas DC-9-21[b]	9			Sud Caravelle-10B	8			
Douglas DC-9-33[b]	2			Sud Caravelle-12	7			
Douglas DC-9-41[b]	24			Gates Lear Jet-25	1			
				Hawker-S. 125-400	1			
Antal ej bullercertifierade	50		8		36		5	99
Totalt	71		14		40		10	135

[a] Går ej att bullermodifiera av tekniska skäl.
[b] Uppfyller i princip kraven enligt Annex 16.

7.3.2.2 Ekonomiska konsekvenser

Vid modifiering uppstår kostnader för

- modifieringssatser avseende berört flygplan och reservmotorer
- installation
- stillestånd i samband med modifieringen.

När modifieringen genomförts ökar driftkostnaderna (större bränsleförbrukning och mer omfattande underhåll) och intäkterna minskar på grund av ökad tomvikt.

I Skandinavien fanns 135 jetflygplan registrerade år 1974. Av dessa var SAS ägare till 71 (se tabell 7.4).

Enligt utförda beräkningar kostar det ca 65 milj (i 1975 års prisnivå) att bygga om i Sverige registrerade jetflygplan, inkluderande samtliga berörda SAS-flygplan, så att de uppfyller kraven enligt Annex 16. Medelkostnaden per flygplan uppgår till för DC-8 ca 4,7 milj och för B-727 ca 1 milj. För SAS och Transair beräknas driftkostnaderna efter ombyggnad att öka med sammanlagt ca 3,5 milj/år under flygplanens resterande användningstid. Det skall framhållas att vid beräkningarna har förutsatts att kravet på modifiering är internationellt omfattat och

Tabell 7.5 Ljudnivåer i certifieringspunkterna enligt FAR 36 för DHC-6 m fl.

	DHC-6	DHC-7	F-28
Startvikt, ton	5,5	19,5	29
Antal passagerare	20	50	70
Ljudnivåer EPNdB			
– start	79–84[a]	70–75[a]	90
– sidlinje	89–93	77–81	99
– landning	90–94	89–93	101

[a] Spridning p g a osäkerhet i underlaget.

således berör ett relativt sett ganska stort antal flygplan. Skall utvecklingskostnaderna för modifieringssatserna fördelas på ett mindre antal flygplan stiger givetvis ombyggnadskostnaden per flygplan avsevärt.

7.3.3 V/STOL-flygplan

I tabell 7.5 jämförs bullernivåerna i certifieringspunkterna för DHC-6 och DHC-7 med F-28.

Figur 7.15 och 7.16 visar standardbullermattor (dock endast vid start) för DHC-6 och -7.

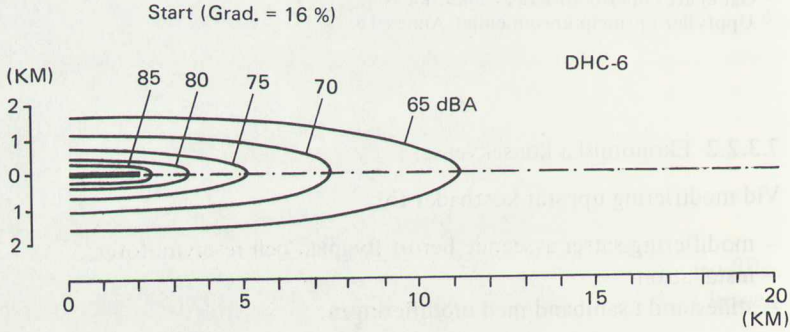


Fig 7.15 Startbullermatta för DHC-6.

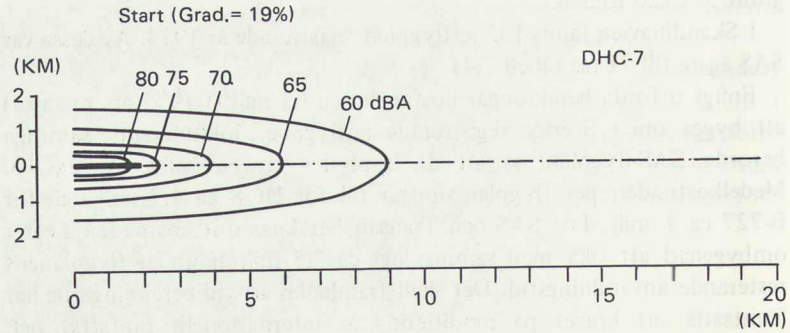


Fig 7.16 Startbullermatta för DHC-7.

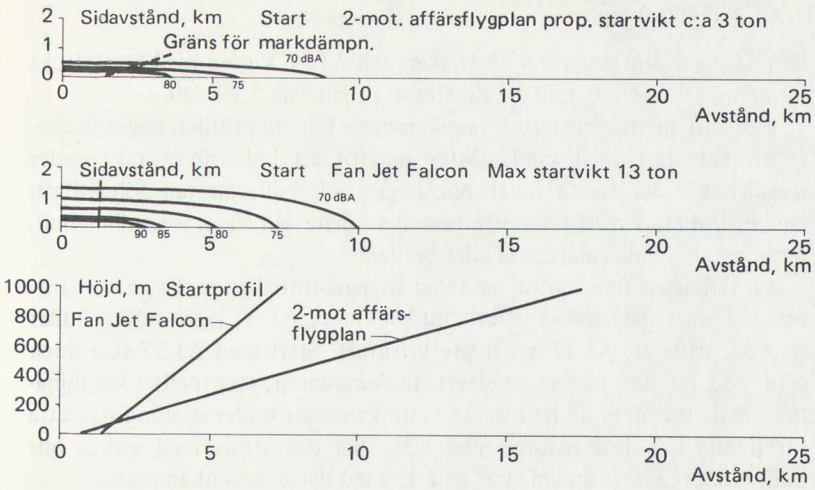


Fig 7.17 Startbullermattor för ett par allmänflygplan.

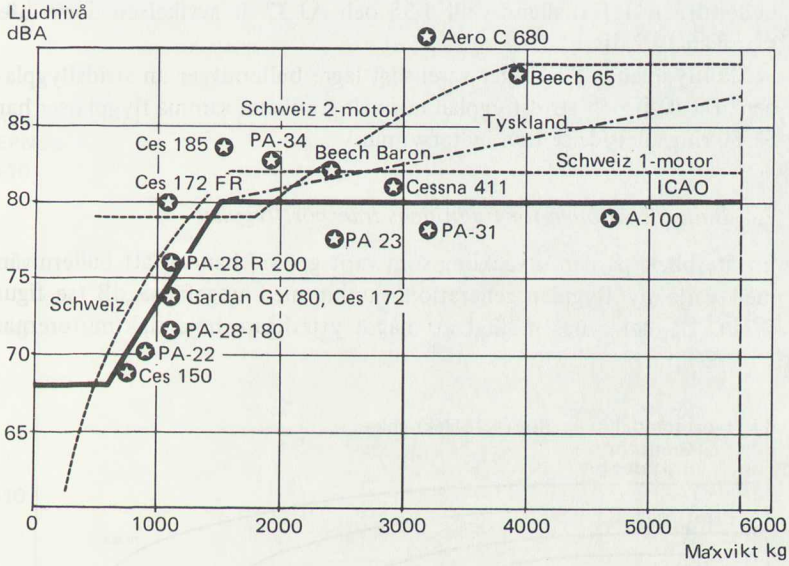


Fig 7.18 Bullernivåer vid överflygning på 300 m höjd med olika, lätta propellerdrivna allmänflygplan i jämförelse bl a med kraven enligt Annex 16.

7.3.4 Allmänflygplan

Figur 7.17 visar standardbullermattor (dock endast vid start) för ett par allmänflygplan.

I figur 7.18 jämförs bullernivåerna vid överflygning på 300 m höjd för några av de vanligast förekommande lätta, propellerdrivna allmänflygplanen bl a med kraven enligt Annex 16.

7.3.5 Militära flygplan

Standardbullermattor för J 35 Draken och AJ 37 Viggen med såväl släckt som tänd efterbrännkammare illustreras i figurerna 7.19–20.

Vid start med släckt efterbrännkammare blir stigprofilen något flackare än vid start med tänd. Detta medför att bullernivån rakt under flygplanet i det första fallet blir högre och bullermattan följaktligen längre. Vid start med tänd efterbrännkammare blir däremot sidlinjebullret högre och bullermattan således bredare.

AJ 37 har en fläktmotor med lågt by-pass-förhållande. På grund härav ger, vid start med släckt efterbrännkammare, AJ 37 lägre sidlinjebuller än J 35, trots att AJ 37 har högre drivkraft. Start med AJ 37 sker dock ofta med ett lågt pådrag av efterbrännkammaren, eventuellt i kombination med ett avdrag till helt släckt brännkammare under stigningen. Detta förfarande kan inte utföras med J 35. När det utförs med avdrag blir bullernivåerna lägre än vid start av J 35 med släckt brännkammare.

Såväl flygplan 35 som 37 förekommer i olika versioner med skiftande bullernivåer. I förhållande till J 35 och AJ 37 är avvikelsen dock inte större än 1–2 dB.

Skolflygplanet Sk-60 ger väsentligt lägre bullernivåer än stridsflygplanen. Då skol- och stridsflygplan normalt trafikerar samma flygplatser har Sk-60 ringa betydelse från bullersynpunkt.

7.4 *Bullersituationen för framtidens transportflygplan*

En återblick på den utveckling som varit ger vid handen att bullernivån med varje ny flygplansgeneration sjunkit med ungefär 5 dB (se figur 7.21). Då det synes möjligt att något ytterligare höja fläktmotorernas

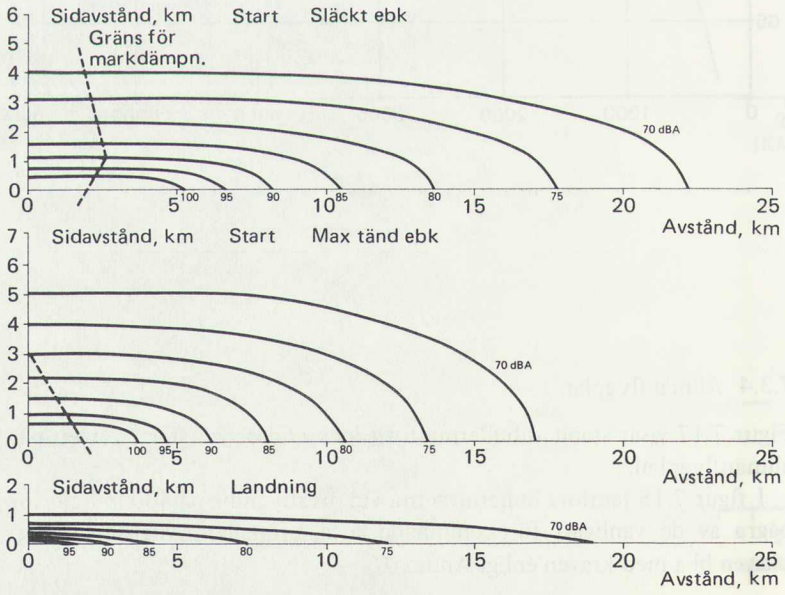


Fig 7.19 Bullermattor för J 35 Draken.

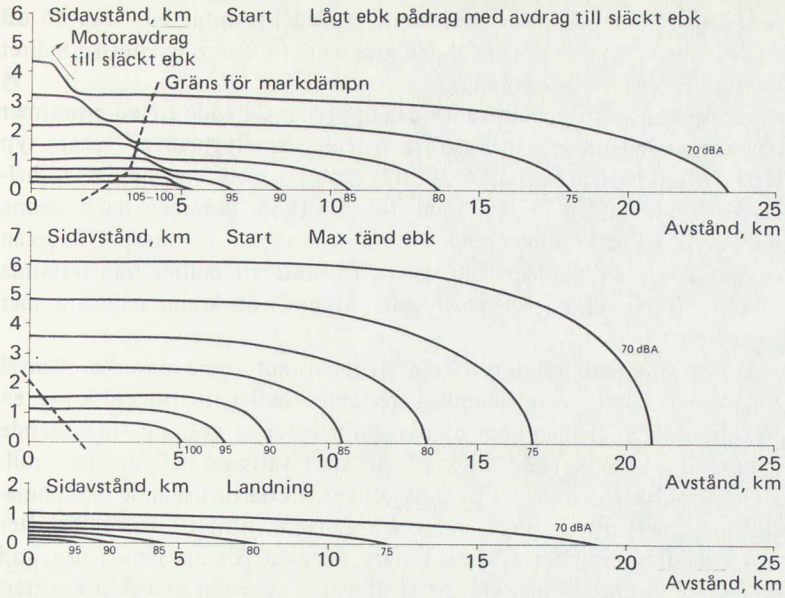


Fig 7.20 Bullermattor för AJ 37 Viggen.

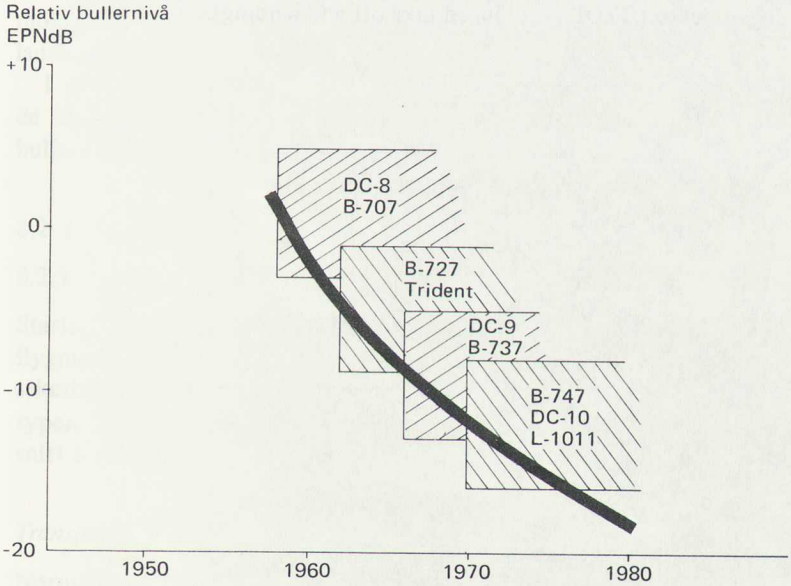


Fig 7.21 Bullerutvecklingen för transportflygplan.

by-pass-förhållande, samtidigt som tekniken att dämpa buller, såväl med hjälp av ljudisolerande material som genom lämplig motorplacering, snabbt bör göra betydelsefulla framsteg, kan man räkna med en fortsättning av den hittillsvarande utvecklingen. Det är därför troligt att transportflygplan, vars bullernivå – vid start – är ungefär 15 dB lägre än vad som föreskrivs enligt gällande emissionsnormer (se kap 5), kommer att vara i drift under andra hälften av 1980-talet. Reduktionen av

landningsbullret kan inom samma tidsperiod förväntas bli cirka 10 dB under gällande normer eller till den nivå då det s k aerodynamiska bullret (se avsnitt 3.4) börjar dominera.

Av de transportflygplan som i dag uppfyller gällande emissionsnormer har endast långdistans- och större medeldistansflygplan av senare typ (t ex DC-10-10 och Airbus A 300B2) motorer med högt by-pass-förhållande. Under tidsperioden fram till år 1985 kommer dock denna motortyp att bli dominerande i alla nya typer av transportflygplan oavsett storleksklass. Man kan därför förvänta att bullret från framtida mindre medel- och kortdistansflygplan kommer att kunna reduceras mer än vad nyss angivits.

Utöver bullerutstrålningen från flygplansmotorerna påverkar jämväl flygplanens start- och landningsprestanda bullersituationen kring en flygplats. Motorer med högt by-pass-förhållande är även i detta avseende gynnsamma. De ger hög drivkraft vid start varigenom flygplanets rullsträcka minskar och dess stigförmåga ökar. Detta förhållande i kombination med dels utvecklingen inom aerodynamiken mot högre lyftkrafter och dels framtagandet av nya, lättare material gör att man i dag, vad gäller mindre medel- och kortdistansflygplan talar om utvecklingen från konventionella flygplan mot flygplan med reducerade start- och landningssträckor (RTOL – Reduced take off and landing).

8 Flygoperativa förutsättningar och bullerreducerande åtgärder

8.1 *Inledning*

Bullerstörningar från flyg kan begränsas genom olika flygoperativa åtgärder. Ett sätt är att införa restriktioner av olika slag, t ex förbjuda viss flygväg eller start och landning viss tid under dygnet. En annan möjlighet är att utforma speciella procedurer för själva start- och landningsförfarandet.

I det följande beskrivs bl a olika start- och landningsförfaranden och de flygoperativa åtgärder som är möjliga att vidta för att begränsa bullerstörningarna.

8.2 *Olika start- och landningsförfaranden m m*

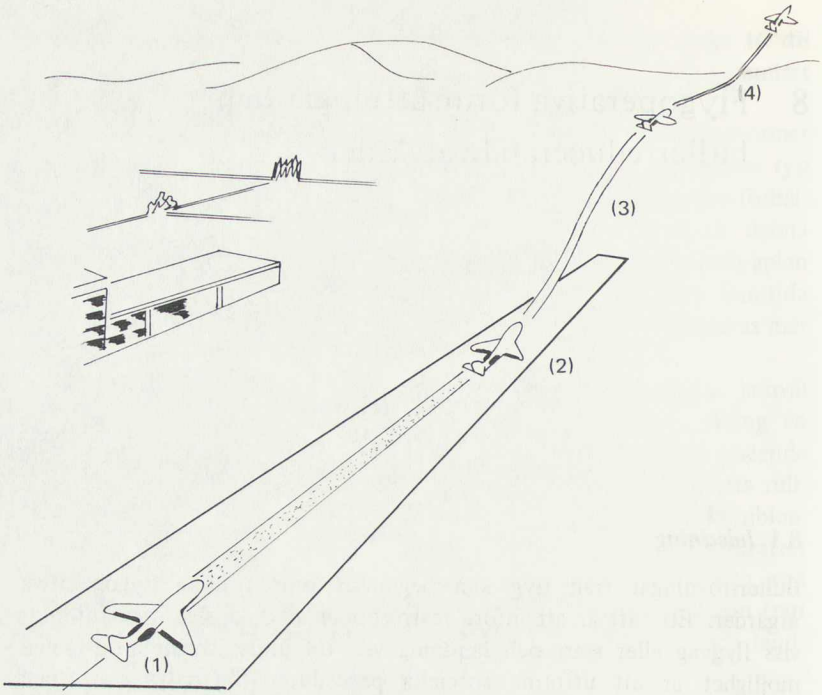
8.2.1 Start

Starten är liksom landningen ett av de kritiska momenten under en flygning. Förfarandet måste därför främst utformas så att största möjliga säkerhet erhålls. Startmetodiken skiftar något mellan olika flygplanstyper. Transportflygplan, V/STOL-flygplan, lätta allmänflygplan (se avsnitt 5.3 och 7.1) och militära flygplan behandlas här var för sig.

Transportflygplan

Normalt startförfarande med ett modernt transportflygplan framgår av fig 8.1. Efter uppställning i banänden (1) ökas motorpådraget till starteffekt (normalt full effekt). Efter en viss rullsträcka (längden är beroende av flygplanstyp, startvikt, vind, temperatur m m) lättar flygplanet (2) och stiger därefter (3) med den minimifart[1] som gör det möjligt att med god säkerhet fullfölja starten även vid bortfall av en motor. Av säkerhetsskäl och med hänsyn till passagerarna tillåts stigvinkeln normalt inte överstiga 15°. På minst 300 m höjd (4) minskas stigvinkeln, motoreffekten reduceras till stigeffekt, startklaffarna fälls in och flygplanet får accelerera till bästa stigfart.

[1] V_2 (= minsta fart för att kunna fortsätta vid bortfall av en motor) + ca 20 km/h (= internationellt överenskommen säkerhetsmarginal).



Figur 8.1 Normalt startförfarande med ett modernt transportflygplan.

V/STOL-flygplan

Som nämnts i avsnitt 5.3 får dessa flygplan lyftkraften vid start och landning helt eller delvis från motorn. Rullsträckan vid start kan därigenom göras mycket kort eller helt elimineras samtidigt som känsligheten för motorbortfall omedelbart efter lättning blir mycket stor. Man strävar därför efter att snarast accelerera flygplanen till säker flygfart. Av säkerhetsskäl bör accelerationen om möjligt utföras mot vinden. Efter accelerationen, som normalt sker på låg höjd, uppträder dessa flygplan i princip som alla övriga flygplan.

Lätta allmänflygplan

Dessa flygplan kan i princip följa samma procedur som transportflygplan. Bullret från dem kräver dock normalt inte att man stiger brant direkt efter lättning.

Militära flygplan

Med militära flygplan stiger man normalt inte brant omedelbart efter lättning (se (3) i fig 8.1). Detta beror på kravet att snarast möjligt uppnå lämpligaste stig- och manöverfart. I fråga om enmotoriga flygplan med äldre räddningssystem vill man även härmed på snabbaste sätt uppnå sådan fart att möjligheter föreligger att rädda besättningen vid ett

eventuellt motorstopp. De modernaste flygplanen är däremot som regel utrustade med ett system som medger räddning vid lägre fart och därför har, vid flygbaser där detta kan reducera bullerstörningarna, brant stigning börjat tillämpas.

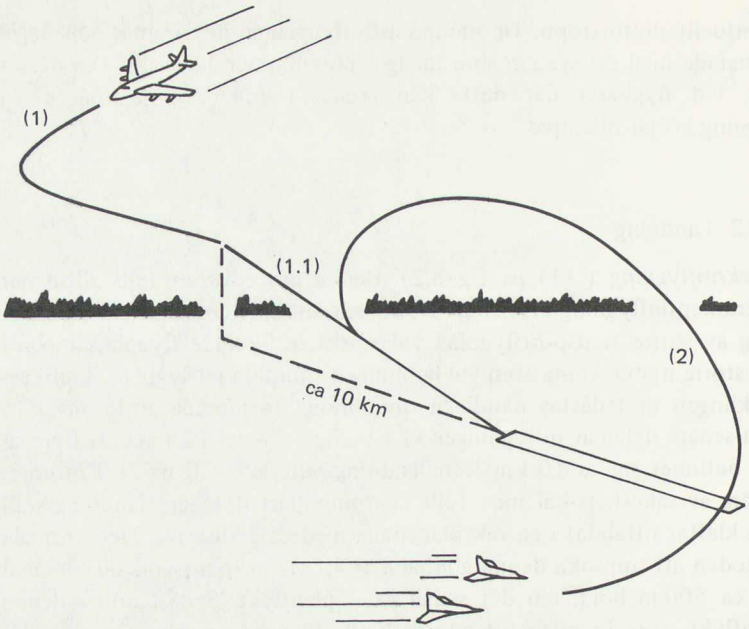
8.2.2 Landning

Direktinflygning ((1) på fig 8.2). Denna procedur används alltid när instrumentinflygning erfordras. Dessutom används den normalt vid landning av större transportflygplan vid starkt trafikerade flygplatser och i allt större utsträckning även vid landning av militära jetflygplan. Trafikavvecklingen underlättas nämligen om samma förfarande alltid används. Den senare delen av inflygningen (1.1 på fig 8.2), dvs från det att flygplanet befinner sig ca 10 km från landningspunkten och på 500 m höjd, utförs av säkerhetsskäl med fullt landningsklart flygplan (landningsställ och klaffar utfällda) i en rak planébana med ca 3° lutning. Den normala metoden att uppsöka denna glidbana är att flygplanet i god tid förs ned till ca 500 m höjd, där det sedan går i planflykt. Senast under denna planflykt görs flygplanet landningsklart. Planébanan uppsöks därefter underifrån (se fig 8.3).

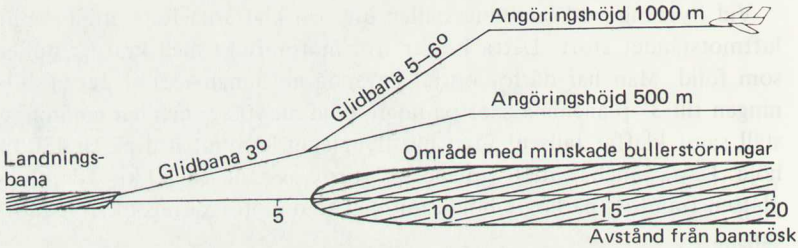
Vid flygning med landningsställen ute och klaffarna fullt utfällda blir luftmotståndet stort. Detta kräver stor motoreffekt med kraftigt buller som följd. Man har därför börjat använda en annan metod där anslutningen till 3° planébana sker på högre höjd än 500 m och där landningsställ samt klaffar fälls ut först när flygplanet kommit ned på ca 450 m höjd. Detta innebär att flygplanet på större avstånd än 10 km från flygplatsen framförs på högre höjd samtidigt som motorpådraget kan reduceras.

Ytterligare en metod som ger ungefär samma bullerminskande effekt som den sistnämnda (dvs 5–6 dB inom vissa områden) är att låta flygplanen ansluta på den slutliga planébanan ovanifrån (se fig 8.3). Från 1 000–1 500 m höjd låter man flygplanet planera med 4°–7° planévinkel för att sedan på 5–6 km avstånd från landningspunkten ansluta på den normala planébanan med 3° lutning. Denna metod, som f n delvis tillämpas bl a vid Los Angeles internationella flygplats, kräver dock att nya landningshjälpmedel installeras på flygplatserna och att flygplanens utrustning modifieras.

Trafikvarv och cirkling ((2) på fig 8.2). Denna procedur – normalt utförd på 150 – 400 m höjd – används främst av lätta allmänflygplan, vilka som regel inte har möjlighet att genomföra instrumentlandning. Trafikvarvet ger dessutom besättningen god överblick över flygfältet och annan flygtrafik i fältets närhet och den kan därvid förvissa sig om att en säker landning är möjlig. Av den anledningen används metoden särskilt vid landning på flygfält utan trafikledning. För att möjliggöra en snabb trafikavveckling av förband används trafikvarv även inom det militära flyget. – Ett flygplan kan, om trafiksituationen medger det, ansluta till ett trafikvarv på olika punkter.



Figur 8.2 Landning. Direktinflygning (1) och trafikvarv samt cirkling (2).



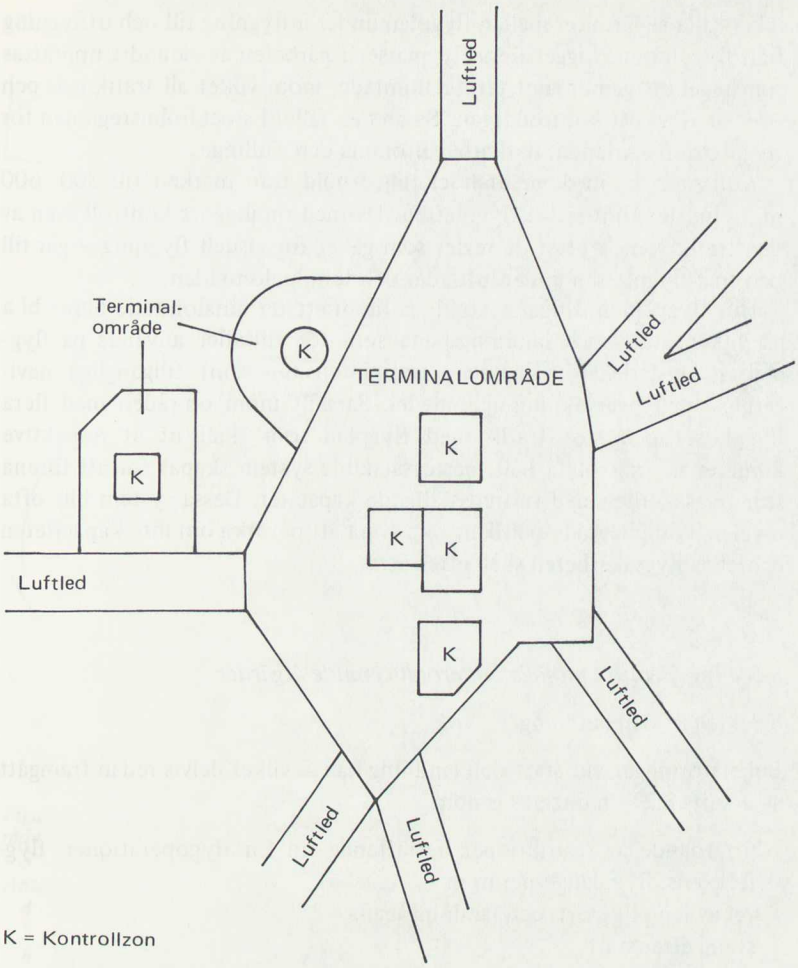
Figur 8.3 Olika sätt att ansluta till planébanan vid landning.

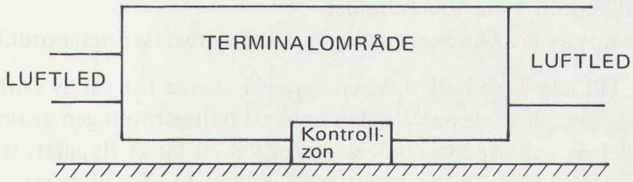
8.2.3 Kontrollerat luftrum

Förutom flygplanens tekniska utrustning, som i hög grad bestämmer vad som är möjligt, påverkar bl a följande faktorer utformningen av start- och landningsförfarandet:

– navigeringsmöjligheterna
– flygsäkerheten
– kapaciteten.

För att säkerställa att av dessa faktorer betingade krav uppfylls upprättas s k kontrollerat luftrum (luftleder, terminalområden och kontrollzoner – se fig 8.4) inom områden med stor flygtrafik. Inom dylikt luftrum leds och övervakas trafiken av särskilda kontrollorgan. I princip sker detta enligt internationella regler. Under 1980-talet kommer, på grund av flygtrafikens omfattning, luftrummet över 1 350 m höjd över hela södra och mellersta Sverige att vara kontrollerat.





Figur 8.4 Kontrollerat luftrum.

Luftleder, i allmänhet ca 15 km breda och med en utsträckning i höjd från 1 350 m och upp till normalt 11 600 m, upprättas för att medge flygning med god navigeringssäkerhet mellan olika punkter och för att säkerställa att kollisioner inte inträffar.

Terminalområden har i allmänhet en utsträckning i höjd från ca 300 m upp till normalt 4 700 m (vissa dock upp till 11 600 m) och omfattar geografiskt ett område som varierar på grund av lokala förhållanden. Dylika områden upprättas runt flygplatser med stor trafik för att

säkerställa separation mellan flygplan under inflygning till och utflygning från flygplatsen. Ligger flera flygplatser i närheten av varandra upprättas som regel ett gemensamt terminalområde, inom vilket all trafik leds och övervakas av ett kontrollorgan. Så är t ex fallet i stockholmsregionen för flygplatserna Arlanda, Barkarby, Bromma och Tullinge.

Kontrollzon, med en utsträckning i höjd från marken till 300–600 m, upprättas runt själva flygplatsen. Därmed möjliggörs kontroll även av den trafik som – efter de regler som gäller för visuell flygning – går till och från flygplatsen under luftleder och terminalområden.

Hur flygplanen dirigeras att flyga inom ett terminalområde beror bl a på vilken start- och landningsbana som för tillfället används på flygplatsen, väderleksförhållanden, trafikintensitet samt tillgängliga navigerings- och övervakningshjälpmedel. Särskilt inom områden med flera flygplatser och stor trafik med flygplan som skall ut åt respektive kommer in från olika håll måste särskilda system skapas för att förena stor flygsäkerhet med tillfredsställande kapacitet. Dessa system blir ofta mycket komplicerade och kan vara svåra att påverka om inte kapaciteten och/eller flygsäkerheten skall eftersättas.

8.3 *Flygoperativt möjliga bullerreducerande åtgärder*

8.3.1 Start och landning

Bullerstörningar vid start och landning kan – vilket delvis redan framgått av avsnitt 8.2 – reduceras genom

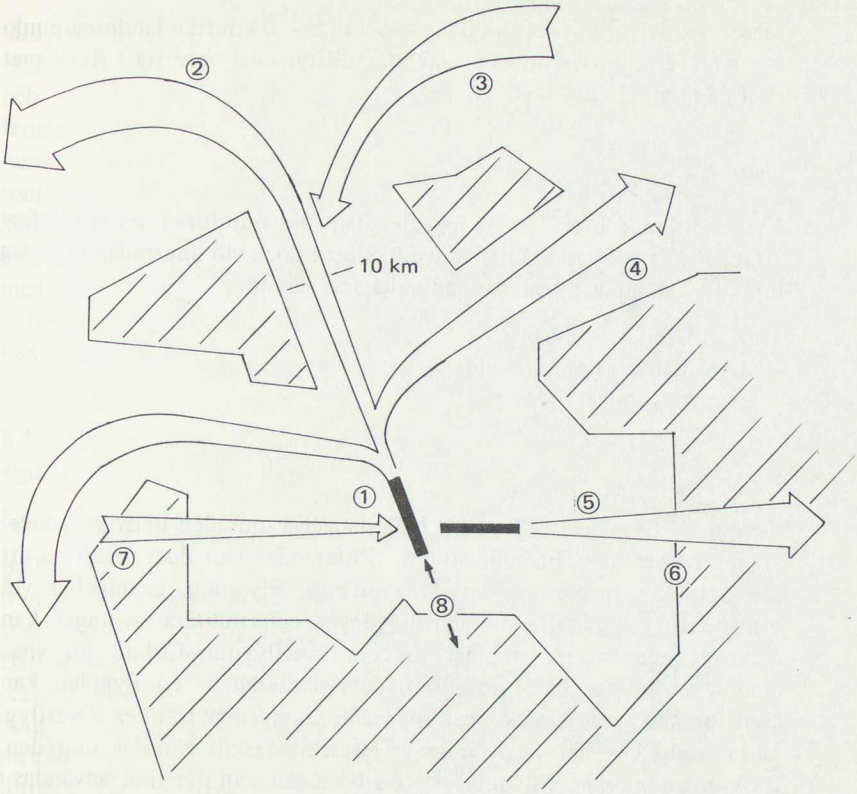
- utfärdande av restriktioner beträffande tid för flygoperationer, flygfrekvens, flygplanstyper m m
- val av lämplig start- och landningsbana
- sväng efter start
- motoravdrag efter start
- val av lämplig stig- och landningsprofil
- anbefallande av vissa minimihöjder
- utfärdande av restriktioner för användning av reverseringsanordning.

I vissa fall kan även bullerhänsyn vara avgörande för val av väntlägen. Som regel ligger dock dessa på sådan höjd att bullerstörningen är ringa.

Exempel på bullerreducerande åtgärder vid en tänkt flygplats framgår av figur 8.5. I *bilaga E* beskrivs ett antal dylika åtgärder närmare och där anges dessutom i förekommande fall av ICAO utfärdade internationella rekommendationer avseende jetdrivna transportflygplan.

I detta sammanhang kan dessutom nämnas att IATA i oktober 1973 – för att standardisera bullerreducerande start- och landningsförfaranden – har rekommenderat en grundmetod för vardera proceduren. Genom standardisering kan enligt IATA dels undvikas att alltför många metoder uppstår och dels uppnås:

- god flygsäkerhet
- bästa genomsnittliga bullerreducering



Figur 8.5 Tidig (1) respektive sen (2) sväng för att undvika bullerkänsligt område. Svängradie min ca 3 km.
3 Sväng (radie, min ca 3 km) för att ansluta på inflygningslinjen för landning. Anslutningen utanför 10 km från bantröskeln.
4 Sväng för att gå mellan bullerkänsliga områden.
5 Brant stigning för att gå så högt som möjligt över bullerkänsligt område.
6 Motoravdrag för att reducera bulleremissionen.
7 Anbefalld lägsta flyghöjd över ett område. Höjden måste hållas tills glidbanan på inflygningslinjen angörs. Glidbanevinkel 3°.
8 Start- och landningsriktning som skall undvikas.

– en internationalisering av de bullerreducerande procedurerna.

För start rekommenderar IATA att den branta stigningen, med minimifart V_2 + 20 km/h, direkt efter flygplanets lättning fortsätter upp till 450 m höjd. Därefter bör stigvinkeln minskas något och motorpådraget reduceras till stigeffekt. Farten bibehålles vid V_2 + 20 km/h. På 900 m höjd fälls klaffarna in och normal stigvinkel och fart intas. Genom detta förfarande reduceras bullerstörningarna i flygplatsens omgivningar, dock ej i dess omedelbara närhet.

För landning rekommenderar IATA att planébanan med 3° lutning uppsöks på minst 900 m höjd. I början av planén framförs flygplanet med landningsstället infällt och med inga eller endast delvis utfällda klaffar. På ca 450 m höjd fälls landningsställ och klaffar ut helt. Med denna

metod reduceras bullret i områden mer än 8–10 km från landningspunkten. Metoden kräver inte nya landningshjälpmedel vare sig i flygplanet eller på flygplatsen.

8.3.2 Överflygning

I samband med överflygning kan flygplan som framförs i underljudsfart åstadkomma störande buller, huvudsakligen dock vid uppträdande på låg höjd. Dylika bullerstörningar kan reduceras genom

- val av lämplig flygväg
- anbefallande av minimihöjd
- fartrestriktioner.

Val av flygväg

Genom att flygvägen väljs så att bullerkänsliga områden undviks reduceras givetvis antalet flygbullerstörda. Förfarandet kan dock medföra att flygvägen till önskad destination förlängs. Flygning, exempelvis vid fotograferingsuppdrag, ambulansflygningar och militära övningar kan försvåras eller t o m omöjliggöras om överflygningsförbud för vissa områden utfärdas. Ett förbudsområde i närheten av en flygplats kan även försvåra såväl avvecklingen som samordningen av trafiken. Överflygningsförbud bör därför utfärdas endast för särskilt känsliga områden. Rekommendationer att undvika vissa områden kan däremot användas i större utsträckning.

Anbefallande av minimihöjd

Förbud att flyga under en viss flyghöjd innebär att bullernivån vid marken reduceras. Lägsta flyghöjd kan sättas olika för olika flygplanstyper och för olika områden.

Inom vissa områden kan en högre minimihöjd än den som i dag generellt tillämpas (150 m) innebära att även de lätta flygplanen tvingas upp i kontrollerat luftrum. Därvid försvåras trafikledningsförhållandena och det ställer dessutom särskilda krav på flygplansutrustning och på besättningens utbildning. En hög minimihöjd kan även försvåra eller till och med omöjliggöra viss flygverksamhet såsom flygfotografering, reklamflygning, vissa militära övningar m m.

Fartrestriktioner

En fartbegränsning medför som regel en sänkning av bullernivån, då lägre motoreffekt – intill en viss gräns – behövs vid lägre fart. Fartreduktion får dock till följd att bullrets varaktighet ökar.

Fartrestriktioner medför för vissa flygplanstyper att den flygoperativt mest lämpliga farten inte kan utnyttjas. Härigenom påverkas för den civila luftfartens vidkommande främst driftekonomin och för den mili-

tära möjligheterna att genomföra vissa övningar. Dessa nackdelar kan reduceras om fartrestriktioner utfärdas endast för begränsade områden och för flygning på låg höjd. Fartrestriktioner tillämpas i dag inom terminalområden för att minska fartskillnaden mellan snabba och långsamma flygplan. Härigenom underlättas trafikledningens arbete samtidigt som flygförarna får möjlighet att i så god tid upptäcka andra flygplan att kollisioner kan undvikas. Under förutsättning att övningsändamålet medger det tillämpas fartrestriktioner inom militära flyget vid flygning med jetflygplan på låg höjd (se vidare avsnitt 8.4.4).

Här ovan angivna procedurer är även möjliga att kombinera. Man kan t ex föreskriva både minimihöjd och maximifart inom ett område.

8.4 *Faktorer som påverkar möjligheterna att vidta bullerreducerande åtgärder*

8.4.1 Flygtrafikledningstekniska faktorer

Bullerreducerande åtgärder vid en flygplats kan, vilket i viss mån redan framgått i avsnitt 8.2.3, öka svårigheterna för flygtrafikledningen att avveckla och, om flera flygplatser är berörda, att samordna trafiken. Därvid nedgår som regel regulariteten vid och kapaciteten hos flygplatsen. I vissa fall kan dock detta kompenseras om till flygtrafikledningens förfogande ställs mer personal samt flera och bättre hjälpmedel medan dylika åtgärder i andra fall – där de trafikledningstekniska förhållandena redan är svåra – skulle kunna äventyra flygsäkerheten. Det är därför lämpligast att i första hand utnyttja de bullerreducerande åtgärder som bäst kan anpassas till flygplatsens behov av trafikavveckling.

8.4.2 Flygsäkerhetsaspekter

Flera av de bullerreducerande start- och landningsförfarandena innebär avsteg från en normalprocedur, framtagen för att med de flesta flygplanstyper kunna tillämpas av en normalbesättning på ett från flygsäkerhetssynpunkt tillfredsställande sätt. Avsteg från normalförfarandet kan innebära dels ökade krav på besättningen och dels en minskning av säkerhetsmarginalerna.

Om bullerreducerande procedurer anbefalls inom de marginaler som framgår av bilaga E blir inte risknivån nämnvärt höjd. Bullerreducerande åtgärder som var för sig inte innebär en nämnvärd höjning av risknivån kan emellertid, om de kombineras till ett komplicerat mönster, resultera i en sådan höjning av kraven på flygplanets besättning och på trafikledarpersonalen att risknivån blir oacceptabel. Jämlikt av ICAO utfärdade internationella rekommendationer måste piloten dessutom alltid vara tillförsäkrad rätten att, då flygsäkerheten så kräver, göra avsteg från anbefallda bullerreducerande åtgärder. Detta är främst aktuellt vid svåra flygförhållanden (marginalväder, stark turbulens, isbildning m m).

För att förhindra att flygsäkerheten äventyras till följd av bullerreducerande åtgärder bör dylika åtgärder endast införas efter samråd

främst med experter på aktuella flygplanstyper och trafikledningspersonal.

8.4.3 Konsekvenser med ekonomisk innebörd

De merkostnader, beroende på förlängda flygsträckor, vilka kan bli följden av särskilda start- och landningsprocedurer torde normalt sakna större betydelse. Andra faktorer, främst trafikledningstekniska, har som regel betydligt större inverkan på flygsträckans längd.

Bullerreducerande åtgärder som åstadkommer minskad kapacitet på en flygplats torde däremot kunna få mycket stora ekonomiska konsekvenser. Antingen kan de medföra ett trafikbortfall eller också anläggande av ytterligare flygplatser belägna på större avstånd från de samhällen som skall betjänas än den redan befintliga. De åtgärder, vilka normalt medför kapacitetssänkningar är

- förbud mot flygtrafik under vissa tider på dygnet, t ex under natten
- inskränkningar i tillåten flygfrekvens
- förbud mot vissa flygplanstyper, t ex jetflygplan och/eller flygplan över en viss vikt
- förbud mot användning av vissa start- eller landningsriktningar, helt eller under vissa tider på dygnet
- ett optimalt tillämpande av bullerreducerande start- och landningsförfaranden.

Det sistnämnda (ett optimalt tillämpande av bullerreducerande start- och landningsförfaranden) innebär en kapacitetsminskning, i synnerhet om åtgärderna kombineras till ett komplicerat mönster. De från kapacitetssynpunkt bästa metoderna för trafikavveckling kan då inte tillämpas. Hur stor kapacitetsminskningen blir och därmed de ekonomiska följderna kan inte anges generellt. Flera faktorer är härvidlag bestämmande såsom flygplatsens storlek, närheten till andra flygplatser och till restriktionsområden, övrig flygtrafik inom området samt bansystemets sträckning och belägenhet i förhållande till särskilt bullerkänsliga områden.

8.4.4 Militära synpunkter

Förbud att flyga på låg höjd med hög fart är den bullerreducerande åtgärd som främst påverkar militär övningsverksamhet. Den stridsmiljö som för närvarande bedöms mest sannolik kräver i stor utsträckning just ett uppträdande på mycket låg höjd och med hög fart. Utbildningen av våra flygstridskrafter till effektiva komponenter i försvaret fordrar således att en stor del av övningsverksamheten bedrivs på låg höjd. Det bör därvid framhållas att det inte är möjligt att helt koncentrera dylik övningsverksamhet till havsområden och ödemarker.

9 Gällande rätt

9.1 *Svenska bestämmelser m m*

Någon samlad lagstiftning som har avseende på buller och bullerstörningar finns inte i Sverige. Inte heller finns någon speciell lagstiftning beträffande trafikbuller. Men å andra sidan finns i olika författningar regler och föreskrifter som redan idag, åtminstone i vissa delar, ger ganska goda medel för bullerprevention. En orsak till att dessa medel måhända inte alltid varit så effektiva som varit önskvärt kan dock ha varit att kunskaper som kunnat ligga till grund för utbildande av praxis eller för utfärdande av mera detaljerade normer eller anvisningar inte funnits tillgängliga för de myndigheter som haft att ta befattning med bullerproblemen.

Av intresse när det gäller preventionen beträffande trafikbuller är bl a regelkomplex som behandlar samhällsplaneringen i stort. Med stöd av sådana bestämmelser kan det undvikas att bullerstörda miljöer kommer till stånd. Vidare har under inflytande av på senare tid förd miljövårdsdiskussion dels tillkommit nya lagar, dels givits nytt innehåll åt äldre författningar varigenom även möjligheter skapats att komma till rätta med redan uppkomna bullerproblem. Slutligen finns, vilket framgått i kapitel 5, bestämmelser som syftar till att minska bulleremissionen från flygplan av olika slag.

I det följande lämnas en översiktlig redogörelse – disponerad i enlighet med vad som angivits i föregående stycke – för gällande bestämmelser som i detta sammanhang är av intresse. En närmare beskrivning av hur bullerstörningar från flyg för närvarande beaktas vid planering lämnas i kapitel 10.

9.1.1 Planeringslagstiftning m m

9.1.1.1 Byggnadslagstiftningen

Byggnadslagstiftningen – *byggnadslagen* (1947:385) (BL) och *byggnadsstadgan* (1959:612) (BS) – innehåller regler om marks planläggning för bebyggelse och annan användning. I BS finns också bestämmelser om hur byggande skall ske. Genom dessa författningar har det lagts i det allmännas hand att bestämma bebyggelseområdenas förläggning och omfattning. Som allmän princip gäller därvid att mark – för att få

användas till bebyggelse – vid planläggning enligt BL skall ha prövats från allmän synpunkt lämpad härför. I fråga om annan bebyggelse än tätbebyggelse (dvs glesbebyggelse, se 6 § BL) kan emellertid denna bedömning även ske i samband med prövning av ansökan om byggnadslov (5 § BL).

BL anvisar fyra olika planinstitut, nämligen region- och generalplan – översiktsplanerna – samt stads- och byggnadsplan – detaljplanerna. Detaljplanerna reglerar huvudsakligen tätbebyggelse och markanvändning i anslutning därtill, medan översiktsplanerna kan beakta alla slag av markanvändning. Byggnadsverksamheten inom område som inte ingår i stads- eller byggnadsplan regleras i hela landet genom utomplansbestämmelser (2, 3 och 77 §§ BL).

Ansvaret för planväsendet är enligt byggnadslagstiftningen delat mellan statliga och kommunala myndigheter. De statliga myndigheterna är i första hand regeringen, statens planverk samt länsstyrelserna. I kommunerna ger kommunens fullmäktige eller dess styrelse allmänna riktlinjer för planläggningen, medan byggnadsnämnderna leder det direkta planarbetet. De statliga myndigheternas primära uppgifter är att utöva tillsyn över att de kommunala organen fattar lagliga beslut samt att bevaka det allmännas intresse av en samordnad och i övrigt rationell samt från social, teknisk och miljömässig synpunkt önskvärd bebyggelse.

Fråga om att upprätta regionplan kan väckas av envar. Det tillkommer regeringen att bestämma huruvida regionplan skall finnas, angående regionplaneområdets omfattning och i vilka hänseenden gemensam planläggning skall äga rum. Har regeringen förordnat att regionplan skall finnas, skall de kommuner som berörs av planen bilda ett regionplaneförbund för handläggning av frågor rörande planen. Vidtas ej erforderliga åtgärder för planens upprättande kan regeringen utfärda föreläggande att plan skall vara upprättad inom viss tid. Har inte detta avsedd effekt äger regeringen upprätta planen på regionplaneförbundets bekostnad. – Regionplan fastställs av regeringen. En fastställd regionplan har endast obetydliga direkta rättsverkningar (126–135 §§ BL).

Initiativet till att upprätta övriga planer ankommer på kommunen. Planerna antas av kommunens fullmäktige eller – efter fullmäktiges uppdrag – av byggnadsnämnden (9, 10, 24, 26 och 108 §§ BL).

Efter framställning av kommun kan generalplan fastställas helt eller delvis. Generalplan fastställs av länsstyrelsen, som dock, om särskild anledning föreligger, äger underställa planen regeringens prövning. En generalplan har rättsverkningar endast i de hänseenden den blivit fastställd (10 § BL).

Enligt 10 a § BL, som trädde i kraft den 1 januari 1973, får regeringen, när så påkallas till främjande av en från rikssynpunkt angelägen utveckling, besluta att för visst område skall finnas generalplan som tillgodoser i beslutet angivet intresse. Regeringen kan också, om det är oundgängligen nödvändigt för att det angivna intresset skall bli tillgodosett, föreskriva att planen skall vara helt eller delvis fastställd.

Stads- och byggnadsplaner skall alltid fastställas. Fastställelsemyndighet är länsstyrelsen. I vissa fall skall dock stadsplan underställas rege-

ringen (26 § BL).

Om detaljplanering skulle anses behövlig men likväl inte kommer till stånd, kan kommun – i överensstämmelse med vad som gäller för regionplan – föreläggas att upprätta plan och har detta inte avsedd effekt kan erforderlig planläggning utföras på kommunens bekostnad.

Åtgärd, som är att hänföra till nybyggnad, får ej företas utan byggnadsnämndens lov (54 § 1 mom BS). Vid prövning av ansökan om byggnadslov skall byggnadsnämnden kontrollera att det tillämnade företaget ej strider mot gällande författningar (56 § 1 mom BS). Inom område som saknar detaljplan får t ex lov ej beviljas till sådan nybyggnad som skulle innefatta tätbebyggelse[1] (56 § 1 mom BS).

Regler om byggande finns, som tidigare nämnts, i BS. För att ge dessa och andra allmänt hållna bestämmelser i BS konkret innehåll meddelar statens planverk – med stöd av 76 § BS – dels bindande föreskrifter i olika avseenden, dels de ytterligare råd och anvisningar som behövs för stadgans tillämpning. Av planverket utfärdade föreskrifter och anvisningar återfinns i Svensk Byggnorm.

Byggnadslagstiftningen innehåller ett fåtal regler av intresse när det gäller beaktandet av flygbuller vid planering och byggande. Enligt 5 § BL skall, vilket redan nämnts, mark för bebyggelse från allmän synpunkt vara lämpad för ändamålet. Detta utvecklas närmare i BS. I 9 § stadgas sålunda bl a att till bebyggelse ej får avses mark som från sundhetssynpunkt eller eljest från allmän synpunkt ej är lämpad för ändamålet. Enligt 12 § skall vidare vid uppgörande av stadsplan tillses att hänsyn tas till de fordringar som bör uppställas från sundhets-, skönhets- och trevnadssynpunkt. Vad gäller byggande sägs i 46 § att byggnad för stadigvarande bruk, vari inrymmes bostads- eller arbetsrum, skall anordnas och inredas så, att den bereder möjlighet till trevnad och god hygien. Därvid skall bl a särskilt beaktas att byggnaden bereder erforderlig ljudisolering. I Svensk Byggnorm finns, i fråga om buller, endast anvisningar i syfte att förhindra bullerstörningar mellan olika utrymmen inom en byggnad. Vid bebyggelseplanering i närheten av flygplatser och vid lokalisering av nya flygplatser har dock på senare tid de resultat som 1956 års flygbullerutredning presenterade (SOU 1961:25) i viss mån lagts till grund för erforderliga bedömningar (se vidare kapitel 10).

I detta sammanhang bör emellertid även reglerna i 81–85 §§ BL om förbud mot bebyggelse till hinder för luftfarten m m beröras. Dessa regler är visserligen givna i luftfartens intresse men indirekt medverkar de till att förhindra tillkomsten av bullerstörd bebyggelse. Enligt 81 § får bl a i närheten av statlig flygplats eller annan flygplats för allmänt bruk nybyggnad eller vissa anordningar inte företas, om flygplatsens användning för avsett ändamål därigenom försvåras eller eljest avsevärt men åsamkas luftfarten. Länsstyrelsen kan dock medge undantag om synnerliga skäl finns. Har beslut meddelats om att anlägga eller utvidga flygplats som nyss sagts får länsstyrelsen enligt 82 § förordna att vad i 81 § sägs skall äga motsvarande tillämpning. I 83–85 §§ behandlas ersättningsfrågor.

[1] Det kan nämnas att flygplats numera i allmänhet anses innefatta tätbebyggelse och således måste föregås av detaljplanering enligt byggnadslagstiftningen (se prop 1971:118).

9.1.1.2 Bygglagutredningens betänkande

I april år 1974 framlades bygglagutredningens betänkande Markanvändning och byggande (SOU 1974:21). Däri diskuteras principerna för en ny byggnadslagstiftning innefattande bl a nya planinstitut och mer verkningsfull översiktsplanering. Betänkandet innehåller däremot inga konkreta lagförslag. Det är f n omöjligt att förutsäga när och i vilken omfattning utredningens principförslag leder till lagstiftning. Trafikbullerutredningen har därför ej funnit skäl att utforma sina förslag med utgångspunkt i annat än nu gällande rätt. Mot bakgrund härav är någon närmare redogörelse för bygglagutredningens betänkande inte nödvändig.

9.1.1.3 Luftfartslagstiftningen

I avsnitt 2.3 återfinns en närmare redogörelse för flygplatssystemet.

Inrättande eller drift av flygplats måste föregås av prövning enligt luftfartslagstiftningen. Vad gäller allmän flygplats fordras sålunda, när annan än staten[2] skall utöva driften, tillstånd av regeringen (6 kap 4 § luftfartslagen (1957:297) – LL). Ett dylikt tillstånd, som kan förenas med olika villkor, får endast meddelas där hinder icke möter av hänsyn till det allmänna. Vill någon inrätta eller driva enskild flygplats skall detta anmälas till luftfartsverket. Det åligger därvid verket – bl a av hänsyn till flygplatsens inverkan på omgivningen – att meddela erforderliga föreskrifter avseende inrättandet, underhållet och driften av flygplatsen eller att, om bl a nyssnämnda hänsyn skulle kräva det, förbjuda att flygplatsen anläggs eller drivs (64 § luftfartskungörelsen (1961:558) – LK).

Innan allmän flygplats tas i bruk skall den godkännas av luftfartsverket (61 § LK). När luftfartsverket fastställer fordringarna för dylikt godkännande skall inte blott luftfartens intresse beaktas utan även hänsyn tas till de kring flygplatsen boende (56 § LK).

Luftfartsverket har inte utfärdat några generella föreskrifter om flygplatsbuller. Vid flygplatsplanering har emellertid, som redan nämnts, de resultat som 1956 års flygbullerutredning redovisade på senare tid lagts till grund för erforderliga bedömningar.

Bestämmelserna i luftfartslagstiftningen har avseende endast på civil luftfart. För anläggandet av *militära flygplatser* finns inga speciella författningsbestämmelser.

9.1.1.4 Vissa andra lagar

För samhällsplaneringen och genomförandet av dess intentioner är även vissa andra författningar av betydelse. I detta sammanhang kan särskilt framhållas bl a att bestämmelser i *fastighetsbildningslagen* (1970:988) hindrar bildandet av sådana fastigheter som motverkar planintentioner eller som från bl a miljömässiga synpunkter är olämpliga för sitt ändamål. Ett nära samråd förutsättes härvid äga rum mellan fastighetsbildningsmyndigheten å den ena och den planläggande samt byggnadslovsbeviljan-

[2] Man har ansett det uteslutet att något statens organ skulle anlägga en flygplats till allmänt bruk utan att inhämta regeringens medgivande.

de myndigheten å den andra sidan (3 kap). Dessutom kan enligt 2 kap 5 § *expropriationslagen* (1972:719) expropriation få ske för att upprätta skydds- eller säkerhetsområde eller bereda utrymme för särskild anordning, om området eller anordningen behövs till skydd mot naturhändelse som är menlig från allmän synpunkt, mot vatten- eller luftförorening eller mot menlig inverkan i övrigt från industri eller annan anläggning.

9.1.2 Miljöskyddslagstiftning m m

De författningar som i första hand tillhandahåller medel för att komma till rätta med redan uppkomna miljöproblem är *miljöskyddslagen* (1969:387) (ML) och *hälsovårdsstadgan* (1958:663) (HS). Det är emellertid att märka att båda dessa författningar jämväl innefattar regler avsedda att motverka uppkomsten av olika miljöstörningar.

Med stöd av ML kan åtgärder påkallas mot sådan störning som härrör från användningen av fast egendom och som har inverkan på utanför själva störningskällan belägen fast egendom. Det måste således vara fråga om vad som i juridiska sammanhang vanligen benämns immission. Immissionsbegreppet härrör från den romerska rätten och används ofta som samlingsbeteckning för olika slag av störande inverkan fastigheter emellan. Utan att begreppet omnämns definieras det för svensk rätts del i ML som användning av mark, byggnad eller anläggning på sätt som kan medföra störning för omgivningen genom luftförorening, buller, skakning, ljus eller annat sådant, om störningen ej är helt tillfällig (1 § första st 3). Det förtjänar att omnämnas i detta sammanhang att i direktiven till den utredning, vars betänkande ligger till grund för ML (SOU 1966:65) framhölls de förslag som 1956 års flygbullerutredning (se närmare avsnitt 10.1.2) lade fram som en av anledningarna till att igångsätta en utredning om grannskapsstörande verksamhet.

Enligt HS kan ingripande ske mot sådan miljöstörning som är att betrakta som sanitär olägenhet, oavsett varifrån den härrör. Med sanitär olägenhet förstås därvid yttre faktorer av någon betydenhet som inte är av tillfällig natur och som kan inverka menligt i fysiskt eller psykiskt hänseende på en normal människas hälsotillstånd.

I det följande intas en redogörelse för bl a ML och HS.

9.1.2.1 Miljöskyddslagen m m

Som nyss nämnts är ML tillämplig på bl a användning av mark, byggnad eller anläggning på sätt som kan medföra störning för omgivningen genom luftförorening, buller, skakning, ljus eller annat sådant, om störningen ej är helt tillfällig. Användning av mark, exempelvis till flygplats, benämns, i den mån den omfattas av lagen, miljöfarlig verksamhet (1 § 3 st). Utöver bestämmelserna i miljöskyddslagen gäller om miljöfarlig verksamhet vad som föreskrivs i hälsovårds-, byggnads- och naturvårdslagstiftning eller i annan lagstiftning (2 §).

Den som utövar eller ämnar utöva miljöfarlig verksamhet skall vidta de skyddsåtgärder, tåla den begränsning av verksamheten och iaktta de

försiktighetsmått i övrigt som skäligen kan fordras för att förebygga eller avhjälpa olägenhet. Omfattningen av dessa åläggande skall bedömas med utgångspunkt från vad som är tekniskt möjligt vid verksamhet av det slag som är ifråga och med beaktande av såväl allmänna som enskilda intressen. Vid avvägningen mellan olika intressen skall särskild hänsyn tas till å ena sidan beskaffenheten av område som kan bli utsatt för störning och betydelsen av störningens verkningar, å andra sidan nyttan av verksamheten samt kostnaden för skyddsåtgärd och den ekonomiska verkan i övrigt av försiktighetsmått som kommer i fråga (5 §).

Miljöfarlig verksamhet, som kan befaras föranleda olägenhet av väsentlig betydelse även om försiktighetsmått enligt 5 § ML iakttas, får utövas endast om särskilda skäl föreligger. Innebär den befarade olägenheten att vissa allmänna intressen skadas avsevärt får verksamheten – om inte regeringen ger tillstånd därtill – inte utövas. Dessa förbudsregler hindrar dock ej att sådan flygplats, väg eller järnväg, vars anläggande prövas i särskild ordning, används för avsett ändamål (6 §).

Den som utövar eller ämnar utöva miljöfarlig verksamhet kan söka tillstånd därtill hos den genom ML nyskapade koncessionsnämnden för miljöskydd (9 §). I vissa fall föreligger skyldighet att göra ansökan innan anläggningen utföres och i andra måste anmälan göras hos länsstyrelsen. Från skyldighet att söka tillstånd kan naturvårdsverket och i vissa fall länsstyrelsen, efter prövning i varje särskilt fall, medge dispens (10 och 17 §§).

I konsekvens med den nyss berörda regleringen i 6 § ML föreligger ingen skyldighet att söka tillstånd hos koncessionsnämnden för anläggande av flygplats.[3] Det har emellertid särskilt betonats i förarbetena att möjligheten att göra det står öppen för att låta koncessionsnämnden fastställa villkoren för driften av en dylik anläggning.

Har koncessionsnämnden meddelat tillstånd har innehavaren av anläggningen fått sin ställning tryggad. Han kan då inte – vare sig av domstol eller av hälsovårdsnämnd och ej heller av koncessionsnämnden annat än under vissa speciella förutsättningar (23–25 §§) – åläggas att upphöra med verksamheten eller att med avseende på denna vidtaga försiktighetsmått utöver vad som anges i tillståndsbeslutet (22 §). Ett tillståndsbeslut enligt ML innebär emellertid inte – lika lite som ett beslut om dispens från skyldighet att söka tillstånd – att den som genom miljöfarlig verksamhet orsakar olägenhet befrias från att utge ersättning härför. Fastmer kan envar som tillfogas skada eller utsätts för olägenhet genom dylik verksamhet ställa krav på ersättning med stöd av ML. Är olägenheten av någon betydelse och bör den inte skäligen tålas med hänsyn till förhållandena i orten eller därför att den vanligen förekommer under jämförliga förhållanden kan ersättning t o m utgå även utan att försumlighet föreligger från den skadeståndsskyldiges sida (30 §).

Medför miljöfarlig verksamhet att fastighet eller del av fastighet blir onyttig för ägaren eller att synnerligt men uppkommer vid begagnandet, kan ägaren påfordra inlösen (32 §).[4] Yrkande om inlösen skall liksom ersättningsanspråk eller annat enskilt anspråk på grund av miljöfarlig verksamhet framställas genom att talan väcks vid den fastighetsdomstol

[3] Riksdagen (se riksdagens skrivelse 405/1974) har härvidlag givit regeringen tillkänna att enligt dess mening starka skäl föreligger att tillståndsplikt införs beträffande flygplatser och även vägar som kan medföra miljöstörningar av väsentlig betydelse.

[4] Enligt p 6 i övergångsbestämmelserna till ML gäller bestämmelserna om inlösen inte i fråga om miljöfarlig verksamhet som börjat före lagens ikraftträdande och som därefter fortsatt utan att medföra väsentligt ökat men.

inom vars område den miljöfarliga verksamheten i huvudsak utövas eller skall utövas (33–34 §§).

Den som utövar eller ämnar utöva miljöfarlig verksamhet kan påkalla prövning av ersättningsfråga genom att stämma in den som lider eller kan komma att lida skada genom verksamheten (34 § ML).

Till skydd mot miljöfarlig verksamhet som kan medföra fara för allmänna intressen utövas tillsyn av naturvårdsverket och länsstyrelserna (38 §). På hemställan av naturvårdsverket kan sålunda koncessionsnämnden – om tillstånd enligt ML icke meddelats – besluta om förbud mot miljöfarlig verksamhet som ej är tillåtlig enligt ML eller meddela föreskrift om försiktighetsmått (41 §). Länsstyrelsen kan – jämväl under förutsättning att tillstånd enligt ML inte föreligger – meddela föreläggande om sådant försiktighetsmått eller förbud som är uppenbart behövligt för att lagens bestämmelser skall efterlevas (40 § 1 st). Med försiktighetsmått menas konkreta tekniska eller andra åtgärder. Innan föreläggande meddelas, skall länsstyrelsen samråda med naturvårdsverket (28 § i den med stöd av ML utfärdade *miljöskyddskungörelsen,* 1969:388). Om föreläggande inte efterföljs kan länsstyrelsen anmoda utmätningsmannen att vidta erforderlig åtgärd (47 § ML).

Mot bl a tillståndsbeslut och beslut som avses i de nyss berörda 40–41 §§ ML får talan föras hos regeringen. Mot dylika beslut får även naturvårdsverket föra talan för att tillvarata allmänna intressen (48 § ML).

Vill någon för att utreda verkningarna av miljöfarlig verksamhet som han utövar eller ämnar utöva företa mätning eller annat undersökningsarbete på fast egendom som annan äger eller innehar, kan länsstyrelsen föreskriva att tillträde till egendomen skall lämnas viss tid. Behöver mätapparat eller liknande instrument utsättas, kan länsstyrelsen även föreskriva förbud vid vite att rubba eller skada instrumentet (51 § ML).

9.1.2.2 Hälsovårdsstadgan

Enligt HS ankommer det på kommunen att bl a förebygga och undanröja sanitär olägenhet inom kommunen eller, som det uttrycks i 1 §, handha allmänna hälsovården. Det närmaste inseendet över allmänna hälsovården skall utövas av kommunens hälsovårdsnämnd. Hälsovårdsnämnden skall därvid bl a samarbeta med andra myndigheter, vilkas verksamhet berör hälsovårdsarbetet (2 §). Skyldighet för olika myndigheter att samråda med hälsovårdsnämnd är dessutom inskriven eller åtminstone underförstådd i övriga miljövårdsförfattningar. De ytterligare föreskrifter avseende allmänna hälsovården som – utöver HS – befinns erforderliga kan meddelas i av kommunen antagen och av länsstyrelsen fastställd lokal hälsovårdsordning (65 och 68 §§).

Länsstyrelsen vakar över allmänna hälsovården i länet (3 §). Högsta tillsynen tillkommer socialstyrelsen och statens livsmedelsverk med viss fördelning mellan dem. Verken skall ettvart inom sitt ämbetsområde, efter samråd med berörda myndigheter, till ledning för hälsovårdsnämn-

derna meddela råd och anvisningar rörande allmänna hälsovården (4 §).

Hälsovårdsnämndernas uppgifter på det sanitära området är av övervakande och kontrollerande natur. Nämndens allmänna skyldigheter därvidlag fastläggs i 2 § HS. I 38 § erinras särskilt om att nämnden skall tillse att erforderliga och skäliga åtgärder vidtagas för att motverka bl a luftförorening, buller och andra sådana störningar inom kommunen.

För att kunna fullgöra sina åligganden har hälsovårdsnämnden möjlighet att, för särskilda fall, meddela de föreskrifter som utöver HS och lokal hälsovårdsordning är erforderliga (70 §) och att, för efterlevnaden av HS, lokal hälsovårdsordning eller föreskrift som nyss sagts, meddela föreläggande och förbud (71 §). Beslut av sistnämnt slag kan avse bl a föreläggande att inom viss tid vidta åtgärd för undanröjande av bristfällighet hos byggnad eller annan egendom eller förbud mot att använda lägenhet eller lokal för avsett ändamål, t ex bostad, intill dess förekommande bristfällighet undanröjts (72 §). Föreläggande eller förbud riktas mot ägare eller nyttjanderättshavare av berörd egendom och kan vitessanktioneras. Nämnden kan vidare låta verkställa arbete eller åtgärd på den försumliges bekostnad (75 §).

Begreppet sanitär olägenhet är, vilket redan framgått, grundläggande för tillämpningen av bestämmelserna i HS. HS innehåller visserligen ingen definition av begreppet men i förarbetena uttalas bl a följande (prop 1958:B46).

> Begreppet sanitär olägenhet omfattar alla yttre faktorer av någon betydenhet, som icke äro av blott tillfällig natur och som kunna inverka menligt i såväl fysiskt som psykiskt hänseende på en normal människas hälsotillstånd. Hit räknas dock ej sådana faktorer, som ha karaktär av olyckshändelse eller dylikt. Att faktorerna skola vara av någon betydenhet innebär, att rena bagateller icke kunna åberopas som sanitär olägenhet. En viss tolerans måste alla ådagalägga. Var toleransgränsen skall dragas är en medicinsk fråga, som får prövas från fall till fall. Som exempel må nämnas, att innevånarna i en stad synes böra få tolerera ett visst trafikbuller. Tack vare människans förmåga att vänja sig torde icke heller ett måttligt trafikbuller kunna anses som en sanitär olägenhet t ex i en stad. Om bullrets intensitet emellertid överskrider gränsen för vad som bör tålas, inträder sanitär olägenhet.
>
> Till grund för bedömandet av frågan huruvida sanitär olägenhet föreligger i det ena eller andra fallet måste alltid läggas en genomsnittlig människas reaktioner. Man kan alltså i detta sammanhang icke taga hänsyn till en enskild individs alldeles speciella känslighet i det ena eller andra fallet. Detta medför, att en omständighet, som för en viss människa framstår såsom synnerligen störande, beroende på dennes speciella mentala konstitution, likväl icke utan vidare kan anses som sanitär olägenhet.

Vad särskilt gäller (väg-)trafikbuller som utgör sanitär olägenhet har regeringsrätten i utslag den 16 mars 1972 (i det s k Partillemålet) angivit hälsovårdsnämnds möjligheter att ingripa. Regeringsrätten slår därvid fast att åtgärder för avlägsnandet av en dylik olägenhet främst måste ses som ett led i fullgörandet av nämndens allmänna skyldighet enligt 38 § HS att motverka buller inom kommunen. Regeringsrätten anför vidare:

> Gällande rätts ståndpunkt får i ett fall som det förevarande anses vara, att hälsovårdsnämnden har att i första hand med utövaren av den

miljöfarliga verksamheten, dvs med väghållaren, uppta spörsmålet om vilka åtgärder som från dennes sida kan vidtagas för olägenheternas avhjälpande. Nära samråd måste därvid ske med länsstyrelsen. Även kommunens byggnadsnämnd torde komma att beröras. Fråga kan i detta sammanhang också uppkomma, att berörda fastighetsägare bör åläggas medverka till att avhjälpa olägenheterna. Däremot bör nämnden icke primärt vända sig med föreläggande mot fastighetsägare.[5]

Mot hälsovårdsnämnds beslut enligt HS eller lokal hälsovårdsordning får talan föras hos länsstyrelsen. Länsstyrelses beslut i särskilt fall angående förbud, föreläggande, föreskrift m m överklagas hos kammarrätten, i övrigt hos regeringen (86 §).

Det skall slutligen i detta sammanhang omnämnas att HS f n är föremål för översyn. Enligt direktiven till utredningen[6] bör de sakkunniga bl a överväga en ytterligare anpassning av hälsovårdslagstiftningen till miljö- och bostadssaneringslagstiftningen m m och en precisering av begreppet sanitär olägenhet.

9.1.2.3 Bostadssaneringslagen

Bestämmelserna i *bostadssaneringslagen* (1973:531) kan ha betydelse då det gäller bekämpande av trafikbuller. En översikt över bestämmelserna sådana de var utformade före ändring år 1974 (SFS 1974:821) finns i del I av utredningens betänkande (SOU 1974:60 s 142–144). Jfr vidare avsnitt 11.2.4.1.3.

9.1.2.4 Trafikreglerande föreskrifter

Som närmare beskrivits i kapitel 8 kan bullerstörningar från flyg begränsas genom olika flygoperativa åtgärder. I det följande redogörs översiktligt för de bestämmelser i gällande lagstiftning med vars stöd dylika åtgärder kan vidtas.[7] Det bör emellertid framhållas att luftfartslagstiftningen dessutom innehåller många exempel på regler som icke direkt åsyftar att begränsa flygbullerstörningar men som indirekt ändå medverkar därtill. Hit hör bl a bestämmelserna om kontrollerat luftrum (se avsnitt 8.2.3). Genom att transportflygplanen – utan att skyldighet därtill föreligger – regelmässigt flyger i luftled medverkar inrättandet av sådana givetvis till att begränsa bullerstörningarna i samband med överflygning.

LK ger luftfartsverket vissa möjligheter att genom trafikreglerande föreskrifter – exempelvis att start skall ske enligt viss procedur eller att viss flygplanstyp ej får nyttja viss flygplats – begränsa bullerstörningarna från flygplan såväl under markverksamhet som under start eller landning. Luftfartsverket meddelar sålunda enligt 57 §, vad avser allmän flygplats, och enligt 64 §, vad avser enskild flygplats,[8] föreskrifter om flygplatsens drift m m. Därvid skall bl a flygplatsens inverkan på omgivningen beaktas. Vidare äger luftfartsverket enligt 97 § 1 st att meddela de föreskrifter i fråga om bedrivande av luftfartsverksamhet, vilka verket finner påkallade

[5] Hälsovårdsnämnden hade i det aktuella fallet förbjudit fastighetsägaren att upplåta den bullerstörda lägenheten från viss tidpunkt om inte dessförinnan den sanitära olägenheten undanröjts.

[6] Se Departementsnytt 1974:25.

[7] Sverige har genom sin anslutning till Chicagokonventionen förbundit sig att medge luftfart för utländska luftfartyg med förbehåll främst av hänsyn till flygsäkerheten. Delade meningar råder om av konventionsstat, i bullerbekämpande syfte utfärdade flygoperativa föreskrifter, kan ha avseende även på utländska luftfartyg. Utformningen av utredningens förslag (se närmare kapitel 11) gör emellertid att anledning saknas att här närmare gå in på denna fråga (jfr prop 1957:69 s 230 och SOU 1961:25 s 138).

[8] Bestämmelsen i 64 § ger enligt ordalydelsen, ej luftfartsverket rätt att ändra redan utfärdade föreskrifter om ej ombyggnad sker. Enligt uppgift från luftfartsverket avser emellertid verket föreslå regeringen att denna och även andra bestämmelser i LK ändras.

av hänsyn till luftfartens säkerhet samt för att i övrigt förebygga skada eller olägenhet vid luftfärd och enligt 99 § 2 st att meddela föreskrifter om förebyggande av skada genom bl a buller, i förekommande fall efter samråd med socialstyrelsen. Det kan även framhållas att luftfartsverket – med stöd av 67 § och 97 § 1 st LK – meddelar närmare föreskrifter om dels vilka flygplatser (se avsnitt 2.3) som får nyttjas för olika slag av luftfart och dels under vilka förutsättningar sjö eller annat område – utan att särskilt ha inrättats för ändamålet – får användas som start- och landningsplats. Med stöd av 68 § LK kan luftfartsverket dessutom – om det är påkallat av hänsyn till bl a naturskydd eller friluftsliv – efter samråd med länsstyrelsen meddela förbud för luftfartyg att utan verkets tillstånd landa inom visst område.

LK ger även luftfartsverket vissa möjligheter att genom trafikregleran-de föreskrifter begränsa sådana bullerstörningar som uppkommer i samband med överflygning på låg höjd. Med stöd av 99 § 2 st kan verket sålunda föreskriva minimihöjd som är högre än den av flygsäkerhetsskäl lägsta godtagbara. Verket har vidare rätt att – med hänsyn till natur-skydd eller friluftsliv – förordna att luftfartyg inte får ta flygväg inom visst område (3 § 2 st LK). Förordnande av detta slag skall föregås av samråd med länsstyrelsen eller, om det berör militära förhållanden, med överbefälhavaren och får ej hindra luftfart som är påkallad av hänsyn till ortsbefolkningens intresse. Område som berörs av dylikt förordnande benämns restriktionsområde.

9.1.2.5 Skadeståndslagstiftning

Enligt lagen (1922:382) angående ansvarighet för skada i följd av luftfart är luftfartygets ägare, oberoende av vållande, ansvarig för skada, som i följd av luftfartygs begagnande i luftfart tillfogas person eller egendom, som inte befordras med fartyget. Vid tillkomsten av lagen torde man endast ha avsett skador till följd av att luftfartyg eller del av det eller föremål som kastades ut från luftfartyg skadade någon på marken. I rättspraxis (NJA 1945 s 210) har emellertid fastslagits att lagen iven är tillämplig på skada till följd av flygbuller.

9.1.3 Konstruktionsbestämmelser

Bestämmelser om luftfartygs miljövärdighet infördes i LL och LK år 1972 (1972:198–199). Med lagstiftningen avsågs i första hand att göra normerna i Annex 16 till Chicagokonventionen (se kapitel 5) tillämpliga i Sverige. Med stöd av densamma kan emellertid även andra krav från miljösynpunkt ställas på luftfartygens konstruktion. Enligt 3 kap 1 § 3 st LL är nämligen ett luftfartyg miljövärdigt om det – i enlighet med av regeringen eller, efter regeringens bemyndigande, av luftfartsverket meddelade närmare föreskrifter – är konstruerat, byggt, utrustat och vidmakthållet så att det ej vållar skada genom buller, luftförorening eller likartad störning. I förarbetena till denna lagändring uttalade departementschefen bl a (prop 1972:19):

I framtiden torde med en ökande flygtrafik och nya, effektivare flygplanskonstruktioner frågan om det miljöhot flyget utgör komma att aktualiseras i flera sammanhang. Jag tänker därvid inte enbart på bullerproblemen utan också på de luftföroreningsproblem som avgasutsläpp från flygplan kan komma att utgöra. Starka skäl talar därför för att lagstiftningen redan nu utformas så att lämpliga åtgärder för att skydda miljön snabbt kan vidtas. Jag finner därför att en bestämmelse bör införas i LL som innebär att ett luftfartyg för att få registreras inte bara som f n skall vara luftvärdigt utan också så konstruerat att det inte utgör ett hot mot miljön. Vid sidan av luftvärdighetsbeviset bör alltså för registrering fordras ett bevis om att luftfartyget är miljövärdigt. F n finns underlag för en konkret reglering av miljövärdighetskravet i den utsträckning som motsvaras av Annex 16. Om de föreslagna ändringarna i LL antas av riksdagen är min avsikt att föreslå Kungl Maj:t sådana ändringar i LK m fl författningar att luftfartsverket kan meddela föreskrifter om bullercertifiering i angiven utsträckning. Sådana luftfartyg som avses i annexet kommer då inte att kunna registreras eller användas för luftfart om de inte fyller föreskrifter som är meddelade i huvudsaklig överensstämmelse med annexet. Jag vill emellertid förutskicka att föreskrifterna inte bör avse endast luftfartyg i internationell trafik utan även flygplan i nationell trafik om de är av det slag som avses i annexet. Om den nu föreslagna lagtekniska lösningen accepteras kan Kungl Maj:t så snart ett grundat behov föreligger utvidga bemyndigandet till luftfartsverket som därefter kan meddela nödvändiga föreskrifter.

Det av departementschefen avsedda bemyndigandet kom att inflyta i 27 a § LK. Som redan omnämnts i avsnitt 5.5.2 har luftfartsverket med stöd härav utfärdat med Annex 16 sammanfallande föreskrifter om när jetflygplan, avsedda för underljudsfart, skall anses miljövärdiga från bullersynpunkt.

För luftfartyg som omfattas av bestämmelserna om miljövärdighet gäller bl a följande. Registrering i det svenska luftfartygsregistret[9] förutsätter att luftfartyget har miljövärdighetsbevis (2 kap 4 §§ LL jämfört med BCL M 1.2). Miljövärdighetsbevis utfärdas om luftfartyget vid granskning visar sig uppfylla kraven för miljövärdighet (BCL M 2.2). Svenskt luftfartyg skall, när det nyttjas till luftfart, ha miljövärdighetsbevis och vara miljövärdigt (3 kap 4 § 1 st och 1 § 1 st LL).[10]

Reglerna i LL och LK om luftvärdighet och luftvärdighetsbevis gäller i tillämpliga delar även för miljövärdighet och miljövärdighetsbevis (3 kap 10 a § LL och 27 a § LK). Detta innebär bl a att luftfartsverket äger besiktiga och i övrigt utöva tillsyn över luftfartyg med avseende på miljövärdigheten.

9.1.4 Luftfartslagstiftningens ansvarsbestämmelser m m

Luftfartslagstiftningens bestämmelser är, ävensom av luftfartsverket med stöd av LK utfärdade föreskrifter, till mycket stor del straffsanktionerade. Den som åsidosätter för luftfarten gällande föreskrifter kan dessutom drabbas av administrativa sanktioner. Dessa bestämmelser skall i det följande beröras mycket översiktligt.

[9] Sedan luftfartyg införts i luftfartygsregistret äger det svensk nationalitet (2 kap 12 § LL) och skall märkas i enlighet härmed (2 kap 16 §).

[10] Miljövärdighetsbevis utfärdas visserligen att gälla utan tidsbegränsning (BCL M 2.2) men kan med stöd av 3 kap 5 § LL jämfört med 3 kap 10 a § LL förklaras ogiltigt.

Enligt LL kan straff ådömas bl a om

1. allmän flygplats inrättas eller drivs utan erforderligt tillstånd (13 kap 7 § LL).
2. luftfartyg framförs med oriktig eller utan nationalitetsbeteckning (13 kap 2 § 2 st LL – jfr not 9 till avsnitt 9.1.3).
3. luftfartyg nyttjas ehuru det saknar miljövärdighetsbevis eller eljest inte är miljövärdigt (13 kap 3 § LL).

Enligt 149 § LK kan straff ådömas den som överträder vad luftfartsverket föreskrivit i fråga om inrättande (av enskild flygplats), underhåll eller drift av flygplats eller försummar den i 64 § LK föreskrivna anmälningsskyldigheten vid bl a inrättande av enskild flygplats. Vidare kan enligt LK straff ifrågakomma dels för den som använder landningsplats som jämlikt 67 § eller med stöd därav utfärdad föreskrift inte får användas för den luftfart varom fråga är och dels för den som överträder landningsförbud enligt 68 § LK (150 § LK). Överträdelse av förordnande enligt 3 § 2 st LK – att luftfartyg under viss del av året inte får ta flygväg inom visst område – liksom av föreskrift utfärdad av luftfartsverket med stöd av 97 § och 99 § 2 st LK är ävenledes straffsanktionerad (13 kap 1 § 2 st LL samt 152 § 2 st och 153 § 1 st LK).

Bland administrativa sanktioner enligt luftfartslagstiftningen kan nämnas att innehavare av tillstånd att anlägga eller driva allmän flygplats, om för verksamheten gällande föreskrifter i väsentlig mån åsidosätts, kan få tillståndet återkallat (6 kap 7 § LL). Vidare skall luftfartsverket återkalla luftfartscertifikat bl a om innehavaren genom upprepade förseelser mot bestämmelserna för luftfarten i väsentlig mån visat bristande vilja eller förmåga att rätta sig efter dessa bestämmelser (38 § LK).

9.2 *Utländska bestämmelser*

I det följande lämnas en mycket schematisk översikt av internationella insatser på flygbullerbekämpningens område samt av utländska regler m m härvidlag. Såvitt gäller emission från flygplan är endast det arbete som bedrivits inom ramen för ICAO och i Förenta staterna av intresse. Redogörelsen härför återfinns i avsnitt 5.4 och 5.5.1.

9.2.1 Planeringslagstiftning m m

Internationellt samarbete i syfte att fastställa handlingslinjer och anvisningar för samhällsplaneringen med avseende på trafikbuller förekommer bl a inom Europarådet och OECD.

Europarådets ministerkommitté har sålunda år 1969 i resolution rekommenderat medlemsstaternas regeringar att bullerstandards beträffande byggnader skall införas. När det gäller bostadsrum m m rekommenderas ljudnivåer mellan 40 och 50 dB(A) under dagen och 30 och 35 dB(A) om natten. Bullernivåerna utomhus inom olika zoner där bostäder förekommer bör inte överskrida 50 till 60 dB(A) under dagtid och 35 till

60 dB(A) under natt. Särskild uppmärksamhet bör ägnas bullernivåerna i skolor, sjukhus och dylika anläggningar.

Inom OECD:s fackorgan har utarbetats en rapport innehållande en bred översikt över bullerförhållandena i industriländerna (Urban traffic noise. Strategy for an Improved Environment). Också samhällsplaneringsproblemen tas upp. Det föreslås att medlemsregeringarna skall rekommenderas att vidta åtskilliga åtgärder inom samhällsplaneringens område. Rekommendationerna är dock relativt allmänt hållna.

När det gäller de olika staterna kan konstateras att intet land synes ha riksomfattande normer för samhällsplaneringen i syfte att reducera buller. Däremot torde normer finnas för vissa större städer, och möjligen för provinser eller för stater i federala statsbildningar.

De metoder som används eller föreslås bli använda i olika stater är bl a "tysta" zoner vid känsliga byggnader, zonindelning med hänsyn till arten av bebyggelse samt angivande av önskvärd högsta ljudnivå i respektive zon eller i bebyggelse inom respektive zon samt skyddszoner efter vägar med större trafik, till vilka zoner man ibland som skydd förlägger mindre bullerkänslig bebyggelse.

9.2.2 Miljöskyddslagstiftning, civilrättsliga regler m m

Den civilrättsliga regleringen av flygbullerproblemen har helt naturligt kommit att gestalta sig olika i olika länder. I åtskilliga länder har också införandet av en koncessionsplikt för bulleralstrande anläggningar – t ex flygplatser – varvid koncessionen samtidigt innebär skydd mot förbudstalan vid domstol, medfört att någon skarp gräns mellan civilrättslig och offentligrättslig reglering inte längre finns. I *England* ger Common Law en rätt för en bullerstörd person att föra talan mot den bullrande om denne varit vårdslös eller brutit mot en lagstadgad aktsamhetsplikt. När det gäller buller såväl från överflygande plan som från flygplats har man emellertid lagstiftningsvägen kraftigt inskränkt möjligheterna att föra talan om förbud mot verksamheten eller om skadestånd. Det har från de engelska myndigheternas sida ansetts att en mera obegränsad rätt för den enskilde att skydda sig härvidlag skulle medföra risk för från allmän synpunkt alltför stora inskränkningar i flygverksamheten. År 1973 har the Land Compensation Act införts. Lagen innehåller dels vissa regler om expropriationsrätt för miljöskydd, dels vissa ersättningsregler och dels regler som bemyndigar vissa myndigheter att låta isolera byggnader mot buller på den bullrandes bekostnad. Därjämte föreligger förslag om införande av en lag angående Protection of the Environment vilken bl a avses ge myndigheterna möjligheter att ingripa mot bullrande anläggningar. Också i *Förenta staterna* utgår man från den engelska Common Law. Vid sidan därav har utbildat sig en lära om strikt ansvar vid särskilt farliga verksamheter. Till sådan verksamhet räknas i vissa stater även flyg. Vidare har i rättspraxis i vissa fall – särskilt där det allmänna är bullerproducent – intensiv överflygning av en fastighet betraktats som expropriation av luftrummet över fastigheten och ersättning på sådan

grund kunnat utdömas. Allmänt torde kunna sägas att de regler som tillämpas i de olika staterna är överensstämmande. Genomgående torde anses att en människa i dagens samhälle får tåla mycket buller utan rätt till ersättning. På miljöskyddslagstiftningens område pågår ett intensivt arbete i Förenta staterna. Bl a strävar man efter att söka utvidga möjligheterna till federal lagstiftning på området. I *Frankrike* anses en ägare ha rätt att utnyttja det ägda i enlighet med egna önskemål så långt detta är möjligt utan att komma i konflikt med andra ägares intressen. Det privaträttsliga betraktelsesättet dominerar alltså. När det gäller luftfart är sålunda huvudprincipen – angiven i Code de l'aviation civile et commerciale – att överflygning av andras fastigheter inte strider mot privatäganderätten annat än om den överflygande överskrider gränserna för markägarens äganderätt. Denna regel utgör grundvalen för en talan mot den som driver en störande flygplats. Vidare innehåller lagen en regel om strikt ansvar för skada som överflygande flygplan förorsakat tredje man på markytan. Dock förutsätts för ersättningsskyldighet att överflygningen varit onormal eller lagstridig. I *Västtyskland* finns privaträttsliga regler om immissioner i Bürgerliches Gesetzbuch. De är infogade i det tyska civilrättsliga systemet och reglerar huvudsakligen i vad mån ägaren av en fastighet är skyldig att tåla intrång och vilka sanktioner han kan utverka vid domstol. Sanktionsformerna är åläggande av skyddsåtgärd, förbud samt förpliktelse att utge ersättning. När det gäller drivande av flygplats fordras emellertid oftast koncession. Har koncession meddelats är det uteslutet att via domstol utverka förbud för verksamheten. Skadestånd kan däremot utgå om störningarna inte är blott oväsentliga och ej heller enligt rådande lokala förhållanden är att betrakta som ortsvanliga. Vid överflygningsskada är ansvaret i princip strikt. I *Danmark* finns bestämmelser i luftfartslagen som ålägger ett luftfartygs ägare strikt ansvar för skada som tillfogas tredje man på markytan. Ansvaret bortfaller dock om den skadelidande medverkat genom grov vårdslöshet. *Norge* och *Finland* saknar skrivna regler i dessa ämnen. Vid överträdelse av givna regler eller eljest vid onormal flygning torde kunna antas att ansvar kan uppkomma enligt culparegeln. När det gäller immissioner saknar *dansk* rätt skrivna lagregler. I domstolspraxis har emellertid fastslagits att den störde kan rikta både förbudstalan och skadeståndstalan mot den som orsakar olägenheter, exempelvis buller som går väsentligen utöver vad som är sedvanligt på orten. I *Norge* finns däremot en grannelov som innehåller bestämmelser om immissioner. Detsamma är förhållandet i *Finland* där immissionsfrågorna regleras i en lag angående vissa grannelagsförhållanden. Båda dessa lagar företer i åtskilliga avseenden likheter med den svenska miljöskyddslagen.

9.2.3 Konstruktionsbestämmelser m m

Vad gäller normer för bulleremission från enskilda flygplan hänvisas helt till framställningen i kapitel 5.

Vid åtskilliga flygplatser förekommer bestämmelser som exempelvis

förbjuder sådana flygplan, som inte uppfyller kraven i Annex 16, att använda flygplatsen under viss del av dygnet. Vid flygplatsen i Frankfurt am Main utlovas ekonomisk kompensation – s k premie – till de flygbolag som bedriver "tyst" trafik på flygplatsen enligt vissa riktlinjer som flygplatsmyndigheten fastställt.

10 Bullrets störningsverkan kring flygplatser – bedömningsmetoder och tillämpningar

10.1 *Bullrets utbredning och störningsverkan kring flygplatser*

10.1.1 Inledning

Man strävar i princip att lägga en trafikflygplats på ett sådant sätt inom det område som den skall betjäna att den kommer på rimligt avstånd från de större orter, för vilka den främst är av betydelse. Eftersom flygtrafiken ger upphov till miljöpåverkan såsom luftföroreningar, buller och störningar på radio- och TV-sändningar, blir lokaliseringsvalet en kompromiss mellan kravet på närhet till befolkningstyngdpunkten och en önskan att skydda befolkningen från störningar från luftfarten. Konflikterna mellan dessa båda krav blir särskilt akuta när en stadsregion växer. Exploateringstrycket från olika bebyggelseintressen på ett – en gång avsett – skyddsområde blir då allt större samtidigt som i allmänhet trafiken i luften ökar i takt med befolkningsökningen och den allmänna levnadsstandardökningen. Denna leder i sin tur till krav på allt större ytor per person för bostäder, rekreation och service, vilket gör att ytterligare ytor behöver avsättas till bebyggelseområden. Härtill kommer att flygplatsen med dess olika aktiviteter ger upphov till ytterligare exploateringsbenägenhet för servicefunktioner och bostäder i dess närhet.

Denna utveckling har medfört att det blivit alltmer angeläget att få fram säkra och samtidigt praktiskt användbara metoder för att beräkna bullrets utbredning och störverkan kring flygplatserna.

Utomlands har olika metoder för att beräkna ett flygbullerstört områdes omfattning kommit till användning i planeringspraxis. De värderingar som härvid kommit till uttryck speglar främst vilken ambition respektive samhälle har att skydda sina medborgare mot bullerstörningar men även den tekniska och ekonomiska utvecklingen i samhället. De skillnader som föreligger mellan olika beräkningsmetoder speglar brister i kunskapsunderlaget vad gäller bullers störeffekt och även ofullständigheter beträffande mät- och beräkningsmetodik. En redogörelse för de vanligast förekommande beräkningsmetoderna har intagits nedan i avsnitt 10.1.6.

Vad gäller Sverige har man alltsedan 1960-talet i planeringspraxis använt en av 1956 års flygbullerutredning utarbetad metod som brukar benämnas kritisk bullergräns.

10.1.2 Kritisk bullergräns

10.1.2.1 1956 års flygbullerutredning

I samband med att jetdrivna flygplanstyper började införas vid våra militära flygplatser under senare hälften av 1940-talet började flygbullret att framstå som ett allt större problem. Detta accentuerades ytterligare när jetplan sattes in i trafiken även på de civila flygplatserna i mitten av 50-talet. Flygplanen krävde större utrymmen vid start och landning och flygmotorerna fick större effekt och blev mer bullrande än vad man kunde förutse då flygplatserna på sin tid anlades – många gånger i allt för stor närhet till tätorterna.

För de samhällsplanerande och hälsovårdande myndigheterna innebar avsaknaden av generella normer eller riktlinjer för bedömning av flygbullrets störande inverkan en stor brist. I syfte att klarlägga denna inverkan och för att åstadkomma effektiva åtgärder mot flygbullret bemyndigade Kungl. Maj:t chefen för försvarsdepartementet att tillkalla sakkunniga för att utreda denna fråga.

Utredningen antog benämningen 1956 års flygbullerutredning, och i direktiven till utredningen sades bl. a. följande.

"Den fortgående utvecklingen på luftfartens område har alltmer aktualiserat frågan om vidtagande av effektiva åtgärder för att undvika eller i varje fall minska olägenheterna av flygbullret. I alldeles särskild grad gör sig dessa olägenheter märkbara invid flygplatserna, de civila såväl som de militära. De närmast berörda myndigheterna ägnar visserligen stor uppmärksamhet åt bullerproblemet, men då normgivande regler saknas, står myndigheterna ofta inför stora svårigheter och har i olika avseenden måst intaga en avvaktande hållning. Då en tillfredsställande lösning av problemet bör söka ernås så snart som möjligt, är det angeläget att frågan nu upptages till särskild behandling. Härvid bör en inventering och bedömning ske av alla de åtgärder, som kan vidtagas för att vid planeringen av såväl flygplatserna som kringliggande bebyggelse eliminera bullerstörningar . . . Det ter sig önskvärt att flygbullrets problem ur hälsovårdssynpunkt blir i erforderlig grad belysta och att gränserna för det tillåtliga flygbullret fastställes . . .

"Utredningen bör utmynna i förslag till åtgärder, som från samhällets sida bör vidtagas i syfte att dels undvika eller i vart fall minska de faktiska olägenheterna av bullret, dels ock reglera sådana rättsförhållanden, som uppstår till följd av icke undvikliga bullerstörningar från flygplan."

Det betänkande – "Flygbuller som samhällsproblem" – som utredningen framlade år 1961 (SOU 1961:25) behandlar, i stora drag, följande.

Efter en inledande orientering om olika slag av flygbuller, deras uppkomst och utbredning samt de tekniska möjligheterna att dämpa bullerkällorna ges en prognos rörande den flygtekniska utvecklingen och dess inverkan på flygbullret under den närmaste tioårsperioden (dvs. 60-talet). Flygbullerproblemet behandlas från medicinska och hygieniska synpunkter. Resultaten av intervjuundersökningar rörande allmänhetens reaktion mot flygbuller framläggs. Efter en redogörelse för buller-

problemets behandling vid samhällsplaneringen i Sverige och vissa andra länder lämnas en beskrivning av bullerförhållandena vid några svenska flygplatser, militära såväl som civila, samt den troliga utvecklingen på något längre sikt för några större trafikflygplatser såsom Arlanda, Torslanda, Bulltofta. Underlagsdelen avslutas med en redogörelse för den rättsliga behandlingen av flygbuller enligt svensk och utländsk rätt.

Därefter lägger utredningen fram förslag till riktlinjer för den sanitära bedömningen av flygbullret. Förslagen är grundade på vad som framkommit rörande flygbullrets fysiska och psykiska skadeverkningar samt resultaten av intervjuundersökningen. Riktlinjerna ansågs av utredningen kunna tjäna till ledning som en lägsta standard vid planering av ny bostadsbebyggelse intill befintliga flygplatser samt vid lokalisering av nya flygplatser och utbyggnad av befintliga sådana.

10.1.2.2 Underlag och bedömningskriterier

De riktlinjer för markutnyttjande runt flygplatser som utredningen föreslog grundade sig som ovan nämnts på medicinska och hygieniska kriterier. Det finns därför i detta sammanhang anledning att något närmare studera vad utredningen förebragt på dessa områden, främst vad gäller intervjuundersökningarna samt synpunkter på tids- och miljöfaktorers inverkan.

Intervjuundersökningarna rörande flygbullerstörningar

Utredningen framhöll att det var sannolikt att bullrets psykiska skadeverkningar till stor del hade sitt ursprung i de psykologiska reaktioner (irritation, aggression, depression) som bullret framkallade hos den enskilde. Det var därför av stor betydelse att genom sociologiskt och psykologiskt korrekt utförda intervjuundersökningar närmare klarlägga hur allmänheten reagerat mot flygbullerstörningar. "En hög frekvens av allvarligt störda individer måste innebära en potentiell risk för uppkomst av psykiska och vegetativa skadeverkningar".

Utredningen ansåg att en relativt omfattande intervjuundersökning, speciellt avpassad för svenska förhållanden, rörande allmänhetens reaktion mot flyg- och trafikbuller borde utföras. Medel kunde emellertid inte anskaffas för en så omfattande undersökning och man utnyttjade i stället en amerikansk opinionsundersökning rörande flygbullerstörningar inom bostadsområden omkring vissa civila flygplatser i USA och kompletterade denna med en begränsad svensk undersökning.

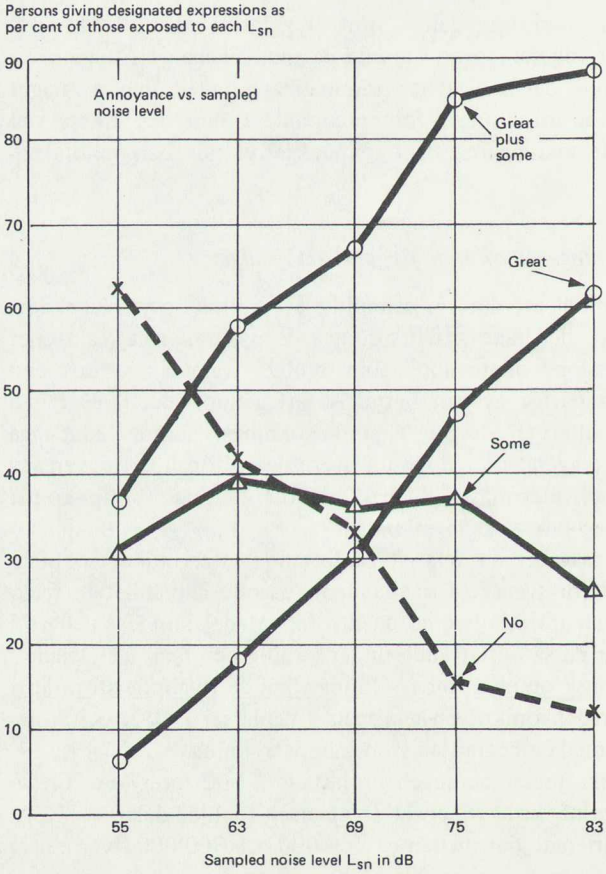
Den amerikanska undersökningen omfattade 3 600 intervjuer, fördelade i omgivningarna kring 8 civila flygplatser i olika delar av USA. Trafiktätheten varierade där mellan ca 100 000 och 300 000 flygrörelser per år och flygplats, motsvarande 275–830 rörelser per medeldygn.

Den svenska undersökningen omfattade endast 150 intervjuer och genomfördes på endast en ort med överflygningar av militära jetplan av en och samma typ (flygplan typ 32 A "Lansen"). Antalet *start*överflygningar uppgick där till ca 3 000 per år, dvs. genomsnittligt ca 8 per dag

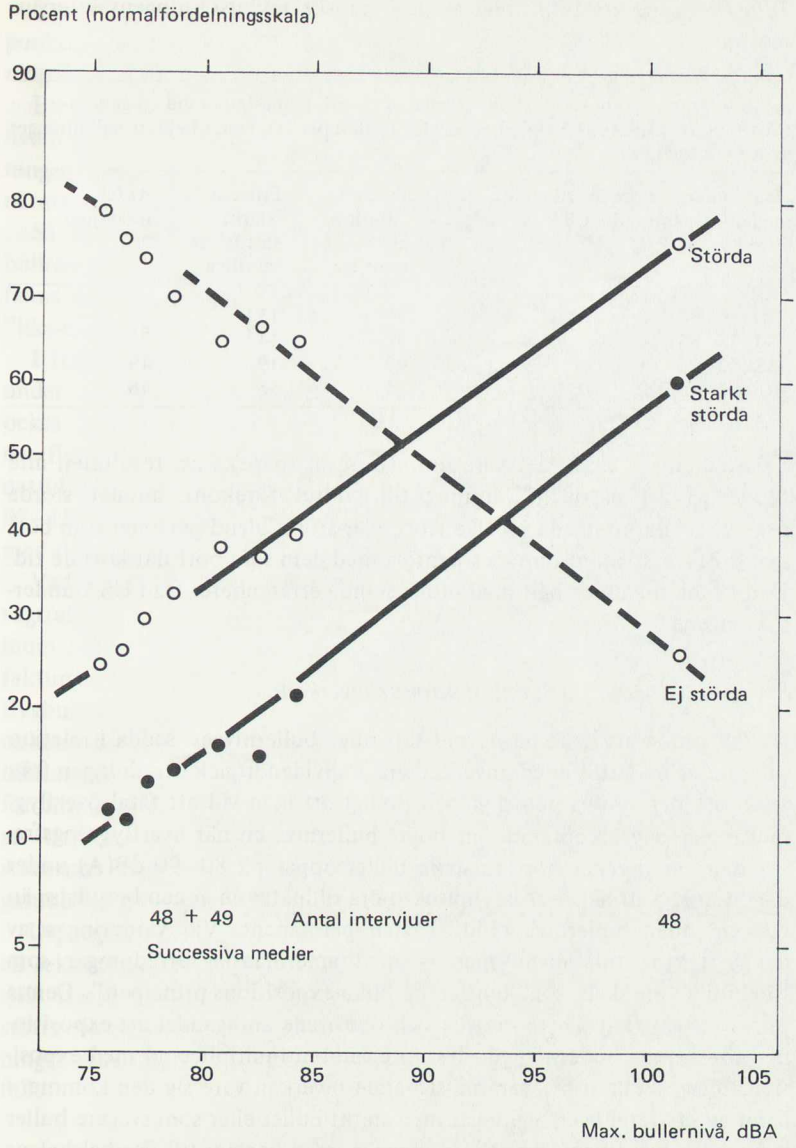
räknat under hela året. De skedde huvudsakligen under dagtid (90 % mellan kl 09 och 18; resterande 10 % mellan kl 18 och 23).

I samtliga avseenden där USA-undersökningarna givit klara utslag gav utredningens undersökning motsvarande resultat. Detta gällde således beträffande den relativa störningskänsligheten av flygbuller i förhållande till ålder, kön, skolutbildning, socialgrupp, buller på arbetsplatsen och boendetid inom området.

Sammanställningar av de båda undersökningarna visas i figurerna 10.1 och 10.2.



Figur 10.1 Den slutliga sammanställningen av resultatet av den omfattande intervjuundersökningen i USA 1954 (3 600 intervjuade personer boende invid 8 större civila flygplatser) i avseende på sambandet mellan subjektiv störgrad ("annoyance") och genomsnittlig bullerstyrka per överflygning ("sampled noise level"). Detta styrkemått får ej numeriskt jämföras med ljudnivån i dBA.)



Figur 10.2 Slutlig sammanställning av resultatet av den svenska intervjuundersökningen (1958) i avseende på sambandet mellan den procentuella andelen "störda" resp. "starkt störda" personer (boende under utflygningsriktningen från ett militärt flygfält) och den högsta (utomhus-) ljudnivån i dBA, som varje överflygning genomsnittligt åstadkom inom respektive bostadsområde.

Gruppen "starkt störda" ingår i den större gruppen "störda". Antalet startöverflygningar uppgick till i medeltal 8 per dygn (ca 3 000 per år), varav över 90 % skedde under dagtid (kl. 09–18) och resten under kvällstid (efter kl. 18 men före kl. 23). Antalet för denna helhetsbedömning användbara intervjuer av de totalt 150 intervjuade personerna anges nedtill i diagrammet. De "raka kurvorna" i normalfördelningsdiagrammet tyder på att statistisk normalfördelning föreligger.

Tabell 10.1 Sammanfattning av den svenska undersökningens intervjuresultat

Procent 'störda' respektive 'starkt störda' av överflygningsbuller vid en genomsnittlig startfrekvens av 8 flygplan per dag (3 000 per år), enligt helhetsbedömningen av varje intervju

Max. bullernivå per överflygning medelvärde (område) dBA	Procent 'störda' av samtliga	Procent 'starkt störda' av samtliga	Antal intervjuer
70 (70–80)	23	11	48
80 (75–85)	32	14	
85 (80–90)	42	19	49
102 (90–105)	75	58	48

Utredningen ansåg det vara av intresse att påpeka att resultaten inte tydde på att någon tillvänjning till bullret förekom; antalet störda respektive starkt störda var lika stort eller större bland personer som bott mer än fyra år inom området jämfört med dem som bott där kortare tid. Detta överensstämde helt med motsvarande erfarenheter från USA-undersökningen.

Synpunkter på tids- och miljöfaktorers inverkan

Då det gällde att bedöma på vad sätt höga bullernivåer, sedda i relation till antalet bullertillfällen, inverkade på individen utgick utredningen från tesen att det syntes naturligt och rimligt att man vid ett fåtal överflygningar per dag accepterade en högre bullernivå än när överflygningsfrekvensen var mycket hög. Enstaka bullertoppar på 80–90 dB(A) under dagtid ansågs ur hälsovårdssynpunkt böra tillmätas en annan betydelse än om en sådan bullernivå rådde nästan permanent. Vid värderingen av denna faktor tillämpade man – med amerikanska utredningar som förebild – en skala som bygger på "lika-expositions-principen". Denna princip utgår från det teoretiska och obevisade antagandet att expositionen för samma bullermängd, dvs. intensiteten multiplicerad med expositionstiden, skulle utöva samma störande inverkan vare sig den kommer i form av ett fåtal överflygningar med starkt buller eller som svagare buller vid många överflygningar. Detta innebär, med hänsyn till decibelskalans logaritmiska konstruktion, att den genomsnittliga bullernivån per passerande plan måste sänkas med 3 dB om överflygningsfrekvensen fördubblas, med 5 dB om den tredubblas, med 10 dB om den tiodubblas etc. (Samma resonemang ligger bakom värdering av tidsfaktorn – den dagliga expositionstiden – i fråga om gränsvärden för hörselskadande buller.) Utredningen ansåg att det från allmän biologisk och sinnesfysiologisk synpunkt inte fanns någon teoretiskt motiverad grund för denna princip, särskilt om den tillämpades även i extremfall, men framhöll att de praktiska erfarenheterna därav enligt vissa amerikanska undersökningar ändock torde vara tämligen tillfredsställande för bedömningen av störande buller.

Utredningen kom alltså till slutsatsen att man från hygieniska synpunkter tills vidare kunde godta denna hypotes för värdering av överflygningsfrekvensens inverkan.

Ett liknande resonemang kunde föras kring inverkan av bullervaraktigheten per överflygning, men utredningen ansåg att ytterligare undersökningar och erfarenheter borde inväntas, innan det fanns möjligheter till närmare ställningstagande.

Så var även fallet i fråga om inverkan av buller från olika starkt bullrande flygplan. Utredningen ansåg dock att det åtminstone teoretiskt fanns en möjlighet att definiera den sammanlagda bullerexpositionen ur "lika-expositions-principen".[1]

I fråga om den skärpning av "tillåtlig bullerstyrka", som borde råda under kvällstid och nattid i förhållande till dagtid, utgick utredningen också från erfarenheter från USA. Dessa tydde på att bullerstyrkan per överflygning under kvällstid (kl 18–23) borde ligga 5 dB och under nattid (kl 23–07) 10 dB under vad som kunde tolereras om dagen (kl 07–18). Från störningssynpunkt skulle alltså en nattstart vara likvärdig med tio dagstarter och en kvällsstart lika med tre dagstarter.

Vad slutligen beträffar bakgrundsbullret – huvudsakligen buller från vägtrafiken – konstaterade utredningen att det visserligen fanns områden inom större samhällen som var mera bullrande än andra, men att detta faktum inte fick tas som intäkt för att inom dessa områden tillåta högre flygbullerstyrkor. Ett sådant synsätt kunde lätt leda till ett farligt cirkelresonemang: ju högre buller som redan finns, desto mer kunde tillåtas. Därför borde principiellt samma gränsvärden för buller tillämpas för alla samhällsområden som i väsentlig grad bestod av bostadsbebyggelse. Utredningen påpekade i detta sammanhang att det inom de större städernas cityområden fanns delar som var relativt förskonade från gatubuller men där flygbullret slog ned med oförminskad styrka.

Utpräglade industriområden borde däremot undantas från varje officiell rekommendation beträffande högsta tillåtna flygbullerstyrka. En i sig själv starkt bulleralstrande industri eller liknande verksamhet borde utan större ökning av det totala bullret kunna utsättas för starkare överflygningsbuller. Dock rekommenderades att en prövning skedde från fall till fall.

10.1.2.3 Kritisk bullergräns – SED frekvens

På basis av de ovan refererade medicinska och hygieniska undersökningarna konstaterade utredningen att återkommande överflygningsbuller av viss styrka på olika sätt kunde ge upphov till fysiska och psykiska skadeverkningar och därmed utgöra en *sanitär olägenhet* i hälsovårdsstadgans mening.

Vid måttlig eller låg överflygningsfrekvens torde bullernivåer på ca 75 dB(A) anses tolerabelt av flertalet människor. Vid mer än 90 dB(A) var praktiskt taget varje form av samtal omöjliggjort och de psykiska och kroppsliga effekterna på den inför bullret oförberedda människan starkt markerade. Inte ens enstaka kortvariga buller borde därför få överskrida

[1] Vid tillämpningen av utredningens föreslagna riktlinjer har man aldrig ifrågasatt denna metod att addera buller från olika starkt bullrande plantyper. Ofta har man använt datatekniken för dessa många gånger ganska komplicerade adderingar.

denna gräns.

Beträffande de sömnstörande verkningarna ansåg utredningen att ett oväntat och oförutsett buller utomhus överstigande ca 65 dB(A) – vilket normalt skulle motsvara 35 dB(A) inomhus – skulle medföra att ett ej obetydligt antal personer skulle väckas eller få sin sömn störd. Dock kunde en något högre styrka få lov att accepteras från samhällssynpunkt, om antalet och varaktigheten av bullerstörningarna var ringa.

Utredningen ansåg att den företagna intervjuundersökningen rörande allmänhetens reaktion mot flygbuller gav ytterligare material för en närmare fixering av en högsta gräns – en *kritisk bullergräns* – under vilken buller från samhällelig och sanitär synpunkt skulle få anses tolerabelt men över vilken en med bullerstyrkan tilltagande risk inträdde för att sanitära olägenheter i hälsovårdsstadgans mening skulle uppkomma. Av tabell 10.1 framgår att vid genomsnittligt ca 8 startöverflygningar per dag under dagtid uppfattades bullret som starkt störande av ca 10 % av den bosatta befolkningen när bullerstyrkan inom området uppgick till 70 à 75 dB(A) per överflygning. Vid 85 dB(A) utgjorde andelen starkt störda 20 % och inom ett område med mellan 90 och 105 dB(A) var samma andel ca 60 %.

Till gruppen "starkt störda" hänfördes endast de som gav spontana och/eller kvalificerade klagomål över bullret samt angav att de själva ofta eller mycket ofta stördes därav.

Med stöd av vad som redovisats i betänkandet rörande flygbullrets fysiska och psykiska skadeverkningar samt resultaten av intervjuundersökningen gjorde utredningen den bedömningen att den kritiska bullergränsen borde sättas vid den bullernivå, som vid olika överflygningsfrekvenser motsvarade ca 20 % starkt störda av befolkningen.

Den kritiska bullergränsen vid en överflygningsfrekvens av 8 per dag skulle då för dagtid (kl. 07–18) sättas vid 85 dB(A). Anpassningen av den kritiska bullergränsen efter olika överflygningsfrekvenser borde ske enligt principen om lika exposition, vilket skulle innebära att den kritiska gränsen vid exempelvis en minskning av antalet överflygningar till 1/10 kunde sättas vid 10 dB(A) högre värde. Om å andra sidan antalet överflygningar tiodubblades skulle det kritiska gränsvärdet sänkas med 10 dB(A), vid en tredubbling med 5 dB(A) etc.

Om överflygningsbullret inträffade under nattid (kl 23–07), borde den kritiska gränsen sättas vid ett värde som med 10 dB(A) underskred vad som vid samma överflygningsfrekvens skulle tolereras under dagtid. För kvällstid borde motsvarande skärpning vara 5 dB(A). Enligt principen om lika exposition kan detta, som ovan framhållits, även uttryckas så att en start under nattid får anses vara lika störande som 10 starter under dagtid och en start under kvällstid lika störande som 3 dagstarter.

Med ett sådant betraktelsesätt kunde man komma fram till en värdering av den samlade bullerexpositionen under hela dygnet för ett för överflygningar utsatt område genom att beräkna det "störningsekvivalenta" antalet dagstarter på följande sätt:

antalet dagstarter + 3 x antalet kvällsstarter + 10 x antalet nattstarter.

Detta till *s*törnings-*e*kvivalenta *d*agsfrekvensen korrigerade värde på

Tabell 10.2 Riktvärden för kritisk bullerstyrka vid överflygningar över bostadsområden

SED-frekvens[a] per år	Kritisk bullergräns dB (A)
150– 500	95
500– 1 500	90
1 500– 5 000	85
5 000–15 000	80
15 000–50 000	75

[a] Beräknas enligt ekvationen SED-frekvens = DS + 3 KS + 10 NS där DS = antal starter under dagtid (07–18), KS = d:o under kvällstid (18–23) och NS = d:o under nattid (23–07).

antalet överflygningar fick benämningen SED-frekvensen. I tabell 10.2 anges riktvärdena för gränsdragningen mellan tolerabelt och kritiskt buller inom bostadsområden, omräknat till SED-frekvens.

Gruppindelningen av överflygningsfrekvenserna borde enligt utredningen inte ske med större noggrannhet än 5 dB(A).

Utredningen ansåg att det som regel torde vara berättigat att bortse från buller vid landningar. Undantag utgjorde sådana fall där en bana eller banriktning endast användes för landningar, varvid bullret bedömdes enligt samma principer som startbullret beträffande frekvens, tidpunkt och kritisk bullergräns.[1]

För särskilt bullerkänsliga anläggningar, såsom sjukhus, vårdanstalter, skolor, borde kravet på bullergränserna skärpas med 10 dB(A).

10.1.3 Den skandinaviska flygbullerundersökningen 1972

Trafikbullerutredningen har under sitt arbete funnit önskvärt att få till stånd ett mera ingående studium av sambandet mellan bullerexponering och störning. På uppdrag av trafikbullerutredningen utförde omgivningshygieniska avdelningen vid statens naturvårdsverk därför under åren 1970–72 en undersökning av störningsreaktioner bland befolkningen runt olika flygplatser i Skandinavien. Undersökningen omfattade flygplatserna Torslanda, Bulltofta, Fornebu, Kastrup och Billund. Dessutom utfördes specialstudier runt flygplatserna Bromma, Visby och Linköping (SAAB:s flygfält).

Undersökningens huvudsyfte var som nämnts att studera störningsreaktioner till följd av flygbullerexponering. Den lades upp så att betydelsen av antalet överflygningar och bullernivå för störningar av människor som bor i närheten av flygplatser kunde belysas. Undersökningsområden runt en flygplats fastställdes med hjälp av s k standardbullermattor, dvs bullermattor för genomsnittlig maximal bullernivå i dB(A) för de olika flygplanstyper som trafikerade flygplatsen. Undersökningsområdena valdes främst i sådana bostadsområden där de dominerande flygplanstyperna gav samma bullernivå. I undersökningsområdena utfördes intervjuundersökningar med medicinsk-hygienisk inrikt-

[1] I praktiken torde – i varje fall för de civila flygplatserna – landningsbullret alltid ha medräknats vid bestämning av den slutliga kritiska bullergränsen.

ning. Sammanlagt gjordes 2 800 intervjuer inom 21 områden.

Här nedan redovisas sammanfattande undersökningens resultat. Rapporten rörande undersökningen återges i *bilaga G.*

10.1.3.1 Analys av störningsreaktionen

Man fann i undersökningen efter analys av olika uttryck för störningsreaktioner att dessa enklast kunde beskrivas med hjälp av det kvalitativa svaret på frågan "Hur mycket störs Ni av flygbuller?" (inte störd, inte särskilt mycket störd, ganska mycket störd, mycket störd). På grundval av i intervjuformuläret ingående frågor rörande aktivitetsstörningar, attityder etc kan också mera komplicerade störningsindex utarbetas. Man fann dock att användandet av mer komplexa index som uttryck för störningsreaktionen inte ökade precisionen i vad avser bedömningen av störningsutbredning i en befolkningsgrupp. Man använde därför det enkla störningsmåttet. Beträffande olika grader av störningar visade undersökningen att det gravaste uttrycket för störning, "mycket störd", var bäst relaterat till expositionen och därmed i mindre mån än andra störningsgrader påverkat av faktorer som inte hade med själva exponeringen för flygbuller att göra. De olika störningsgraderna var dock alltid korrelerade till varandra. I den analys som återges här nedan används störningsgraden "mycket störd" räknad i procent av den undersökta gruppen som mått på störningsutbredningen.

10.1.3.2 Samband mellan bullerexponering och störning

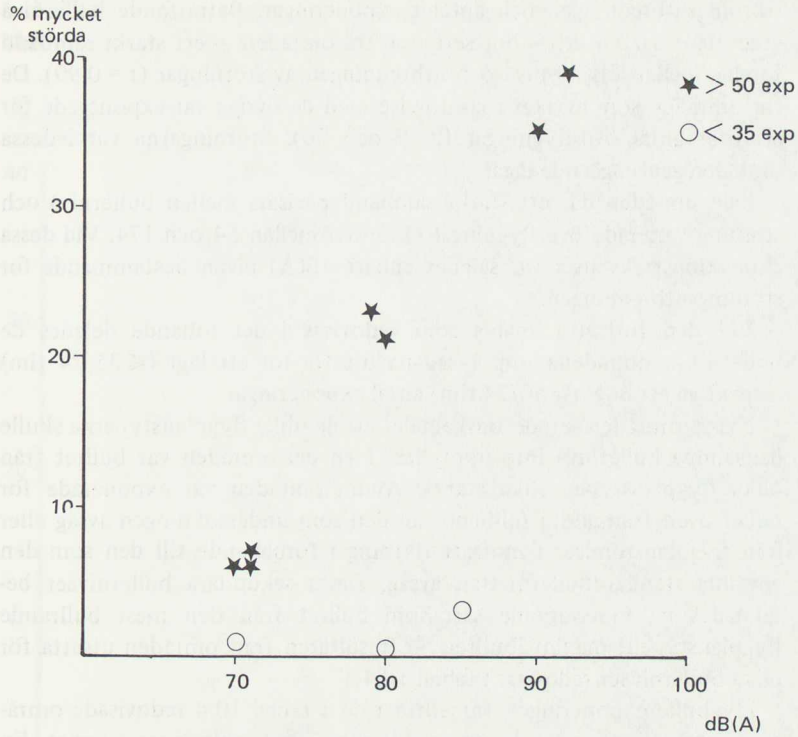
I tabell 10.3 redovisas antalet flygbullerexponeringar per dygn och andelen mycket störda för undersökningsområden med olika genomsnittliga maximala bullernivåer i dB(A).

Tabell 10.3 Antal flygbullerexponeringar per dygn och andel mycket störda i undersökningsområden med olika genomsnittliga maximala bullernivåer

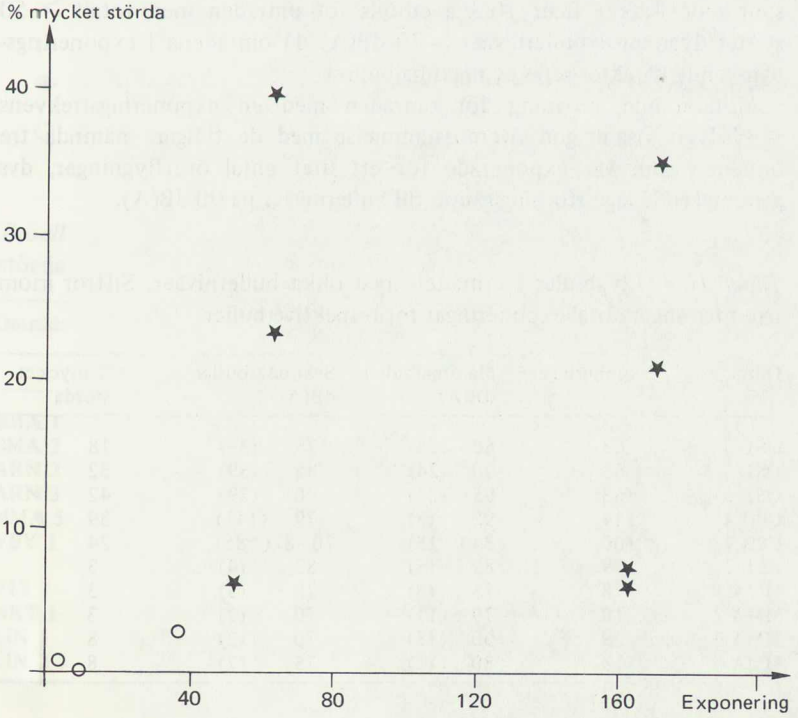
Område	Exponering	Maximalbuller dB(A)	% mycket störda
OSL 1	54	70	6
OSL 2	63	79	23
OSL 4	63	92	39
CPH 1	2	70	1
CPH 2	163	71	7
CPH 3	163	71	6
CPH 5	174	90	35
CPH 6	174	80	21
GOT 1	36	85	3
BLL 1	9	80	0

Anm. Följande beteckningar för områden används i tabellerna: OSL = Fornebu, CPH = Kastrup, GOT = Torslanda, BLL = Billund, MMA = Bulltofta, BMA = Bromma, ARN = Arlanda, VBY = Visby, F 13 = Norrköping, NRT = Norrtälje, LIN = Linköping.

Sålunda framkomna värden illustreras i figur 10.3 a och b.



Figur 10.3 a Sambandet mellan störningsutbredning och bullernivå för områden exponerade för >50 och för <35 överflygningar/24 timmar.



Figur 10.3 b Sambandet mellan störningsutbredning och exponering, uttryckt som antalet exponeringar/24 timmar, för samma områden som i figur 10.3 a.

Som framgår av figur 10.3 b förelåg inte något klart samband mellan störningsutbredningen och antalet exponeringar. Beträffande bullernivå visar figur 10.3 a att – bortsett från tre områden – ett starkt samband förelåg mellan dB(A) nivå och utbredningen av störningar (r = 0,99). De tre områden som avviker i jämförelse med de övriga var exponerade för ett litet antal överflygningar (2, 9 och 36). Störningarna var i dessa områden genomgående låga.

I de områden där ett starkt samband påvisats mellan bullernivå och störning varierade överflygningsfrekvensen mellan 54 och 174. Vid dessa expositionsfrekvenser var således enbart dB(A) nivån bestämmande för störningsutbredningen.

Vid den fortsatta analys som redovisas i det följande delades de undersökta områdena upp i sådana utsatta för ett lågt (⩽ 35/24 tim) respektive ett högt (⩾ 50/24 tim) antal exponeringar.

I vissa områden kunde önskemålet att de olika flygplanstyperna skulle ha samma bullernivå inte uppfyllas. I en del områden var bullret från olika flygplanstyper olika starkt. Andra områden var exponerade för buller även från andra rullbanor än den som undersökningen avsåg eller från flygplansrörelser i motsatt riktning i förhållande till den som den använda standardbullermattan avsåg. Dessa sekundära bullernivåer beräknades på motsvarande sätt som bullret från den mest bullrande flygplanstypen, maximalbullret. – Resultaten från områden utsatta för olika bullernivåer redovisas i tabell 10.4.

Flygbullerexponeringen var alltså i de i tabell 10.4 redovisade områdena inte sammansatt på samma sätt som i undersökningen i övrigt. En prövning visade att den bästa anpassningen till det doseffekt-samband som redovisats i figur 10.3 a erhölls för områden med totalt ⩾ 50 starter/dygn med bullernivåer ⩾ 70 dB(A) då områdena i exponeringshänseende karakteriseras av maximalbullret.

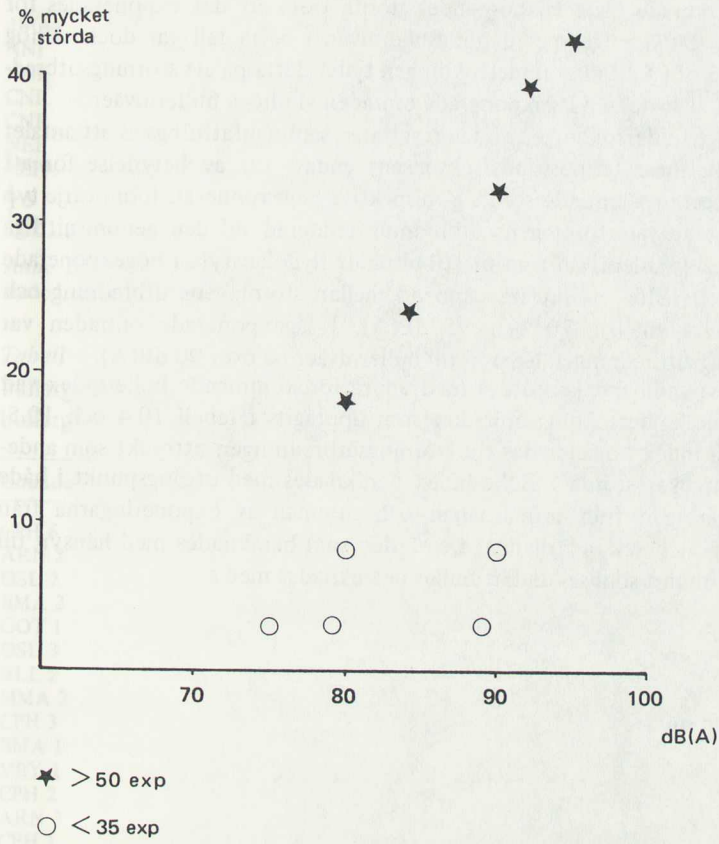
Motsvarande prövning för områden med en exponeringsfrekvens ⩽ 35/dygn visade god överensstämmelse med de tidigare nämnda tre områden som var exponerade för ett litet antal överflygningar, dvs genomgående låga störningar upp till bullernivåer på 90 dB(A).

Tabell 10.4 Flygbuller i områden med olika bullernivåer. Siffror inom parentes anger antal exponeringar för respektive buller

Område	Exponeringar	Maximalbuller dB(A)	Sekundärbuller dB(A)	% mycket störda
OSL 3	63	80 (24)	75 (39)	18
OSL 5	63	90 (24)	85 (39)	32
OSL 6	63	95 (24)	70 (39)	42
CPH 4	144	92 (3)	79 (141)	39
CPH 7	~100	84 (~15)	70–87 (~85)	24
BLL 2	9	89 (5)	82 (4)	3
MMA 1	8	75 (3)	70 (5)	3
MMA 2	18	79 (11)	70 (7)	3
MMA 3	29	90 (17)	70 (12)	8
MMA 6	18	80 (11)	75 (7)	8

I tabell 10.4 redovisade värden illustreras i figur 10.4.

Vidare studerades områden, där speciella expositionskarakteristika rådde. Resultaten från dessa områden redovisas i tabell 10.5.



Figur 10.4 Samband mellan störningsutbredning och bullernivå för områden utsatta för olika bullernivåer.

Tabell 10.5 Antal flygbullerexponeringar per dygn och andel mycket störda i undersökningsområden med speciella expositionskarakteristika.

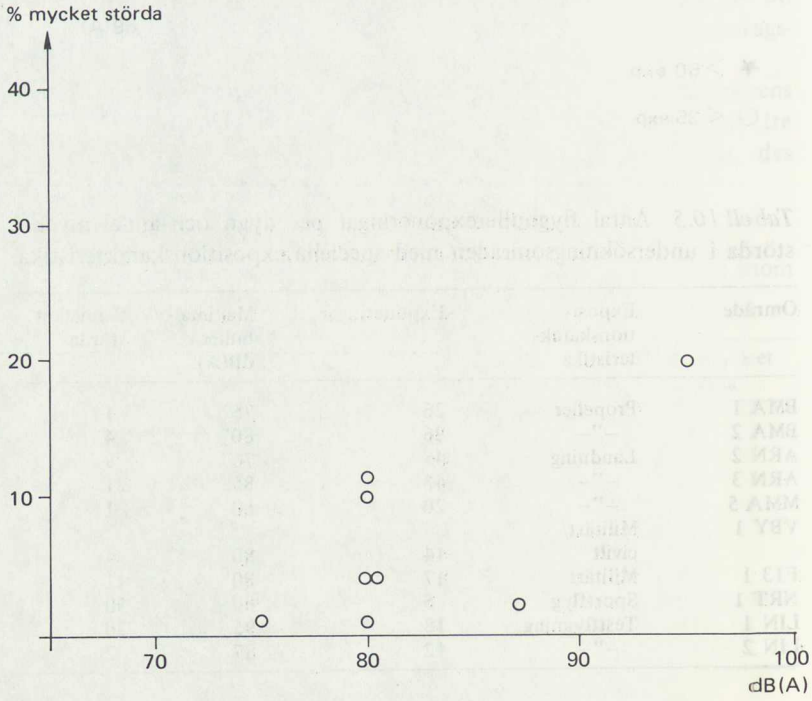
Område	Expositionskarakteristika	Exponeringar	Maximalbuller dB(A)	% mycket störda
BMA 1	Propeller	26	75	1
BMA 2	–"–	26	80	4
ARN 2	Landning	45	76	9
ARN 3	–"–	45	85	21
MMA 5	–"–	20	80	1
VBY 1	Militärt/civilt	14	80	4
F13 1	Militärt	17	80	11
NRT 1	Sportflyg	5	80	10
LIN 1	Testflygning	18	95	20
LIN 2	–"–	12	87	2

Doseffektmönstret i resultaten från de lågexponerade områden som medtagits i tabell 10.5 jämfördes med doseffektmönstret i de tidigare redovisade resultaten, varvid framkom att överensstämmelse i stort sett förelåg. Detta illustreras i figur 10.5.

Ett område hade en hög andel störda trots att det exponerades för ≤ 35 överflygningar per dygn. Bullernivån i detta fall var dock så hög som 95 dB(A). Enligt undersökningen tyder detta på att störningsutbredningen ökar också i lågexponerade områden vid höga bullernivåer.

Enligt undersökningen visade resultaten sammanfattningsvis att antalet överflygningar (expositionsfrekvensen) endast var av betydelse för att klassificera ett område som låg- respektive högexponerat. Inom varje typ av område var störningens utbredning relaterad till den genomsnittliga maximala bullernivån från mest bullrande flygplanstyp. I högexponerade områden rådde ett lineärt samband mellan störningens utbredning och bullernivå mellan 70 och 95 dB(A). I lågexponerade områden var störningsutbredningen låg upp till bullernivåer på över 90 dB(A).

Dessa samband jämfördes med andra förekommande bullerindex vad avser de undersökningsområden som upptagits i tabell 10.4 och 10.5. Sådana index korrelerades till störningsutbredningen uttryckt som andelen "mycket störda". Bullerindex beräknades med utgångspunkt i både exponeringen från primärbanan och summan av exponeringarna från primär- och sekundärbanan. De värden som beräknades med hänsyn till såväl primärt som sekundärt buller betecknades med s.



Figur 10.5 Doseffektmönstret för de lågexponerade områden som redovisas i tabell 10.5.

Tabell 10.6 Korrelationen (r_{xy}) mellan olika bullerindex och störningsutbredning (mycket störd)

Exponeringsindex	Samtliga områden	⩾50 exponeringar/dygn
dB(A)	0.69	0.99
NNI	0.63	0.75
NNI_S	0.75	0.80
CNR	0.68	0.87
CNR_S	0.68	0.90
NEF	0.69	0.88
L_{EPN}	0.69	0.86
L_A	0.81	0.90
L_{As}	0.82	0.91

Anm: Beräkningarna av L_A och L_{As} har utförts med en i USA använd schablonmetod med icke variabel varaktighet hos bullret från enskild flygrörelse.

Tabell 10.7 Undersökningsområdenas belägenhet i förhållande till kritisk bullergräns uttryckt som det antal dB(A) som området ligger från kritisk bullergräns. + innanför, – utanför kritisk bullergräns

Område	dB(A)	% mycket störda
CPH 6	+ 10	21
ARN 2	+ 7	21
OSL 2	+ 5	23
BMA 2	+ 5	4
GOT 1	+ 4	3
OSL 3	+ 2	18
BLL 2	+ 2	3
MMA 2	0	3
CPH 3	0	6
BMA 1	0	1
VBY 1	0	4
CPH 2	– 2	7
ARN 3	– 2	9
CPH 1	– 5	1
BLL 1	– 6	0

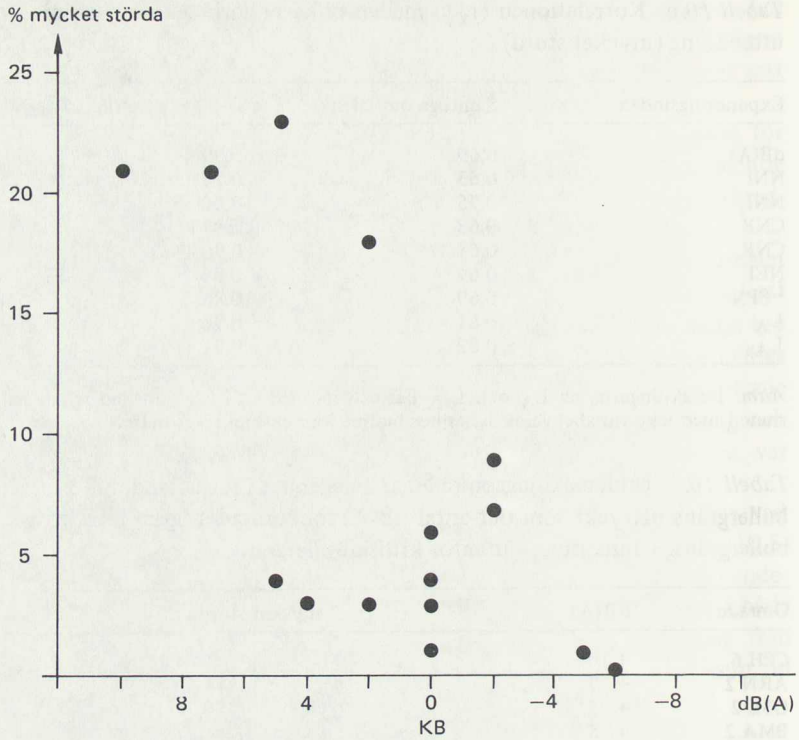
Undersökningen kom till att korrelationskoefficienten mellan andelen mycket störda och andra förekommande bullerindex såsom framgår av tabell 10.6 varierar mellan 0,63 och 0,82.

Undersökningen konstaterade vidare att man för områden utsatta för ⩾ 50 exponeringar/dygn erhöll väsentligt högre korrelation för sambandet mellan störningsgrad och genomsnittlig maximalnivå i dB(A) än för övriga index. För dessa områden ökade visserligen också korrelationen beträffande sådana andra index men den översteg aldrig 0,91.

För vissa undersökningsområden gjordes en jämförelse mellan rådande genomsnittliga maximala bullernivå och kritisk bullergräns. Skillnaderna redovisas i tabell 10.7.

De framkomna värdena illustreras i figur 10.6.

Undersökningen fann att sambandet mellan kritisk bullergräns och störningsutbredning såsom framgår av figuren var dåligt. Sålunda fann



man att andelen "mycket störda" vid eller strax utanför kritisk bullergräns varierade mellan 3 och 17 %. Såsom också framgår av figuren låg andelen "mycket störda" vid kritisk flygbullergräns i regel väl under 10 %.

10.1.3.3 Reanalyser av utländska undersökningar

Av de redovisade resultaten fann undersökningen det framgå att bullerindex baserade på likaenergiprincipen inte optimalt uttryckte sambandet mellan flygbullerexponering och störningsutbredning. Med hänsyn till konsekvenserna av att i stället som underlag för bullerkontrollerande åtgärder använda sig av maximala bullernivåer ansågs det angeläget att pröva de nya principerna genom att i första hand utföra reanalyser av tidigare utförda undersökningar. Sådana reanalyser har utförts beträffande en fransk, en holländsk och en japansk undersökning. Trots vissa skillnader i undersökningsmetodik kunde en jämförelse göras. Man ansåg sig härvid kunna konstatera samma typ av reaktionsmönster i alla tre undersökningarna. I en undersökning rörande Heathrowflygplatsen utanför London konstaterade man också, att i områden där bullernivån från enskild överflygning varit konstant, men där antalet överflygningar ökat med nästan en faktor 2 sedan en tidigare undersökning, ingen ökning i störningsreaktion hade skett.

Figur 10.6 Undersökningsområdenas belägenhet i förhållande till kritisk bullergräns uttryckt som det antal dB(A) som området ligger från kritisk bullergräns.

10.1.4 Flygbullernivåmetoden (FBN-metoden)

10.1.4.1 Beskrivning av metoden

En metod för beräkning av flygbullernivå runt en flygplats, som tagits fram i samband med trafikbullerutredningens arbete, är den s k *flygbullernivåmetoden (FBN-metoden).* Denna metod bygger på följande komponenter.

1. Den fysikaliskt angivna styrkan hos bullret uttryckt i storheten *ljudnivå* med enheten *dB(A).*

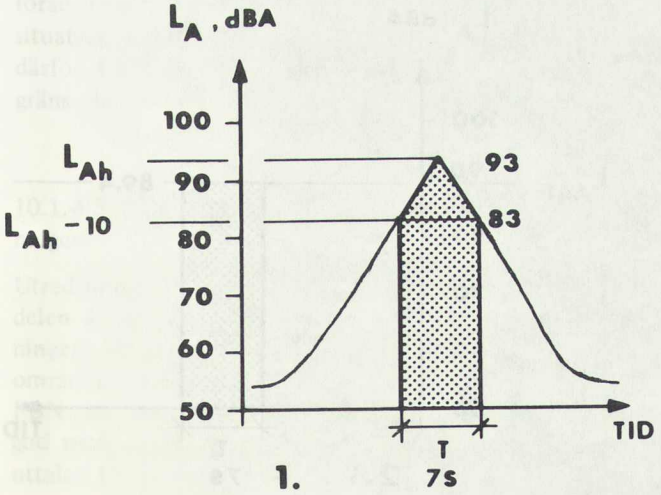
   Avgörande för valet av ljudnivå uttryckt i dB(A) har varit att den förenar enkelhet vid mätningen med noggrannhet vid bedömningen av bullerstörningen.
2. Den i tiden varierande ljudnivån uttryckt som *ekvivalentnivå,* L_{Aq}.

   Ekvivalentnivån är den konstanta ljudnivå som under en betraktad tidsperiod ger samma ljudenergi som den varierande ljudnivån.
3. Den i dB(A) uttryckta ekvivalentnivån viktad för olika tider på dygnet för att särskilja dag-, kvälls- och nattperiod.

Med tillämpning av FBN-metoden är det möjligt att, med kännedom om bulleravgivningen från de i flygtrafiken ingående flygplanstyperna, deras flygvägar, antalet flygrörelser utefter olika flygvägar samt rörelsernas fördelning på dygnets timmar, beräkna ett fysikaliskt mått på flygbullret.

En utförlig redogörelse för FBN-metoden lämnas i *bilaga F.* Här ges därför endast en kortfattad beskrivning av metoden.

Då ett flygplan under start eller landning passerar en punkt på markytan kommer det buller som registreras i punkten att variera i styrka. Om bullrets fysikaliska styrka anges med ljudnivå, L_A, kan förloppet återges grafiskt på sätt framgår av figur 10.7.



Figur 10.7 Schematisk beskrivning av bullerförloppet.

Från en bakgrundsnivå på platsen, bestämd av andra bullerstörningar, t ex vägtrafik, ökar ljudnivån till ett värde, *högsta ljudnivå*, L_{Ah}, för att därefter åter avta ned till bakgrundsnivån. Av betydelse för störningsupplevelsen av bullret är icke blott högsta ljudnivå utan även den tid bullret varar. Ett sätt att ange denna tid är att mäta hur länge bullret överstiger bakgrundsnivån. Därmed kommer emellertid tiden att bli beroende av den bakgrundsnivå som för tillfället råder på mätstället. Ett annat och bättre sätt är att ange hur länge bullret varar vid en nivå som ligger 10 dB under högsta ljudnivå. Denna tid benämns *varaktigheten* och betecknas T. Varaktigheten blir därmed oberoende av bakgrundsnivån på platsen i fråga.

Den konstanta ljudnivå som under tiden T ger samma ljudenergi, samma bullerdos, som förloppet enligt figur 10.7, kallas den *ekvivalenta ljudnivån för tiden T* och betecknas L_{AqT}. Den kan fysikaliskt visas vara

$$L_{AqT} = L_{Ah} - 3{,}6 \text{ dB(A)}$$

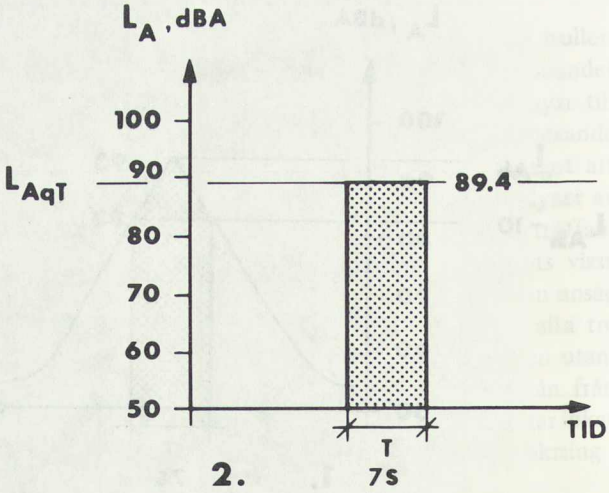
om förloppet antas beskrivet av en triangel med höjden L_{Ah} och basen T. Detta villkor har visat sig vara uppfyllt med god noggrannhet i de allra flesta praktiska fall. Grafiskt återges L_{AqT} för det med figur 10.7 avsedda fallet i figur 10.8.

L_{AqT} och T beskriver alltså den bullerdos som flygplanshändelsen åstadkommer. Dosen är fördelad på tiden T men kan fördelas på godtycklig tidslängd.[1]

Bullerdoser för flygplanshändelsen framräknas för olika punkter på marken och anges i den ekvivalentnivå som i genomsnitt uppnås under en given tidsperiod. Vanligtvis väljs en timme. Punkter med samma ekvivalentnivå kan sammanbindas till kurvor, vilka kommer att utgöra begränsningslinjer för s k dosbullermattor för respektive flygplanshändelse.

Har man inte tillgång till dosbullermattor uppmätta på nyss angivet

[1] Här föreligger en skillnad mellan kritisk bullergräns och ekvivalentnivå. Kritisk bullergräns baseras på den högsta ljudnivån, L_{Ah} – i det med figur 10.7 visade exemplet 93 dB(A) – under det att ekvivalentnivån är den konstanta ljudnivå som under en viss tid, T – i nyssnämnda exempel 7 sekunder – ger samma ljudenergi som den under tiden T varierande ljudnivån.



Figur 10.8 Omräkning till ekvivalentnivå för varaktigheten T.

sätt, kan man erhålla approximativa dosbullermattor genom att utgå från s k standardbullermattor, som anger genomsnittlig högsta ljudnivå i dB(A) vid viss flygplanshändelse. Varaktigheten kan då beräknas enligt en schablonmetod, vilken beskrivs i bilaga F.

Då dosbullermattorna för de olika plantyperna och de olika flygrörelserna föreligger för en flygplats kan flygbullernivån FBN för ett dygn för flygplatsen beräknas med ledning av uppgifter på antalet flygrörelser av olika slag med de olika förekommande flygplanstyperna och rörelsernas fördelning över dygnet. Härvid viktas flygrörelser under natten med en faktor 10 och flygrörelser under kvällen med en faktor 3.

Om beräkningarna skall göras noggranna, krävs ett omfattande räknearbete, vilket som regel fordrar databehandling. En approximativ beräkning kan dock göras för hand utan alltför mycket arbete, särskilt i de fall då någon eller några flygplanstyper dominerar. Mindre ofta förekommande flygplanstyper påverkar då resultaten så litet att deras inverkan kan försummas i en första approximativ beräkning. Se härom närmare i bilaga F.

10.1.4.2 Jämförelse mellan flygbullernivå FBN och kritisk bullergräns

De beräkningar som utredningen låtit utföra visar att FBN 55 dB(A) ungefär motsvarar kritisk bullergräns. Det förhållandet att varaktigheten hos enskild överflygning inverkar på flygbullernivån FBN men inte på kritisk bullergräns medför emellertid att inget direkt samband råder mellan sådan flygbullernivå och kritisk bullergräns. Beräkningarna visar att vid livligt trafikerade flygplatser ligger FBN 55 dB(A) utanför kritisk bullergräns medan det motsatta förhållandet råder för de allra minsta flygplatserna.

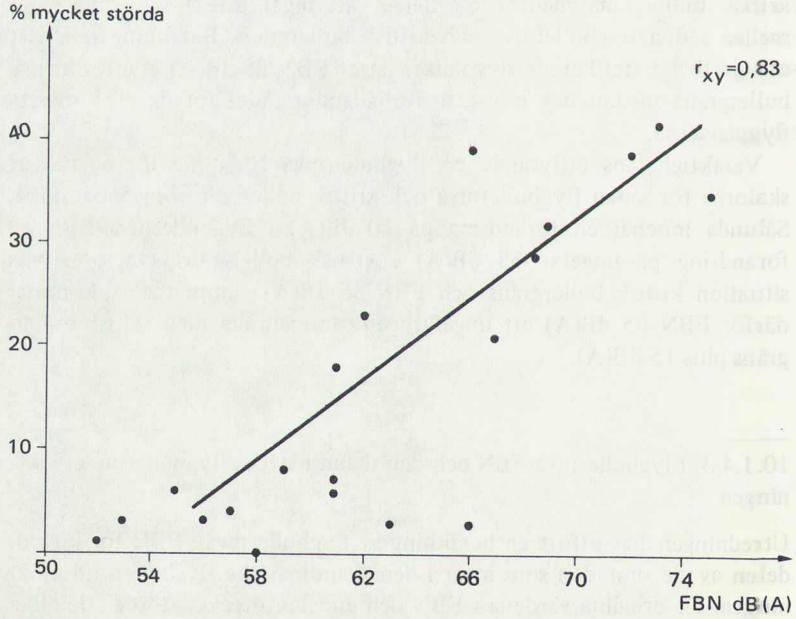
Varaktighetens inflytande på flygbullernivå FBN medför också, att skalorna för sådan flygbullernivå och kritisk bullergräns blir något olika. Sålunda innebär en förändring på 10 dB(A) i flygbullernivå FBN en förändring på ungefär 15 dB(A) i kritisk bullergräns. Om i en viss situation kritisk bullergräns och FBN 55 dB(A) sammanfaller, kommer därför FBN 65 dB(A) att ungefärligen sammanfalla med kritisk bullergräns plus 15 dB(A).

10.1.4.3 Flygbullernivå FBN och den skandinaviska flygbullerundersökningen

Utredningen har utfört en beräkning av flygbullernivån FBN för huvuddelen av de områden som ingår i den skandinaviska flygbullerundersökningen. De erhållna värdena i FBN och andelen mycket störda i de olika områdena framgår av tabell 10.8. Samvariationen mellan flygbullernivå FBN och andelen mycket störda är som illustreras i figur 10.9 relativt god med en korrelationskoefficient på 0,83. Samvariationen är mindre uttalad för de områden som har låg andel mycket störda.

Tabell 10.8 Flygbullernivå FBN och andelen mycket störda i huvuddelen av de i den skandinaviska flygbullerundersökningen undersökta områdena

Område	FBN dB(A)	% mycket störda
OSL 1	55	6
OSL 2	62	23
OSL 3	61	18
OSL 4	72	39
OSL 5	69	32
CPH 1	52	1
CPH 2	61	7
CPH 3	61	6
CPH 5	75	35
CPH 6	67	21
GOT 1	66	3
BLL 1	58	0
MMA 1	53	3
BMA 1	57	4
CPH 6	73	42
CPH 4	66	39
BLL 2	63	3
MMA 2	56	3
MMA 3	59	8



Figur 10.9 Samvariationen mellan flygbullernivå FBN och andelen mycket störda enligt den skandinaviska flygbullerundersökningen.

10.1.5 Utländska undersökningsresultat

10.1.5.1 Inledning

I Förenta Staterna publicerades i mars 1974 av The US-Environmental Protection Agency Office of Noise Abatement and Control (EPA) en rapport med titeln "Information on levels of environmental noise requisite to protect health and welfare with an adequate margin of safety" (rapport 550/9-74-004). Denna rapport behandlar som framgår av titeln omgivningsbuller. I rapporten redovisas såväl material av allmänt omgivningshygieniskt intresse som material av särskilt intresse i flygbullersammanhang.

I detta avsnitt lämnas en redogörelse för rapporten i de delar som trafikbullerutredningen bedömt vara av särskilt intresse vid utarbetandet av föreliggande delbetänkande.

I samband med att den federala amerikanska lagen mot buller "Noise Control Act of 1972" antogs gav kongressen direktiv till EPA att ange kriterier för bullerstörningar. Vidare skulle EPA ge information om vilka nivåer för omgivningsbuller som – med en rimlig säkerhetsmarginal – kan godtas utan att allmän hälsa och välfärd påverkas.

I en år 1973 framlagd rapport "Public Health and Welfare Criteria for Noise" (rapport 550/9-73-002) redovisade EPA allt det internationella underlagsmaterial man lyckats samla. Vidare presenterades ett första kriterieutkast. Sedan materialet efter remissbehandling reviderats och kompletterats redovisades det i den ovannämnda i mars 1974 framlagda rapporten.

Rapporten behandlar kriterier både för hörselskaderisk och för andra olägenheter. De omfattande avsnitten om hörselskador berörs inte i detta referat.

I rapporten kommer EPA *sammanfattningsvis* fram till bl a att:

- det bästa sättet att beskriva effekten av omgivningsbuller på ett enkelt, likformigt och meningsfullt sätt är att använda antingen den ekvivalenta A-vägda ljudnivån över en lång tidsperiod (L_{eq}) eller en variant med nattviktning, dag-natt-ljudnivån (L_{dn});
- den bullerstörning man mäter med sociologiska undersökningar är bestämd av bullrets störning av olika aktiviteter;
- av olika aktivitetsstörningar är samtalsstörning den som lättast går att värdera.

De ljudnivåer som enligt EPA bör underskridas för att tillförsäkra allmän hälsa och välfärd med en rimlig säkerhetsmarginal anges sammanfattningsvis i tabell 10.9.

Tabell 10.9 Ljudnivåer som bör underskridas för att tillförsäkra allmän hälsa och välfärd med en rimlig säkerhetsmarginal

Effekt	Nivå	Område
Hörselnedsättning	$L_{eq(24)} \leqslant 70$ dB	Alla områden
Störning av utomhusaktiviteter samt subjektiva besvär	$L_{dn} \leqslant 55$ dB	Utomhus i bostadsområden. Utomhus vid lantgårdar och andra arbetsplatser med verksamhet utomhus. Utomhus i sådana områden där frihet från buller är ett villkor för att de skall kunna användas för avsett ändamål.
	$L_{eq(24)} \leqslant 55$ dB	Utomhusområden där människor vistas under kortare tidsperioder såsom skolgårdar, lekplatser etc.
Störning av inomhusaktiviteter samt subjektiva besvär	$L_{dn} \leqslant 45$ dB	Inomhus i bostäder
	$L_{eq(24)} \leqslant 45$ dB	Inomhus i andra lokaler än bostäder såsom skolor etc.

Anm. $L_{eq(24)}$ är medelljudenergin under en 24-timmars period medan L_{dn} representerar L_{eq} med 10 dB nattviktning, se vidare framställningen under rubriken "Bullerexponering".

10.1.5.2 Bullerexponering

Som tidigare nämnts har EPA kommit fram till att det bästa sättet att beskriva effekten av omgivningsbuller är att använda antingen den ekvivalenta A-vägda ljudnivån över en lång tidsperiod (L_{eq}) eller en variant med nattviktning, dag-nattljudnivån (L_{dn}). Härvid har EPA funnit följande skäl tala för att uttrycka exponeringen av omgivningsbuller i ekvivalentnivån (L_{eq}):

1. Måttenheten skall vara användbar för utvärdering av buller i olika områden under olika förhållanden över långa tidsperioder.
2. Måttenheten skall väl samvariera med kända effekter på såväl den enskilde individen som allmänheten.
3. Måttenheten skall vara enkel och praktisk att använda samt vara så noggrann som möjligt. I princip skall den kunna användas vid planering, för krav på åtgärder och vid kontroll.
4. Den erforderliga mätutrustningen med standardiserade prestanda skall finnas i marknaden.
5. Måttenheten skall kunna nära relateras till existerande metoder, som fått allmän användning.
6. Bullernivån på en given plats uttryckt i måttenheten i fråga skall med godtagbara toleranser kunna förutsägas med ledning av kännedom om de företeelser som orsakar bullret.
7. Måttenheten skall lämpa sig för små, enkla kontrollinstrument, som kan lämnas utan tillsyn på allmän plats under långa tidsperioder.

Med utgångspunkt från den A-vägda ekvivalenta ljudnivån definierar EPA tre olika alternativ för bestämning av nivåer för omgivningsbuller, hänförda till tre typsituationer.

1. Situationer i vilka människor exponeras för omgivningsbuller under tidsperioder vilka vanligen är mindre än 24 timmar per dygn. Så är

fallet t ex i skolsalar eller på arbetsplatser.
För sådana situationer använder man sig av ekvivalentnivån med ett index som anger tidsperiodens längd, t ex $L_{eq(8)}$ för en arbetsperiod om åtta timmar.

2. Situationer i vilka människor exponeras för omgivningsbuller under längre tidsperioder. En sådan situation utgör normalt vistelse i bostaden.
EPA använder då L_{eq} för en 24-timmarsperiod med en viktning av nattiden (23–07) och betecknar denna nivå L_{dn}.[1] Variationerna i exponering mellan olika dagar, veckor och säsonger utjämnas till en årsmedeldygnsnivå.
3. Situationer då det saknas anledning beakta annat än den totala bullerexponeringen för en individ oavsett var eller under vilka betingelser den erhålles.
Denna exponering uttrycks med en oviktad 24-timmars ekvivalentnivå $L_{eq(24)}$.

10.1.5.3 Normgivande nivåer för störningsfrihet

Den normgivande nivån för helt ostörd talkommunikation är enligt rapporten L_{eq} 45 dB(A) i boningsrum. Utgående från en skillnad om 15 dB mellan ljudnivåerna utomhus och inomhus, vilket bedöms som ett medelvärde för delvis öppet fönster (fönster på glänt), skulle detta enligt EPA motsvara L_{eq} 60 dB(A) utomhus i bostadsområde. För samtal utomhus skulle då erhållas en 95-procentig uppfattbarhet av meningar på ett avstånd av 2 m. Det har emellertid ansetts befogat med en säkerhetsmarginal på 5 dB för utomhusnivån varför denna satts till L_{dn} 55 dB(A). Motsvarande inomhusnivå blir då L_{dn} 40 dB(A).

Enligt rapporten har talinterferens befunnits vara den primära störningen från buller på den mänskliga verksamheten och den främsta orsaken till organiserade aktioner mot buller inom samhället. EPA har likväl bedömt att viktningen med 10 dB under nattid och därmed det dygnsviktade exponeringsmåttet L_{dn} är motiverat. En uppdelning av inomhusnivån 40 dB(A) på dagnivå och nattnivå konstateras ge ungefär 40 respektive 32 dB(A). Det sistnämnda värdet bedöms vara förenligt med de kriterier på förutsättningar för sömn som finns tillgängliga och uppges överensstämma med den praxis som tillämpats av de konsulter i akustik som länge arbetat med bullerfrågor.

Vid en utomhusnivå på L_{dn} 55 dB(A) räknar EPA inte med någon beaktansvärd samhällsreaktion även om enligt en sociologisk undersökning (1) en procent kan tänkas klaga och 17 procent förklarar sig starkt

[1] Det kan här anmärkas att dag-natt-nivån L_{dn} väger nattnivån med 10 dB. Många i bruk varierande exponeringsmått gör en speciell kvällsviktning med 5 dB utöver en nattviktning med 10 dB.
De numeriska beräkningar som EPA låtit göra för nästan alla praktiskt tänkbara fördelningar av bullret under dygnet visade emellertid att de viktade dygnsvärdena vid en sådan tredelad uppdelning av dygnet skilde sig från de tvådelade med mindre än 1 dB.

störda. Enligt samma undersökning anses bullret nämligen då likväl vara den faktor, som har den minsta betydelsen för befolkningens inställning till området.[1]

EPA konstaterar vidare att om man i stället lät L_{dn} 60 dB(A) utomhus vara normgivande, skulle samhällsreaktionen bli betydligt mer påtaglig och procentandelen klagande och störda skulle väsentligt öka. En sänkning till L_{dn} 50 dB(A) väntas däremot knappast ge en gynnsammare befolkningsreaktion eftersom andra miljöstörningar än buller då skulle överväga.

EPA konstaterar sammanfattningsvis att L_{dn} 45 dB(A) inomhus och L_{dn} 55 dB(A) utomhus i bostadsområden är de värden under vilka ingen effekt på "den allmänna hälsan och välfärden" uppträder på grund av störning av tal eller annan aktivitet. Dessa nivåer bedöms också innebära att det stora flertalet av befolkningen normalt inte känner sig störda, såvida inte bullret är speciellt påträngande och har en särskilt obehaglig karaktär.

Rimlig säkerhetsmarginal

De normgivande nivåerna för utomhusbuller bedöms ge en säkerhetsmarginal på 5 dB med avseende på samtalsstörning. Detta anses nödvändigt med hänsyn till att man skall kunna samtala med låg röststyrka inne i hus med mindre god ljudisolering. En större säkerhetsmarginal anses utan verkan på grund av den bakgrundsljudnivå som normal inomhusaktivitet ger.

[1] Angående denna undersökning, se närmare nedan under rubriken "Subjektiv störningsupplevelse".

Tabell 10.10 Sammanfattning av effekter i fråga om talkommunikation, samhällsreaktioner, klagomål, subjektiva besvär och attityd till området vid en dag-natt-ljudnivå, L_{dn}, på 55 dB(A)

Talkommunikation inomhus	100 % taluppfattbarhet (genomsnitt) med 5 dB säkerhetsmarginal
Talkommunikation utomhus	100 % taluppfattbarhet (genomsnitt) på 0,35 m avstånd 99 % taluppfattbarhet (genomsnitt) på 1,0 m avstånd 95 % taluppfattbarhet (genomsnitt) på 3,5 m avstånd
Samhällsreaktioner	Icke påtagliga; 7 dB under den nivå då klagomål och hot om laga åtgärder blir påtagliga och åtminstone 16 dB under den nivå, då kraftiga reaktioner inträder (attityder och andra faktorer som inte står i direkt relation till bullernivån kan påverka detta resultat)
Klagomål	1 % beroende på attityd och andra faktorer som inte står i relation till bullernivå
Subjektiva besvär	17 % beroende på attityd och andra faktorer som inte står i relation till bullernivå
Attityd till området	Buller är uppenbarligen den minst betydelsefulla av olika faktorer som påverkar inställningen till området

Med ledning av tillgängligt kunskapsunderlag bedömer EPA den angivna säkerhetsmarginalen vara tillräcklig för att skydda det stora flertalet av befolkningen från subjektiva besvär som härrör från långvariga bullerexpositioner. EPA konstaterar samtidigt att det med dagens kunskaper inte går att förverkliga en miljö i vilken all potentiell störning på grund av buller vid alla tillfällen för hela befolkningen är eliminerad.

10.1.5.4 Icke hörbara ljud

I rapporten påpekar EPA att följande typer av icke hörbara ljud kan uppträda tillfälligt men att de i omgivningshygieniska sammanhang sällan uppnår sådana nivåer att de behöver beaktas:

- Infraljud
  Beträffande infraljud påpekas att extremt höga ljudtrycksnivåer vid frekvenser under 16 Hz kan ge en måttlig stressreaktion och andra fysiologiska effekter, trots att ljudet inte är hörbart. För att förorsaka besvär måste emellertid enligt de kunskaper man har i dag ljudnivån överstiga 120 dB, vilket mycket sällan förekommer.
- Ultraljud
  Vad gäller ultraljud konstateras att även mycket höga och därmed i allmänhet ohörbara ljudfrekvenser, över 20 000 Hz, kan ge störningseffekter. Nivåtröskeln för dessa säges ligga omkring 105 dB. Sådan exponering anges vara sällsynt.

10.1.5.5 Impulsljud

I rapporten påpekas vidare att det är svårt att i en norm ange ett enkelt gränsvärde för att skydda mot negativa effekter av impulsljud, eftersom man då måste beakta ett flertal faktorer såsom omständigheterna kring expositionen, arten av impuls, den effektiva varaktigheten och antalet dagliga exponeringar.

Ljudimpulser som ligger mer än cirka 10 dB över bakgrundsnivån konstateras kunna medföra sömnstörning och väckning. Upprepade impulser säges kunna verka störande för vissa personer även om impulsljuden ligger under de genomsnittliga ljudnivåerna. Några belägg för permanent inverkan på allmän hälsa och välfärd finns emellertid inte.

Vad gäller impulsljud i form av överljudsknallar påpekas att en överljudsknall under dagtid förväntas ge ringa eller ingen samhällsstörning om den har ett ljudtryck som är mindre än 35,91 Pa vid markytan. Vid flera överljudsknallar per dag sägs förhållandet bli detsamma, om ljudtryckets toppvärde vid varje knall ej uppgår till högre värde än $\frac{35{,}91}{\sqrt{N}}$ Pa,

där N är antalet knallar per dag. I rapporten påpekas att detta beräkningssätt står i överensstämmelse med likaenergiprincipen.

Till rapporten hör ett antal *bilagor,* ur vilka här återges vad trafikbullerutredningen funnit vara av särskilt intresse.

10.1.5.6 Ekvivalent ljudnivå och dess förhållande till andra sätt att uttrycka bullerexponering

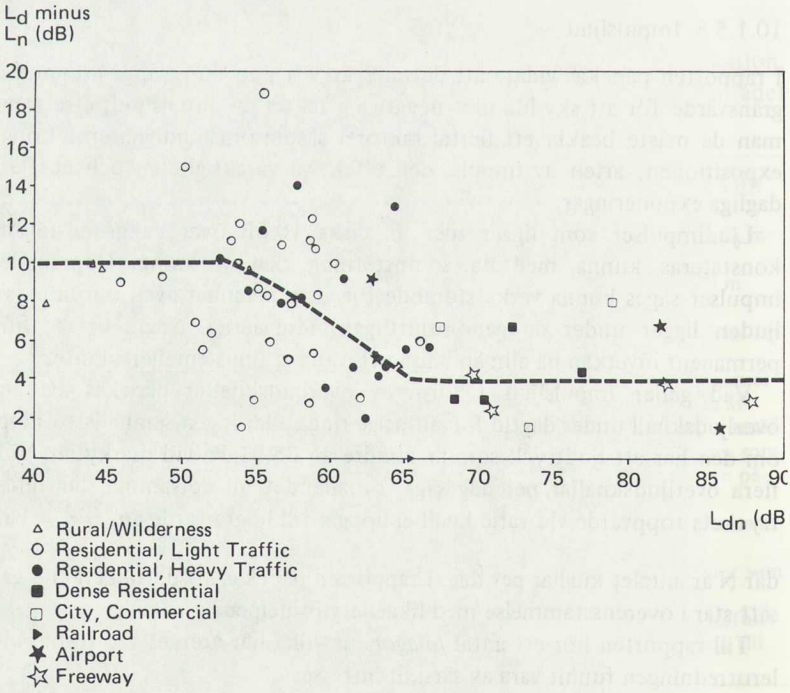
Att man valde 10 dB för nattviktning bestämdes av att man gjort så tidigare i betydande utsträckning, vartill kom resultatet av en studie av dygnsvariationer hos omgivningsbullret. Denna variation fann man bäst illustreras av skillnaden mellan dagnivån L_d och nattnivån L_n som funktion av dag-natt-nivån L_{dn}.

Data från 63 olika platser i USA är sammanställda i figur 10.10 och täcker områden från ren vildmark till omgivningarna kring de bullrigaste flygplatserna och motorvägarna. Av figuren framgår att L_d mestadels bestämmer värdet på L_{dn} i de tystare områdena (L_{dn} omkring 40–55 dB(A)) eftersom L_d är mycket högre än L_n. I bullrigare områden däremot (L_{dn} 65–90 dB(A)) är L_n inte mycket lägre än L_d och bestämmer med nattviktningen 10 dB värdet på L_{dn}.

Vid L_{dn} omkring 55 dB(A) bidrar L_d och L_n ungefär lika mycket vardera när man använder 10 dB nattviktning. Det är inte möjligt att direkt jämföra olika andra index för bullerexponering som t ex CNEL (Community Noise Equivalent Level) CNR (Composite Noise Rating) och NEF (Noise Exposure Forecast) med L_{dn} på grund av olikheter beträffande frekvensvägning och hänsyn till varaktigheten. De olika enheterna är dock approximativt jämförbara enligt formeln:

$$L_{dn} \approx \text{CNEL} \approx \text{NEF} + 35 \approx \text{CNR} - 35$$

Förhållandet gäller i de flesta fall med en noggrannhet som är bättre än ± 3 dB.



Figur 10.10 Skillnaden mellan dag- och nattvärden i ekvivalentnivå vid olika L_{dn}-nivåer.

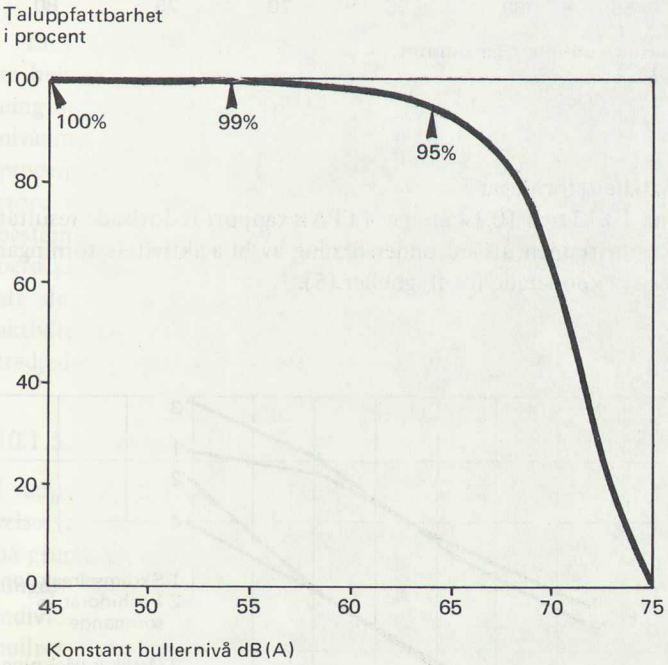
10.1.5.7 Bullerinverkan på mänskliga aktiviteter och resulterande totala störnings/hälsoeffekter

– Talinterferens

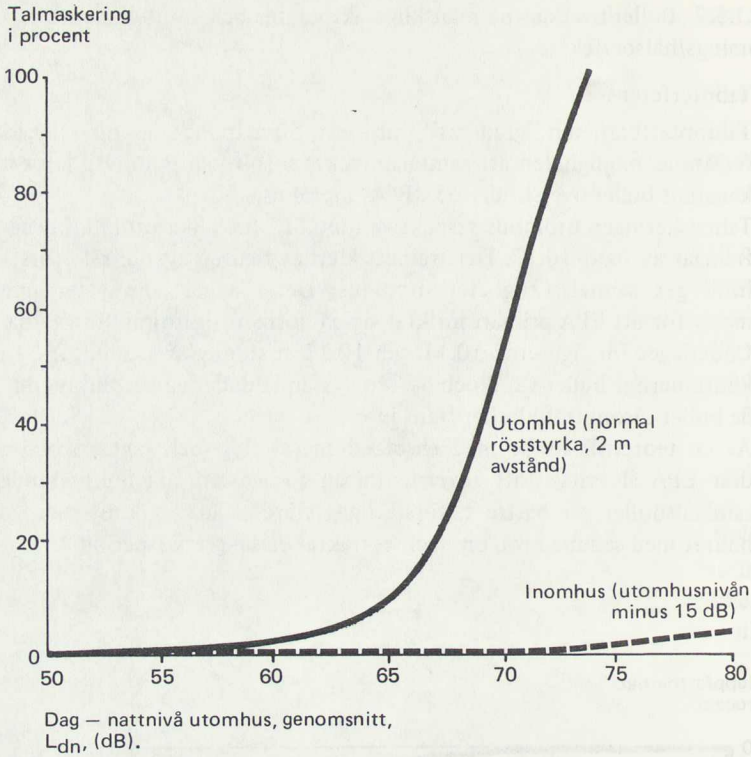
Taluppfattbarheten "graderas" i procent. Som framgår av figur 10.11 försämras möjligheten att samtala mycket snabbt när ljudnivån hos ett konstant buller överskrider 65 dB(A) inomhus.

Talmaskeringen utomhus respektive inomhus för olika utomhusnivåer framgår av figur 10.12. Det framgår klart av figuren att bullret i första hand ger samtalssvårigheter utomhus. Detta anges som ytterligare motiv för att EPA primärt inriktat sig på normer för utomhusnivåerna. Underlaget för figurerna 10.11 och 10.12 är studier av störningar från kontinuerligt buller (2, 3 och 4). Motsvarande underlag för fluktuerande buller såsom trafikbuller finns inte.

Av en teoretisk studie med en blandning av flyg- och vägtrafikbuller drar EPA slutsatsen att ekvivalentnivån för nästan alla fluktuerande samhällsbuller ger bättre talförståelighetsvärden än det kontinuerliga bullret med samma nivå, om man betraktar en längre tidsperiod.



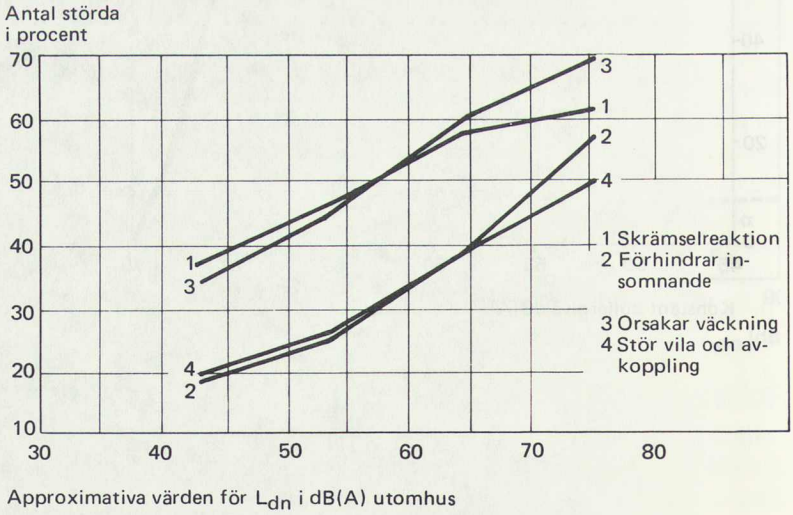
Figur 10.11 Normal talförståelighet som funktion av en konstant bakgrundsljudnivå inomhus. Gäller i normalt bostadsrum vid avstånd större än 1 m.



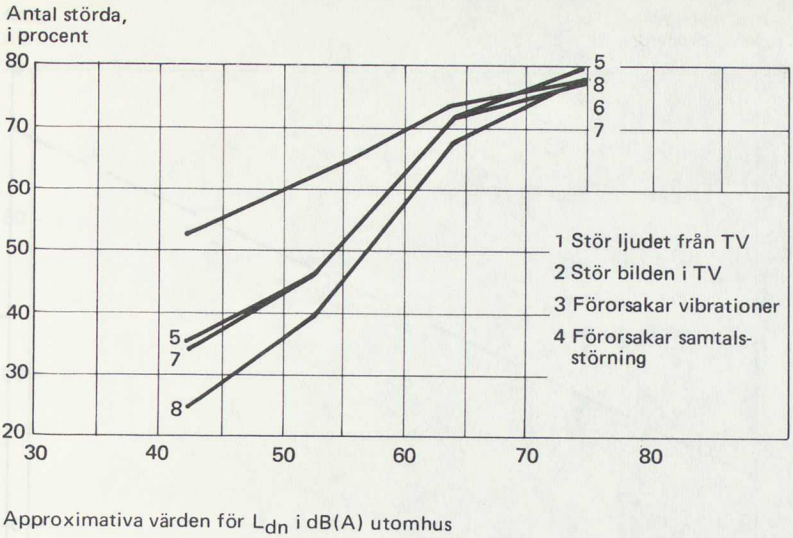
Figur 10.12 Maximal procentuell talinterferens som funktion av dag-natt nivån utomhus.

– Andra aktivitetsstörningar

I figurerna 10.13 och 10.14 återges i EPA:s rapport redovisade resultat av en i Storbrittanien utförd undersökning av bl a aktivitetsstörningar hos personer exponerade för flygbuller (5).



Figur 10.13 Procentandel personer störda av flygbuller på olika sätt i samband med vila och sömn.



Figur 10.14 Procentandel personer störda av flygbuller på olika sätt i hemmet (exkl vila och sömn).

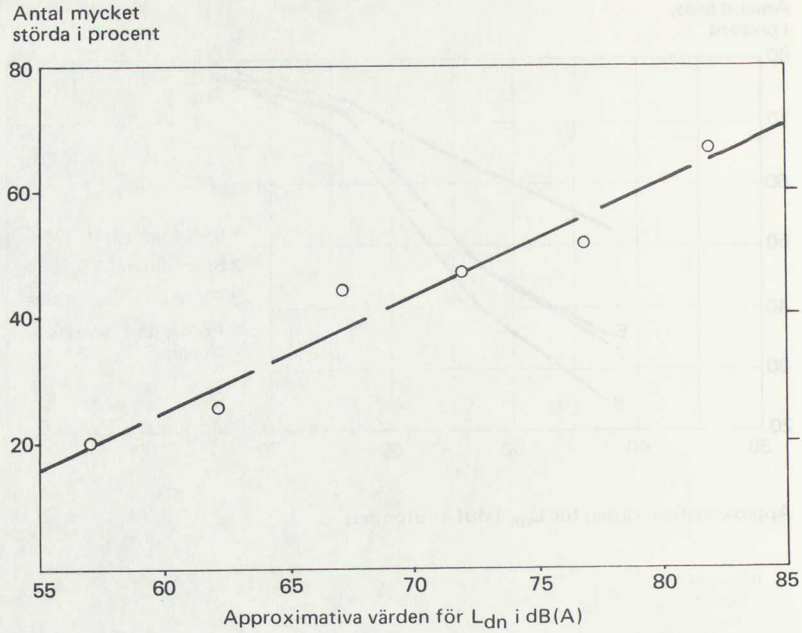
En i EPA:s rapport refererad holländsk undersökning (6) ger ytterligare belägg för att buller förorsakar aktivitetsstörningar. Denna undersökning utfördes i områden i närheten av Amsterdams flygplats där dag-nattnivåerna låg mellan 45 och 85 dB(A). I undersökningen redovisas den procentuella andel av befolkningen som ofta eller någon gång känt sig störd under olika aktiviteter på grund av buller. Man har också försökt bestämma en toleransgräns. Exempelvis i ett område där 31 procent av befolkningen uppgav att de ibland stördes vid samtal, 21 procent uppgav att de ibland stördes under sömnen och 12 procent uppgav andra aktivitetsstörningar, ansågs toleransgränsen vara nådd för ungefär en tredjedel av befolkningen.

10.1.5.8 Subjektiv störningsupplevelse

I rapporten redovisas också undersökningar av subjektiv störningsupplevelse (annoyance) med vilket avses den kroniska upplevelsen av obehag på grund av bullerexponering. Resultaten av dessa sociologiska undersökningar redovisas vanligen som den procentuella andel av en grupp individer som anger olika grader av störning eller missnöjdhet på grund av bullret i omgivningen. I vissa undersökningar har man försökt konstruera mer eller mindre komplicerade störningsskalor för beskrivning av störningens styrka, i andra används svaren på den direkta frågan "hur störande är bullret".[1]

För flygbuller har en bearbetning av samlat engelskt och amerikanskt material (7) bl a gett det resultat, som visas i figur 10.15. Vid det av EPA rekommenderade normvärdet L_{dn} 55 dB(A) är andelen mycket störda

[1] I svenska undersökningar, bl a i den skandinaviska flygbullerundersökningen, har olika grader av störda, aktivitetsstörningar, sömnstörningar, medicinska manifestationer, benägenhet att vidta åtgärder m m, studerats. Man har här kommit till den konklusionen att *andelen mycket störda är ett representativt mått på förekomstfrekvensen av alla dessa effekter.*



Figur 10.15 De sammanslagna resultaten av engelska och amerikanska flygbullerundersökningar.

17 %.[1]

En studie av resultaten från engelska, franska och holländska intervjuundersökningar, utförd av OECD (8), har givit sambandet:

Den procentuella andelen störda = $2(L_{dn} - 50)$

För L_{dn} 55 dB(A) skulle andelen störda förväntas bli 10 procent.

De amerikanska undersökningar (1) vars resultat medtagits vid utarbetandet av figur 10.15 visade också ett samband mellan andelen mycket störda och hur många procent som uppgivit sig ha klagat hos någon myndighet, se figur 10.16.

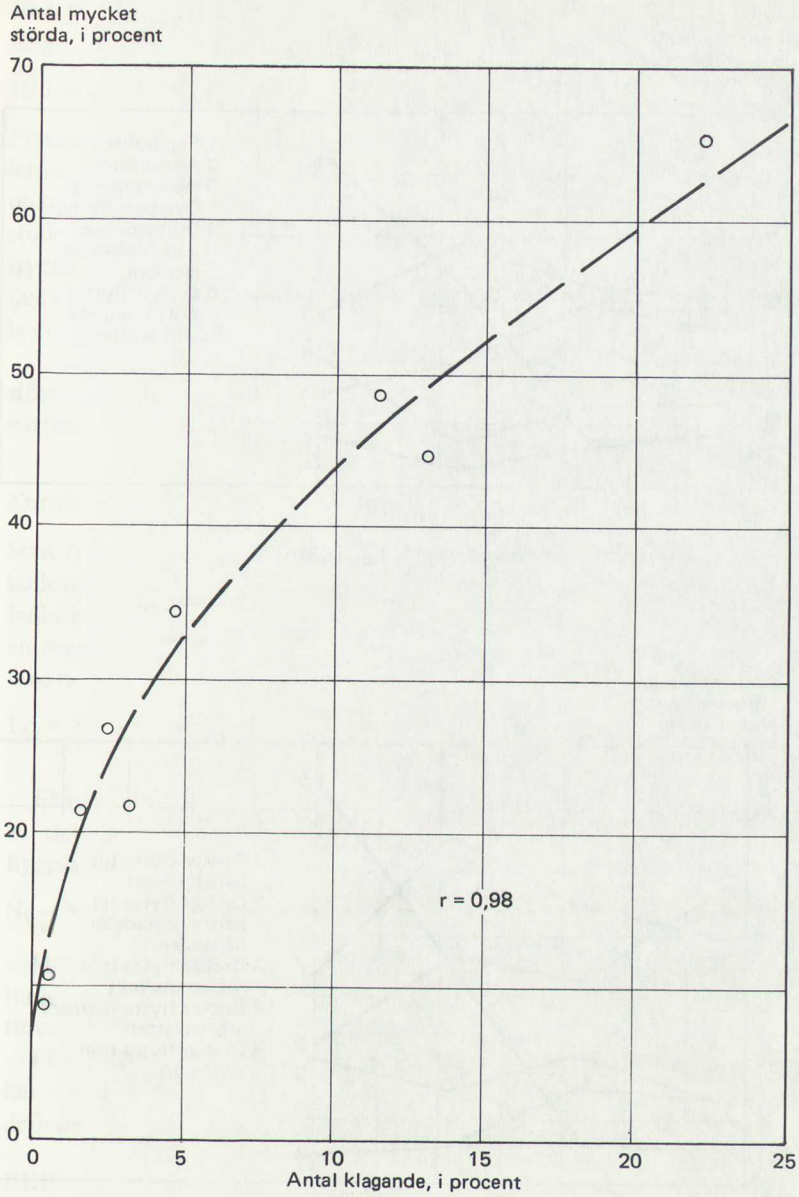
Av figur 10.16 kan utläsas att vid EPA:s rekommenderade normvärde L_{dn} 55 dB(A) blir den sannolika klagomålsfrekvensen en procent.

I den tidigare nämnda engelska undersökningen (5) har man även studerat befolkningens trivsel och inställning till sitt område.

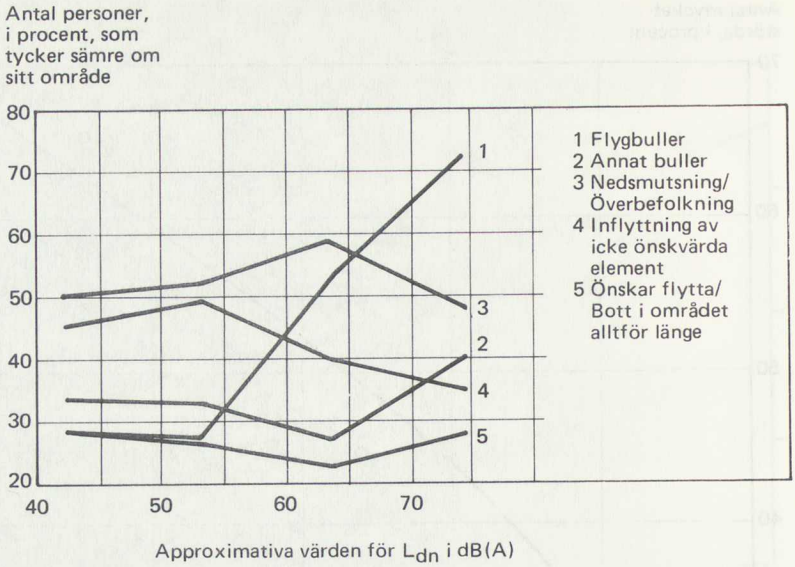
De som förklarat sig trivas sämre än tidigare i sitt område har fått ange skälen, se figur 10.17.

De som förklarat att de önskar flytta från området har fått ange skälen härför. Resultatet visas i figur 10.18.

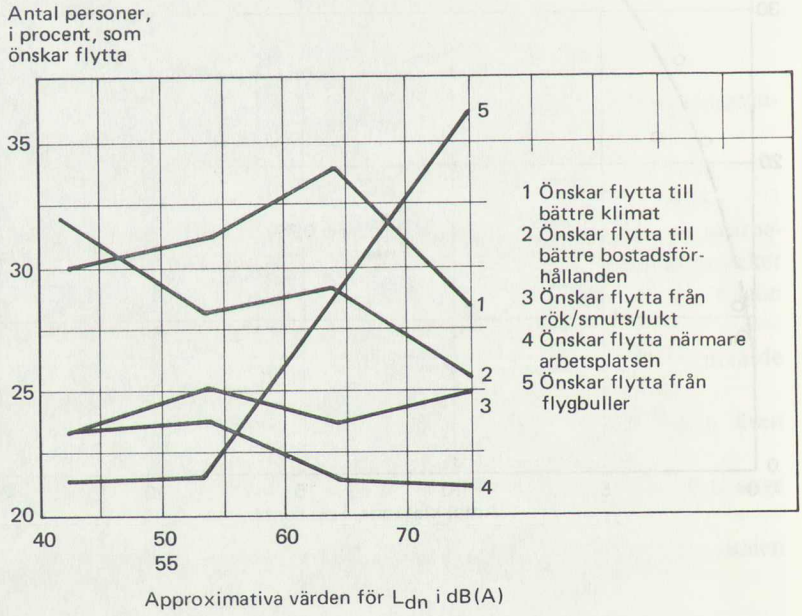
[1] Eftersom man i EPA-rapporten vid den approximativa beräkningen av L_{dn}-nivåer inte tagit hänsyn till variationerna i bullrets varaktighet, motsvarar de angivna L_{dn}-nivåerna inte flygbullernivå FBN. Enligt de beräkningar som utredningen gjort motsvarar således L_{dn} 55 dB(A) en flygbullernivå FBN som är cirka 3 dB högre dvs cirka 58 dB(A). L_{dn} 65 dB(A) motsvarar däremot ungefär 65 dB(A) även i flygbullernivå FBN.



Figur 10.16 Antalet mycket störda som funktion av antalet klagande.



Figur 10.17 Antal personer, i procent, som av olika skäl tycker sämre om sitt område än tidigare.



Figur 10.18 Antal personer, i procent, som av olika skäl önskar flytta till annat område.

10.1.6 Jämförelse mellan kritisk bullergräns och vissa utländska bedömningsmetoder

10.1.6.1 Olika bedömningsmetoder

Framställningen har här koncentrerats till de akustiska beräkningsformlerna. I det följande sker en genomgång som främst tar sikte på hur de olika metoderna anger störningsnivåer vid enstaka överflygningar. Vidare studeras hur bullerbelastningen (bullerexpositionen, bullerindex) uttrycks i ett sammanvägt mått. Begreppet störnivå inkluderar förutom ljudnivån i vissa fall även ett hänsynstagande till varaktighet och eventuella oregelbundenheter i frekvensspektrum (tonkorrektioner).

I ovannämnda mått på bullerbelastning beaktas även sättet att bedöma störningar under särskilt känsliga tidsperioder såsom flygrörelser under natten.

Kritisk bullergräns, Sverige (KB)

Som framgår av avsnitt 10.1.2 anger 1956 års flygbullerutredning kritisk bullergräns vid given SED-frekvens. Härvid har man utgått från en bullerbelastning motsvarande 8 flygrörelser under dagtid per dygn med en maximal ljudnivå av 85 dB(A). Vid högre eller lägre flygfrekvens har högsta rekommenderade ljudnivå (L_G) erhållits enligt uttrycket

$$L_G = 85 - 10 \log \frac{N_v}{8}$$

Ekvationen bygger på likaenergiprincipen där N_v är den vägda summan av det genomsnittliga antalet flygrörelser per årsmedeldygn för varje flygplanskategori och typ av flygrörelse.

$$N_v = N_{dag} + 3 \times N_{kväll} + 10 \times N_{natt}$$

Man har i praxis under senare år av praktiska skäl valt att räkna fram ljudnivån i steg om 1 dB i stället för 5 dB som 1956 års utredning föreslog.

För att kunna jämföra kritisk bullergräns med andra länders metoder[1] har uttrycket för bullerbelastningen relativt kritisk bullergräns (RKB) definierats:

$$RKB = L_A + 10 \log \frac{N_v}{8} - 85$$

N_v är den vägda summan av det genomsnittliga antalet flygrörelser per årsmedeldygn för varje flygplanskategori och typ av flygrörelse.

L_A är genomsnittlig maximal ljudnivå per överflygning i dB(A).

Vid högre bullerbelastning än kritiskt buller antar RKB positivt värde, vid lägre bullerbelastning negativt värde och vid kritiskt buller värdet 0.

[1] Vad gäller jämförelse mellan kritisk bullergräns och flygbullernivå FBN hänvisas till avsnitt 10.1.4.2.

CNR-metoden, USA

CNR-metoden (Composite Noise Rating) (6) arbetades fram för flygvapnet (USAF) och den federala luftfartsorganisationen (FAA) i USA under början av 1960-talet. CNR-metoden har flera likheter med 1956 års flygbullerutrednings metod för beräkning av gränsvärdet för kritiskt buller. Den följer likaenergiprincipen vid hänsynstagande till trafikmängd och arbetar med steg om 5 dB. För angivande av ljudnivån vid enstaka flygrörelser används dock enheten PNdB i stället för dB(A). Dygnet delas in i endast två perioder, dag (kl 07–22) och natt (kl 22–07), vilka betraktas separat med en skärpning om 10 dB om natten. Bullret från olika flygplanskategorier vid start respektive landning adderas normalt ej utan en delgräns beräknas separat för varje flygplanskategori och typ av flygrörelse. Den bedömning som ger störst skyddszon är därvid utslagsgivande.

Följande uttryck används för beräkning av CNR-värdet:

$$CNR = L_{PN}^{max} + 10 \log N_V - 12$$

L_{PN}^{max} är maximal ljudnivå i PNdB.

N_V är den vägda summan av det genomsnittliga antalet flygrörelser per årsmedeldygn för varje flygplanskategori och typ av flygrörelse.

Vägningsfaktorer för dag och natt är härvid 1 respektive 20. I en i USA utförd sociologisk flygbullerstudie (5), utförd under 1967–68, användes dessa viktfaktorer. I denna studie ingår CNR-metoden i en modifierad form. Till modifieringarna hör bl a att beräkningar sker i 1 dB steg. Enheten PNdB användes även i den modifierade varianten.

NEF-metoden, USA

NEF-metoden (7) (Noise Exposure Forecast) är en för FAA utförd vidareutveckling av CNR-metoden. Bland ändringarna kan nämnas att man i stället för enheten PNdB använder EPNdB som mått på störnivå (EPN = Effective Perceived Noise). Detta mått tar hänsyn till bullrets varaktighet under flygrörelsen samt innehåll av toner. Enheten EPNdB har också tagits upp som ISO-rekommendation (8) samt används i FAA:s och ICAO:s bullercertifieringsnormer (1 resp 9). I övrigt har man i likhet med beräkningsmetoden för kritiskt buller förbättrat möjligheterna att summera inverkan av olika bullrande flygplanstyper. Man har vidare infört en vägd summa av dag- och nattrörelser. Vägningsfaktorerna för dagtid (kl 07–22) och natt (kl 22–07), 1 resp 16.67, har avpassats så att man vid en och samma *trafikintensitet* (antal flygrörelser/tim) under dag och natt får ett 10 enheter högre NEF-värde för natt än för dag, då de båda perioderna betraktas separat. Till sist har man i formeln infört en tröskelnivå om 75 EPNdB nedanför vilken störningarna bedöms minimala.

Följande uttryck kan användas som beräkning av NEF-värdet för start eller landning med en viss flygplanstyp:

$NEF_i = L_{EPN_i} + 10 \log N_v - 88$

L_{EPN_i} är ljudnivå i EPNdB för den aktuella flygrörelsen
N_v är den vägda summan av det genomsnittliga antalet flygrörelser per årsmedeldygn för varje flygplanskategori och typ av flygrörelse.

Nivån i EPNdB kan enligt (1) approximeras av uttrycket

$$L_{EPN} = L_{PN}^{max} + 20 \log \frac{t_{10}}{20} + f$$

t_{10} är den tid då nivån överstiger en nivå 10 dB under toppvärdet.
f = korrektion för diskreta toner.

När NEF-värden för alla flygplanstyper och start respektive landning uträknats erhålls det slutliga NEF-värdet genom summation på energibasis av delvärdena enligt formeln:

$$NEF = 10 \log [\sum_i 10 \frac{NEF}{10} i]$$

NEF-metoden har tillämpats i Norge vid utredning av olika flygplatsalternativ för Oslo-området (19).

CNEL-metoden, USA

I delstaten Californien (2) tillämpas CNEL-metoden (Community Noise Equivalent Level). Detta mått kan sägas vara ett över dygnet vägt värde på ekvivalent- eller medelljudnivå. Måttet är konstruerat analogt med ISO:s "Index of Equivalent Continuous Noise Level, L_{PNeq}" (8) och ICAO:s "Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level, WECPNL" (1). Den viktigaste skillnaden är att ljudnivån mätes i dB(A) i stället för i EPNdB. Metoden ingår i en av delstaten Californien antagen lag som innehåller bestämmelser om flygplatsernas bullerskyddszoner och bostadsbebyggelsen kring flygplatserna.

Genom ett koncessionsförfarande fastställs en bullergräns. Flygplatsledningen har sedan genom styrning av flygplatsens drift att tillse att den beräknade gränsen hålles. Kontrollen av detta sker efter en stickprovsmetodik med automatisk registreringsapparatur, s k flygbullermonitorer.

Man kan använda följande förenklade uttryck för beräkning av CNEL-värdet:

$$CNEL = L_A^{max} + 10 \log t_e + 10 \log N_v - 49{,}4$$

L_A^{max} är maximal ljudnivå i dB(A).

N_v är den vägda genomsnittliga summan av antalet flygrörelser per årsmedeldygn för varje flygplanskategori och typ av flygrörelse.

t_e är den effektiva varaktigheten i sekunder.

Dygnet delas in i tre tidsperioder kl 07–19, 19–22 och 22–07 med vägningsfaktorerna 1, 3 resp 10.

Effektiva varaktigheten, t_e, hos en bullersignal är lika med den

varaktighet i sekunder som signalen skall ha vid sitt toppvärde för att motsvara samma akustiska energi. Normalt är t_e ungefär hälften av t_{10}, vilket är den tid signalen överstiger en nivå 10 dB under toppvärdet.

Q-metoden, Förbundsrepubliken Tyskland

Q-metoden utvecklades i Tyskland (10) under början av 1960-talet. "Störindex" Q är på samma sätt som CNEL-värdet en dygnsmedelljudnivå. Sammanvägningen av ljudnivå, dess varaktighet och antal flygrörelser sker dock ej enligt likaenergiprincipen utan enligt en annan princip. En fördubbling av varaktigheten är i detta samband ekvivalent med en ljudnivåökning om 4 dB under det att motsvarande ljudnivåökning enligt likaenergiprincipen är 3 dB.

Metoden som sådan föreskrev alternativt enheterna PNdB eller dB(A) som mått för ljudnivån. I den år 1971 antagna lag (11) som ligger till grund för dimensionering av bullerskyddszoner kring flygplatser i Tyskland mäts ljudnivån i dB(A).

Man beräknar ett Q-värde enligt formeln

$$Q = L_A^{max} + \log t_{10} + 13{,}3 \log N_V - 65{,}7$$

L_A^{max} är det på energibasis uträknade medelvärdet av maximalnivån i dB(A) för olika flygplan och olika rörelser under dygnet.

N_V är den vägda summan av antalet flygrörelser per årsmedeldygn för varje flygplanskategori och typ av flygrörelse.

t_{10} är den tid under vilken nivån överstiger nivån 10 dB under bullersignalens maximalvärde.

Enligt ovannämnda lag indelas dygnet i två tidsperioder. Vid beräkningen av dygnsnivån förutsätts två alternativa vägningsförfaranden där det som ger störst Q-värde bestämmer skyddszonens storlek.

	Dag	Natt
Alt 1	1.5	0
Alt 2	1	5

Vid fördelningen 95 % dag och 5 % natt blir alt 1 dimensionerande, vid högre andel nattstarter alt 2.

NNI-metoden, Storbritannien

NNI-metoden (Noise and Number Index) utarbetades i samband med en stor sociologisk flygbullerstudie vid Heathrow-flygplatsen utanför London som presenterades år 1963 (13), jfr avsnitt 10.1.5 vid fig 10.13 och 10.14.

Metoden är snarlik CNR-metoden. NNI-metoden använder PNdB som mått för ljudnivå vid enstaka flygrörelser.

Sammanvägningen av ljudnivå och antal flygrörelser sker dock ej enligt

likaenergiprincipen. I NNI-metoden är en fördubbling av antalet överflygningar ekvivalent med en ökning av ljudnivån med 4,5 dB under det att motsvarande ökning enligt likaenergiprincipen är 3 dB.

I Heathrow-undersökningen gör man den skattningen att ett visst NNI-värde på natten ger samma störning som ett 17 enheter högre NNI-värde på dagen.

NNI-värdet beräknas enligt formeln

$$NNI = L_{PN}^{max} + 15 \log N - 80$$

L_{PN}^{max} är medelvärde på energibasis av maximinivåer i PNdB vid enskilda överflygningar.

N är antalet flygrörelser under dygnet.

Konstanten 80 är en "tröskelnivå" om 80 PNdB i likhet med motsvarande konstant för NEF-metoden.

10.1.6.2 Jämförelse mellan de olika beräkningsmetodernas kriterieunderlag

De ovan refererade beräkningsmetoderna är grundade på sociologiska undersökningar, laboratorieexperiment och rimlighetsbedömningar. Detaljerna i de olika metoderna är som regel grundade på rimlighetsbedömningar, utom ton- och varaktighetskorrektionerna, som har stöd i laboratorieexperiment.

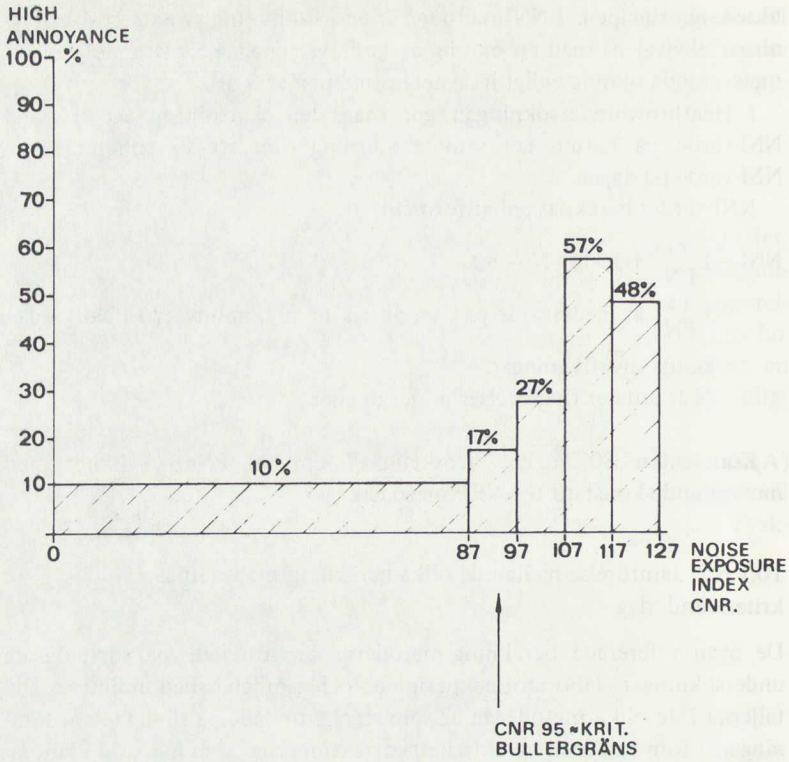
Jämte de sociologiska undersökningarna utgör främst laboratorieundersökningar avseende a) samtalsstörningar, b) risk för sömnstörningar samt c) risk för bestående hörselskador underlag för bestämning av lämpliga kriterier.

Bullerbelastningen eller bullerexpositionen från flygbuller beskrivs vanligen kvantitativt på så sätt att störnivån (ljudnivån) vid enstaka flygrörelser och antalet flygrörelser sammanvägs efter vissa regler.

Som framgår av de inventerade beräkningsmetoderna varierar måttet som anger flygbullerbelastningen från land till land. Principen att sammanväga störnivå och antalet exponeringar för att få ett mått på bullrets inverkan tillämpas dock mycket likartat.

Som princip vid sammanvägning av ljudnivå och antal flygrörelser dominerar likaenergiprincipen i de här redovisade metoderna. Förutom att denna princip har beräkningstekniska fördelar har den vid undersökningar (4 och 5) väl hävdat sig. Vidare ger t ex inte det mer komplicerade måttet EPNdB för störnivå bättre möjligheter att förutsäga befolkningsreaktionen är PNdB trots att ton- och varaktighetskorrektioner har motiverats av resultat från laboratorietester (5 och 12).

Ur den tidigare nämnda, i USA utförda sociologiska flygbullerstudien (5) kan utläsas hur befolkningsreaktionen förändras vid ökad flygbullerexposition. I figur 10.19 redovisas befolkningsreaktionen som procentuell andel starkt störda vid olika bullerbelastningar. Bullerbelastningen anges med CNR-värden. Det framgår av figuren att man har ett brett



Figur 10.19 Samband mellan flygbullerbelastning och befolkningsreaktion erhållet vid en sociologisk undersökning utförd i USA (5). Av diagrammet framgår bl a att det vid 87 CNR uppstår en tröskel ovanför vilken störningen ökar kraftigt.

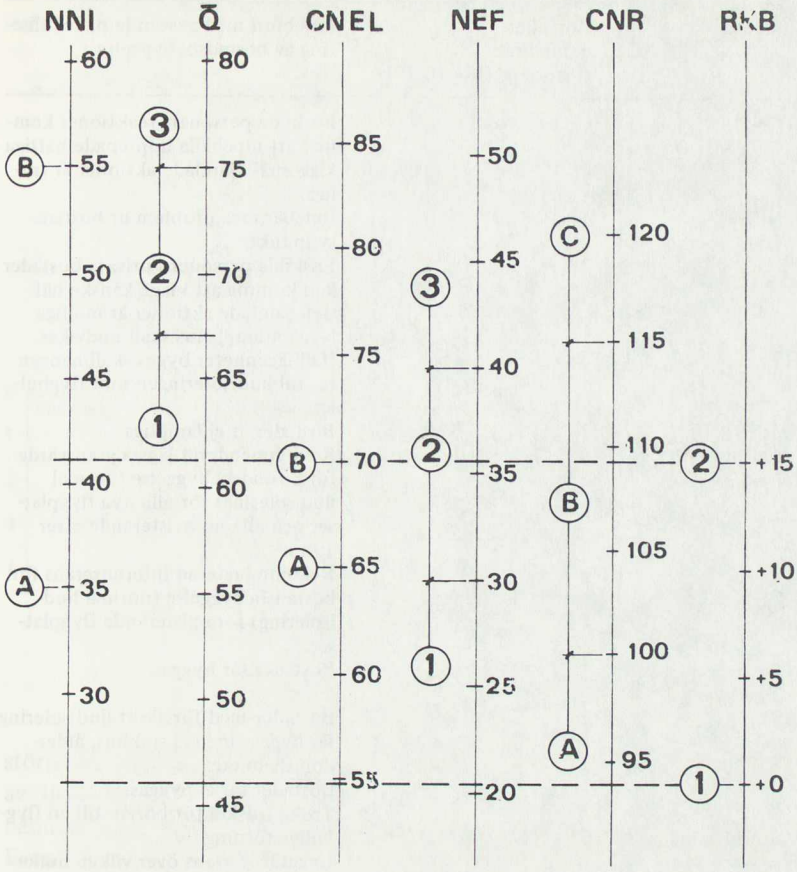
område med index 0–87 där andelen starkt störda människor håller sig konstant omkring 10 %. I området med index 88–97 börjar andelen starkt störda att stiga kraftigt, ökning sker konstant upp till och med index 108–117, därefter sjunker paradoxalt nog andelen störda.

I figur 10.19 har även det ungefärliga värdet på kritiskt buller inlagts. Kritiskt buller ligger i det område där andelen störda personer börjar öka.

I den amerikanska undersökningen betonas att det för en säker förutsägelse av antalet störda människor krävs inte enbart en undersökning angående bullret utan i lika hög grad en undersökning av hur flygbullret uppfattas av människorna, hjärnans tolkning av bullersignalen osv. Exempel på sådana tolkningar är individens rädsla för flygplansolyckor, för bostadens värdeminskning, vanmaktskänsla inför en ständigt ökad flygtrafik m m. Dessa faktorer kan variera kraftigt från flygplats till flygplats och från person till person.

10.1.6.3 Jämförande studie av de olika bedömningsmetodernas betydelse från markanvändningssynpunkt

I figur 10.20 och tabell 10.11 görs en jämförelse mellan de olika bedömningsmetodernas innebörd med avseende på lokalisering av bostadsbebyggelse. Det framgår av dessa att de krav som ställs visar en avsevärd spridning.



Figur 10.20 Jämförelse mellan olika bedömningsmetoder, se vidare tabell 10.11. Sambandet är beräknat på en flygfrekvens av 4 rörelser per dygn.

I figur 10.21 är en jämförelse gjord, som anger vad de olika bedömningsmetoderna relativt sett innebär i fråga om markanspråk för en tänkt trafikflygplats.

Tabell 10.11 Jämförelse mellan olika bedömningsmetoders innebörd med avseende på lokalisering av bostadsbebyggelse

Metod	Zon eller gränsvärde (markerad i fig 10.20)	Innebörd med avseende på lokalisering av bostadsbebyggelse
KB Sverige	1	Lägsta i planeringspraxis tillämpad standard för nyplanering av bostadsbebyggelse (20 % starkt störda).
CNR USA	A	Inga väsentliga klagomål kan förväntas, bullret kan dock sporadiskt störa vissa aktiviteter i en del bostäder.
	B	Enskilda personer kan komma att klaga, kanske häftigt, samlade aktioner är möjliga.

Metod	Zon eller gränsvärde (markerad i fig 10.20)	Innebörd med avseende på lokalisering av bostadsbebyggelse
CNR USA	C	Enskilda personers reaktioner kommer att innehålla upprepade häftiga klagomål. Samlade aktioner är troliga.
NEF USA	1	Innebär inga problem ur bostadssynpunkt.
	2	Enskilda personer i privata bostäder kan komma att klaga kanske häftigt, samlade aktioner är möjliga. Nya enfamiljshus skall undvikas. Ifall lägenheter byggs skall hänsyn tas till ljudisoleringen mot flygbuller.
	3	Bostäder är ej lämpliga.
CNEL USA	A	Rekommenderat lägsta gränsvärde för bostadsbebyggelse (normal ljudisolering) för alla nya flygplatser och alla nu existerande efter 1985.
	B	Rekommenderad interimsgräns för bostadsbebyggelse (normal ljudisolering) för existerande flygplatser.
Q Tyskland	1	Bostäder får byggas.
	2	Bostäder med förstärkt ljudisolering får byggas men ej sjukhus, ålderdomshem etc.
	3	Bostäder får ej byggas.
NNI Storbritannien	A	Trolig tröskel för början till en flygbullerstörning.
	B	Ungefärlig gräns över vilken bullerbelastningen är oacceptabel (dagtid) med hänsyn till bostadsbebyggelse.

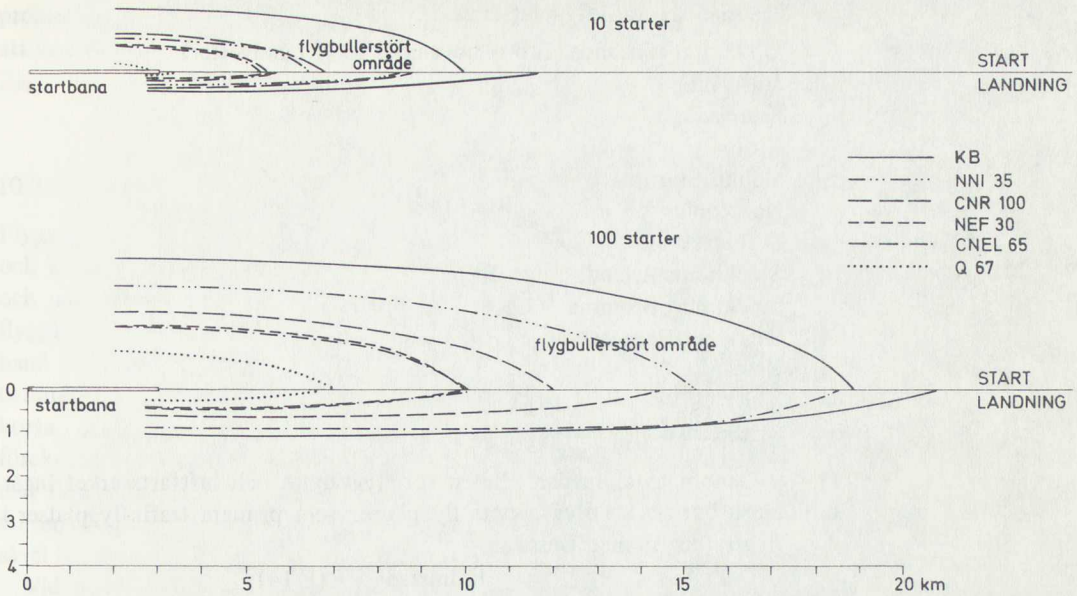
Eftersom slutresultatet i form av rekommendationer blir beroende av hela kedjan av förutsättningar och delberäkningar, görs nedan en förenklad överslagsberäkning där alla förutsättningar har antagits lika för de olika metoderna för att belysa hur storleken av rekommenderat skyddsområde varierar med själva bedömningsmetoden.

Figur 10.21 visar de på detta sätt erhållna skyddsområdena som funktion av bedömningsmetod. Av figuren framgår bl a att den svenska metoden (kritisk bullergräns) ger det största skyddsområdet till resultat under det att den tyska Q-metoden leder till det minsta skyddsområdet.

Vid beräkningen som ligger till grund för figur 10.21 har valts en representativ bullermatta vid landning och start för ett tvåmotorigt jetflygplan med turbofanmotor typ DC-9 eller likvärdigt.

Beräkningen har baserats på 10 respektive 100 starter och landningar per dygn. Antagen dygnsfördelning är 70, 25, 5 % för dag, kväll respektive natt. Flygbullergränserna för respektive metoder är beräknade för de strängaste av de gränsvärden som markerats i figur 10.20.

Sambandet mellan olika mått på störnivån dB(A), PNdB, EPNdB osv är beräknat under vissa förenklade antaganden. Förenkligen är dock inte



Figur 10.21 Flygbullerstört område – skyddsområde – som funktion av bedömningsmetod.

större än att sådana egenskaper som varaktighetskorrektionens beroende av ljudutbredningsavståndet kommer fram i jämförelsen. Därvid kan nämnas att måtten dB(A) och PNdB respektive EPNdB och SENL (Single Event Noise Level enligt CNEL-metoden) är inbördes relativt väl översättbara med en konstant. Jämför man t ex måtten PNdB och EPNdB medför varaktighetskorrektionen att EPNdB-värdet blir lägre än PNdB-värdet vid korta ljudutbredningsavstånd och högre vid långa avstånd.

NEF-metoden (7) respektive CNEL-metoden (2) kan sägas spegla två skolor vad gäller inställningen till den beräkningsmetodik som används för att beräkna erforderliga skyddszoner. I CNEL-metoden utgår man från att man endast ungefärligen kan förutbestämma den fysikaliskt riktiga gränsen. Man har därför utvecklat en tekniskt avancerad kontrollmätningsmetod för att kunna mäta in den verkliga gränsen. NEF-metoden innehåller en beräkningsmetod och ett datorprogram som ger möjlighet att med god beräkningsnoggrannhet och snabbhet behandla en stor mängd ingångsdata och därmed få ett tillförlitligt resultat grundat på enbart beräkningar.

10.2 *Nuvarande bullerförhållanden*

10.2.1 Civila flygplatser

Staten är genom luftfartsverket huvudman och driftansvarig för tretton trafikflygplatser, vilka ingår som primärflygplatser i flygtrafiksystemet.

Dessa civila trafikflygplatser är

Göteborg/Torslanda (fr o m november 1977 Landvetter)
Jönköping
Karlstad
Kiruna
Malmö/Sturup
Norrköping
Skellefteå
Stockholm/Arlanda
Stockholm/Bromma
Sundsvall/Härnösand
Umeå
Visby
Örnsköldsvik

Genom avtal mellan chefen för flygvapnet och luftfartsverket ingår dessutom sex av flygvapnets flygplatser som primära trafikflygplatser i flygtrafiksystemet. Dessa är

Halmstad	(F 14)
Kalmar	(F 12)
Luleå	(F 21)
Ronneby	(F 17)
Ängelholm	(F 10)
Östersund	(F 4)

I flygtrafiksystemet ingår dessutom sju kommunalt drivna flygplatser med reguljär flygtrafik som s k sekundära trafikflygplatser

Gällivare
Hultsfred
Kramfors/Ådalen
Kristianstad/Everöd
Växjö/Uråsa (fr o m september 1975 Växjö/Öjaby)
Falun/Borlänge
Gävle/Sandviken

Förutom de här nämnda flygplatserna finns ett stort antal mindre flygplatser för trafik med lätta flygplan. Dessa har varierande utrustning, kapacitet och standard och används i huvudsak för taxiflyg, skolflyg och privatflyg.

Vid de civila trafikflygplatserna har flygbullerstörningar varit mest uttalade vid Bromma och Arlanda. Bullerutredningar har dock utförts för tio av de tretton primärflygplatserna. På grund av förändringar i trafiken, banombyggnader o d är emellertid flera av dessa utredningar numera helt eller delvis inaktuella. Luftfartsverket har därför startat ett uppdateringsprogram för periodiska översyner av flygplatsernas bullerförhållanden för att förhållandena skall kunna hållas under uppsikt med hänsyn till trafikutvecklingen.

I avseende på de militära flygplatser som ingår som primärflygplatser i det reguljära flygtrafiksystemet har i allmänhet inga markanta flygbuller-

problem från den civila trafiken observerats, sannolikt delvis beroende på att den militära flygverksamheten dominerar.

10.2.2 Militära flygplatser

Flygvapnets flygplatser utgörs av flottiljflygplatser, övningsflygplatser och krigsflygplatser. Dessutom förekommer några flygplatser för arméoch marinflyg där huvudsakligen verksamhet med helikoptrar och lätta flygplan förekommer. På flottiljflygplatserna, där flygvapnets flygförband är förlagda, bedrivs huvuddelen av flygverksamheten i fredstid. På övnings- och krigsflygplatser bedrivs främst tillämpningsövningar under korta tidsperioder, i genomsnitt omkring en vecka per år. Dessutom förekommer enstaka flygningar. Vid några få övningsflygplatser förekommer flygövningar dock under längre tidsperioder. Vissa militära flygplatser används även för civil trafik. Omfattningen av denna bedöms öka såväl beträffande antalet utnyttjade fält som i fråga om flygfrekvens.

Vid bedömningar av bullerförhållanden vid militära flygplatser har det befunnits nödvändigt att närmare studera endast flottiljflygplatserna. Även om bullret vid övriga flygplatser kan bli besvärande har det inte ansetts erforderligt att ta med dem. Anledningen härtill är den låga övningsfrekvensen och, beträffande arméns och marinens flygplatser, de flygplanstyper som där används. Antalet flottiljflygplatser uppgår f. n. till 16 varav 14 med fredsbaserade flygförband. Läge och flygslag redovisas i tabell 10.12.

Flottiljflygplatserna är i allmänhet belägna intill större tätorter. Då dessa anlades hade jetmotorn ännu ej tagits i bruk och dåvarande relativt tystgående flygplan var icke någon större störningskälla för kringboende även om bullret från främst omfattande varmkörningar av motorer stundom kunde vara en källa till irritation. Efter övergång till jetflygplan har bullerstörningarna successivt ökat vilket medfört problem för boende i närliggande tätorter. Samtidigt har på flera ställen tätortsbebyggelsen vuxit och alltmer närmat sig flygplatserna. Åtgärder har vidtagits för att genom trafikreglering, t. ex. svängar, reglering av start och landningsriktningar m. m., förbättra bullersituationen. Vidare har på samtliga flottiljflygplatser införts anläggningar för dämpning av buller vid stationär provkörning av motorer.

Under 1970- och 1980-talen kommer ett antal flygflottiljer att läggas ned samtidigt som flygfrekvensen på vissa av de återstående flottiljflygplatserna kan beräknas nedgå. Exakt vilka flottiljer som kan komma att beröras under den senare delen av perioden och hur stor nedgången i flygfrekvensen blir kan f. n. ej bedömas. Vid beslut om vilka flottiljer som skall indras är bullersituationen en faktor som invägs i beslutet.

Bullerstörningarna från en flottiljflygplats påverkas av rullbanornas placering i förhållande till störningskänsliga områden och antalet rullbanor. Om flygplatsen är försedd med mer än en rullbana, ökar möjligheterna att undvika bullerkänsliga områden. Ett flerbanssystem kan emellertid

Tabell 10.12 Flygvapnets flottiljflygplatser. Nuvarande och bedömd framtida verksamhet samt bedömning av dagens bullersituation

Förband	Plats	Flygslag (typ)		Nuvarande bullersituation	Bedömda framtida förändringar
		Nu	Framtida		
F1	Hässlö/ Västerås	J (J35)	J (J35→JA37)	2	
F4	Frösön/ Östersund	J (J35)	J (J35→JA 37)	2	Ökad civil flygtrafik förutses.
F5	Ljungbyhed	SK (SK60, 61)	SK SK60, 61)	2	
F6	Karlsborg	A (A32)	A (AJ37)	1	
F7	Såtenäs	A (AJ37)	A (AJ37)	3	
F10	Ängelholm	J (J35)	J (J35→JA37)	2	Ökad civil flygtrafik förutses.
F11	Nyköping	S (S35, S32)	–	3	Kommer att dras in ~1980. Viss militär flygverksamhet kommer att fortsätta.
F12	Kalmar	J (J35)	–	1	Kommer att dras in ~1980. Viss militär flygverksamhet kommer att fortsätta. Ökad civil flygtrafik förutses.
F13	Bråvalla	J (J35)	J (J35→JA37)	1	
F13M	Malmen	Tp, M, Fc (Samtliga försvarets flygplan)	Tp, M, Fc (Samtliga försvarets flygplan)	2	
F14	Halmstad	–	–	–	Civil flygtrafik samt begränsad militär sådan.
F15	Söderhamn	A (A32)	A (AJ37)	2	
F16/ F20	Uppsala	J, SK (J35, SK60)	J, SK (J35, SK60)	2	
F17	Ronneby	A, J (A32, J35)	J (J35→JA37)	2	Ökad civil flygtrafik förutses.
F18	Tullinge/ Stockholm	Sb + (SK60)	Sb + (SK60)	2	Flygverksamhet med krigsflygplan motsvarande en reducerad div förutses.
F21	Kallax/ Luleå	J, S, LA (J35, S35, SK60)	J, S, LA (J35→JA37, S35→S37, SK60)	2	Ökad civil trafik förutses.

Flygslag: J = Jakt, A = Attack, Fc = Försöksverksamhet, LA = Lätt Attack, M = Målflyg, S = Spaning, SK = Skol, Tp = Transport, Sb = Samband.

Anm. 1. Bullersituationen har schematiskt angivits med en inbördes gradering från 1 till 3 så att de förhållandevis största problemen markerats med 1 och de minsta med 3. Några jämförande undersökningar vid de olika flottiljflygplatserna har dock inte genomförts. Här redovisas därför endast en grov bedömning. Försvarets fredsorganisationsutredning, delbetänkande nr 9 (Ds Fö 1973:2).

Anm. 2. Uppgifterna beträffande framtiden är ytterligt osäkra. Ytterligare flottiljer kan bli föremål för indragningar. Antalet flygdivisioner förutses komma att nedgå kraftigt varför flygfrekvensen bedöms komma att nedgå jämfört med dagens frekvens.

Anm. 3. Spaningsflygdivisionerna vid F 11 kommer att överföras till andra flottiljer i samband med att antalet divisioner på dessa minskas. Detta bedöms inte komma att påverka bullersituationen.

medföra ökade svårigheter att utnyttja marken kring en flygplats. För moderna flygplanstyper är det i regel tillräckligt med en bana eftersom flygplanen numera kan starta och landa i starkare sidvind. De ökade kraven att uppträda under mörker och under svåra väderleksförhållanden har medfört att kostsamma inflygningsanläggningar måst uppföras. Av ekonomiska skäl har dessa måst koncentreras till endast en bana, vilket haft till följd att främst landningsriktningen har blivit alltmer låst även på flygplatser med flera banor.

Vid byggandet av nya landningsbanor och på senare tid även vid val av och utbyggnad av en befintlig bana till huvudbana har man i största möjliga utsträckning sökt ge banorna den från störningssynpunkt lämpligaste sträckningen. Ekonomiska samt flyg- och byggnadstekniska skäl har dock gjort att den mest önskvärda sträckningen inte alltid kunnat väljas. Delvis beroende på att nuvarande bullerförhållanden inte kunnat förutses och delvis beroende på bristande hänsyn till befintligt eller förutsett flygbuller har bebyggelse i många fall kommit att placeras olämpligt i förhållande till flottiljflygplatserna.

Flygfrekvens

Av de 14 flottiljerna med fredsbaserade flygförband har åtta en flygfrekvens av över 10 000 flygplansrörelser per år och sex en frekvens under 10 000 rörelser per år. Den kommande reduktionen av flygvapnets omfattning torde komma att innebära att de flesta flottiljflygplatserna får mindre än 10 000 flygplansrörelser per år.

Flygövningarnas fördelning

Flygövningarnas fördelning mellan dag, kväll och natt påverkar i hög grad bullerstörningarna kring flottiljflygplatserna. Strävan är därför att förlägga mörkerflygövningarna till kvällen. Som regel avslutas dessa senast kl 22.00. Flygningar under natt förekommer ytterst sporadiskt och endast i samband med större övningar och incidentberedskap.

Vidare förekommer flygningar under lördagar–söndagar och under helger mycket sporadiskt och då i samband med särskilda övningar och som incidentberedskapsuppdrag.

10.2.3 Militär lågflygning

Lågflygning med militära flygplan kan medföra att allmänheten störs, dels av buller och dels genom skrämsel. Bägge dessa effekter ökar med minskad flyghöjd och ökad fart, dels i form av högre ljudnivå, dels för att ljudet då kommer mer plötsligt. Möjligheterna att reducera dessa störningar har bedömts böra studeras. Främst är det flygvapnets förhållande som här kommer att belysas eftersom de kraftigaste störningarna bedöms komma från flygvapnets motorstarka flygplan när dessa vid övningar framförs på låg höjd med hög fart.

Behov av lågflygning

Den moderna stridsmiljön har medfört att våra attack- och spaningsförband, för att kunna lösa sina uppgifter med ett minimum av egna förluster, i stor utsträckning måste uppträda på mycket låga flyghöjder. I princip gäller att ju lägre flyghöjden är desto mindre är risken för egna förluster p. g. a. fientlig motverkan. Denna regel gäller naturligtvis även för en eventuell angripare varför man kan vänta att hans anfallsflyg i stor utsträckning kommer att uppträda på låg höjd. För att möta detta hot måste vårt luftförsvar byggas upp så att det bibehåller en stor avvärjande effekt även mot en angripare som använder sig av ett låghöjdsuppträdande. En av de verksammaste komponenterna i vårt luftförsvar, jaktflyget, måste därför ges en sådan utbildning att det kan verka med god effekt på låg höjd.

Ett låghöjdsuppträdande är svårt och ställer mycket höga krav på den flygande personalens kunnande. Om flygvapnet skall kunna uppnå största möjliga effekt i förhållande till satsade pengar måste således lågflygövningar kunna bedrivas i stor utsträckning. En kompromiss är således nödvändig mellan å ena sidan allmänhetens krav på en tyst miljö och å andra sidan samma allmänhets krav på ett effektivt utnyttjande av de pengar som satsas på försvaret.

Områden för lågflygning

Bland annat för att minska störningarna koncentreras den grundläggande utbildningen i lågflygning i största möjliga utsträckning till särskilda lågflygområden eller lågflygstråk. Dessa har förlagts till områden med endast ringa bebyggelse och deras utsträckning revideras med jämna mellanrum bl. a. med hänsyn till bebyggelsens utveckling. Utsträckningen av och tider för utnyttjandet av lågflygstråk och -områden skall enligt Kungl. Maj:ts beslut bestämmas i samråd mellan länsstyrelserna och de militära myndigheterna.

Vid tillämpade övningar är det emellertid icke möjligt att begränsa lågflygningen till endast dessa stråk och områden, eftersom man i dessa övningar söker efterlikna en realistisk stridsmiljö där man bl. a. vill illustrera en eventuell angripares tänkbara uppträdande. De områden som berörs av sådana övningar blir även med nödvändighet mycket stora. Inom vilka delar av vårt land som sådana övningar skall bedrivas bestäms i stor utsträckning av övningsbehovet för våra fasta luftförsvarsanläggningar, såsom luftvärn, stridslednings- och luftbevakningsorgan. Dessa anläggningar är helt naturligt koncentrerade till områden som är särskilt viktiga från luftförsvarssynpunkt. I vissa övningar deltar även stridskrafter ur armén och marinen vilkas krav på lämplig övningsterräng också måste tillgodoses. Allt detta innebär att flygövningar med lågflygning ofta måste förläggas till områden där allmänheten i stor utsträckning kan bli störd.

Nu tillämpade restriktioner för lågflygning

Redan nu har inom försvaret anbefallts omfattande restriktioner för lågflygning bl. a. för att minska störningarna. Förutom åtgärden att koncentrera lågflygningarna till, bl. a. i störningshänseende, särskilt rekognoserade områden och stråk, har följande åtgärder reglerats i OSF (*O*rdnings- och *S*äkerhetsföreskrifter för militär *F*lygning):

- Vid planläggning och genomförande av all flygning skall hänsyn tas bl. a. till bullerstörningar.
- Val av bana för start och landning skall göras med hänsyn till bl. a. bullerstörningar.
- Överljudsflygning tillåts av störningsskäl icke under 10 000 m över land och 5 000 m över hav
- Lägsta flyghöjd – utom i samband med start och landning – skall av bl. a. störningsskäl vara:
  - för jetflygplan 1 000 m; med tänd efterbrännkammare 2 000 m
  - för propellerflygplan och helikoptrar 150 m.

Lägre flyghöjder än dessa – momentant ned till 10 m över vatten och 20 m över land – får dock beordras av lägst divisionschef då i förväg särskilt uppställt övningsändamål, trafik- eller väderförhållanden så kräver. Härvid gäller dock att flyghöjden över land inom södra och mellersta Sverige (i stort söder linjen Gävle–Strömstad) icke får underskrida 200 m tiden juni t. o. m. augusti och 100 m under resten av året. Avsteg härifrån kan medges av lägst militärbefälhavare vid särskilt viktiga övningar.

Enligt särskilda anvisningar skall flygningar på de lägsta flyghöjderna i första hand genomföras inom lågflygstråk och -områden. Kan så icke ske skall dock fortfarande största möjliga hänsyn tas till bullerstörningar och särskilt bullerkänsliga områden undvikas. I vissa fall anbefalls även fartrestriktioner för att ytterligare minska störningarna.

Ytterligare tänkbara restriktioner

Det torde vara möjligt att, utan alltför allvarliga konsekvenser för det militära flyget, anbefalla överflygningsförbud under viss höjd även över begränsade, särskilt bullerkänsliga områden utöver dem som tidigare nämnts t. ex. vissa områden för rörligt friluftsliv. Överflygningsförbudet bör härvid tidsbegränsas till de tider då dessa områden huvudsakligen utnyttjas, t. ex. semestertider, veckoslut och helger. Införandet av sådana överflygningsförbud måste ske i samverkan med de militära myndigheterna och luftfartsverket. Mer vittgående och generella begränsningar av den militära lågflygverksamheten torde få oacceptabla konsekvenser för flygvapnets krigsduglighet.

10.3 *Lokalisering av nya civila flygplatser*

10.3.1 Allmänna överväganden i planeringsarbetet

Vid de överväganden som föregår det slutliga ställningstagandet till lokaliseringen av en flygplats måste självklart de tekniska, ekonomiska och övriga krav som ställs från trafiksynpunkt beaktas. Lika självklart är emellertid att hänsyn också måste tas till utbredningen av det buller som flygverksamheten kommer att medföra och de restriktioner i fråga om markanvändning som föranleds härav.

Som underlag för ställningstaganden i fråga om lokalisering och dimensionering av flygplatser erfordras på ett tidigt stadium av planeringsarbetet en bedömning av det nuvarande och framtida trafikunderlaget samt av den regionala utvecklingen. Trafikunderlagsberäkningarna bildar utgångspunkt för det utredningsarbete som skall ge beslutsfattarna underlag för att

- fastställa behovet av flygplatsutbyggnad i en region
- bestämma lokaliseringsområde och läge inom detta
- bestämma dimensionering och standard på flygplatsen
- vidta erforderliga markreservationer
- bestämma behov av och tidpunkter för etapputbyggnader.

Trafikprognoserna tjänar förutom att vara ett hjälpmedel för att klarlägga trafikbehovet och de ekonomiska förutsättningarna för ett flygplatsprojekt också som underlag vid bedömning av framtida bullerstörningar.

Valet av lokaliseringsområde för en flygplats påverkas i första hand av det beräknade trafikunderlaget. Tillgången till goda markkommunikationer är en annan viktig faktor för lokaliseringsvalet. För att flygplatsen skall kunna fylla sin funktion och uppfylla rimliga krav på tillgänglighet måste den ha god anknytning till vägtrafiksystemet och ligga inom rimligt restidsavstånd från tyngdpunkten i upptagningsområdet. Vid alla flygplatser med linjefart måste möjligheter till kollektiv marktransport föreligga. Övriga faktorer som måste beaktas vid bestämningen av lokaliseringsområdet är förekomsten av närbelägna andra flygplatser, flyghinder, restriktionsområden och luftrumsförhållanden.

10.3.2 Region- och generalplanefrågor

Före detaljstudier av alternativa flygplatslägen inom ett översiktligt bestämt lokaliseringsområde ägnas region- och generalplanefrågor särskild uppmärksamhet. En noggrann genomgång av läget vad gäller översiktliga planer och deras aktualitet är erforderlig. Förutom region- och generalplaner kan planer finnas av annan typ, t ex naturvårdsplaner. Olika berörda myndigheter, framför allt på regional och kommunal nivå, kan ha gjort principuttalanden eller fattat beslut som kan påverka flygplatsfrågan. I ärenden enligt 64 § LK, som ursprungligen avsåg en prövning av flygplatser ur tekniska och säkerhetsmässiga aspekter, har plan- och miljöskäl tillmätts en allt större betydelse.

Konsekvenserna för kommunernas del av önskemål beträffande lokalisering av och markreservation för flygplatser har blivit belysta inom ramen för den fysiska riksplaneringen. Detta har skett vid överläggningar mellan länsstyrelserna och kommunerna samt ingår i den redovisning som länsstyrelserna lämnat regeringen. Detta torde komma att medföra krav på att s k bullerskyddszoner läggs ut såväl vid byggande av nya flygplatser som vid befintliga flygplatser.

I princip innebär en sådan bullerskyddszon att markreservationer skall göras kring en flygplats så att framtida konflikter mellan olika intressen kan undvikas. Härvid avses kravet på rimlig handlingsfrihet för flygverksamheten i flygplatsens närhet bli tillgodosett genom att man inom zonen tillåter endast sådan markanvändning som skall kunna tåla förekomsten av bullerstörningar.

10.3.3 Tillämpning av den kritiska bullergränsen

Luftfartsverket har utrett och bedömt bullerförhållandena vid statliga trafikflygplatser, som regel i samråd med planverket. I det följande redogörs huvudsakligen för hur planverket bedömer bullerärenden och hur utnyttjandet av kritisk bullergräns under senare år har förändrats, särskilt då det gällt att ta ställning till det bullerstörda områdets omfattning.

Planverkets bedömning sker i allt väsentligt på grundval av den kritiska bullergränsen.

De faktorer som påverkar bestämningen av den kritiska bullergränsen är främst

a) det framtida antalet flygplansrörelser (starter och landningar vid flygplatsen)
b) flygplansrörelsernas fördelning i de olika banriktningarna
c) flygplansrörelsernas fördelning inom dygnet, dvs på dag-, kvälls- och nattid
d) förekommande flygplanstyper och deras inbördes fördelning (med särskild inriktning på den signifikanta bulleravgivningen för varje plantyp eller för varje grupp av typer, t ex "tunga jetplan").

De tre första faktorerna bestämmer SED-frekvensen; därefter kan man med kännedom om de olika flygplanstypernas bullerdata bestämma läget av den kritiska bullergränsen. Om flera plantyper ingår, sker en addering av de olika bullernivåerna i enlighet med deras inbördes fördelning.

För att kunna bedöma flygbullerförhållandena från samhällsplaneringssynpunkt har planverket ansett att den omfattning trafiken förväntas få ett horisontår, beläget cirka 15–20 år framåt i tiden, bör utgöra beräkningsunderlag. Valet av horisontår har gjorts främst med tanke på att de plantyper som används idag med stor sannolikhet alltjämt är i bruk även om 15 à 20 år.

Beträffande flygtrafikens tillväxt har planverket utgått från ett liknan-

de antagande som 1956 års flygbullerutredning, dvs, att den årliga ökningen under tiden fram till omkring 1985 kommer att ligga vid 8 à 10 %. Detta gäller allt slags flyg, således även allmänflyg. För fraktflygets del kan man dock räkna med en något större ökning.

Vid bedömning av flygtrafikens dygnsfördelning har planverket utgått från följande dygnsfördelning som sannolik under den närmaste 10-årsperioden

Starter:

Dag	Kväll	Natt
65 %	25 %	10 %

Landningar:

Dag	Kväll	Natt
58 %	30 %	12 %

Denna bedömning grundas på idag vanliga fördelningar vid några större flygplatser. Eftersom antalet rörelser under natten tillmäts stor betydelse vid bestämning av SED-frekvensen har vikt lagts vid att inte underskatta andelen starter och landningar under natt.

Vid prognoser som sträcker sig fram emot år 2 000 har man ansett det rimligt att räkna med något tystare plantyper under periodens senare del. Så har skett vid framräkningen av den kritiska bullergränsen för exempelvis Sturup och Härryda. Skulle utvecklingen gå mot avsevärt tystare plantyper än vad man antagit, dvs en minskning av storleksordningen 20–30 dB, får en korrigering ske av tidigare framräknade kritiska bullergränser varvid bl a bostadsbebyggelse kan tillåtas närmare flygplatsen än vad man, när gränsen framräknades, ansåg vara tillrådligt.

10.4 *Lokalisering av bebyggelse vid befintliga flygplatser*

I sitt betänkande anförde 1956 års flygbullerutredning att fordringarna på bullerfrihet vid planering av bebyggelse invid befintlig flygplats fick avvägas mot övriga standardkrav. Utredningen anförde härom.

"Den lägsta standard som bör hållas ifråga om frihet från buller synes därvid vara de nivåer som vid olika flygfrekvens angivits såsom gräns för det kritiska bullret även om det i enskilda fall kan komma ifråga att medge eftergifter från dessa standardkrav, exempelvis vid komplettering av befintlig bostadsbebyggelse. Då bullerfriheten i och för sig är en kvalitet, bör man sträva efter minsta möjliga bullerstörningar i ett bostadsområde. Där marktillgången är riklig och man kan välja mellan olika i övrigt jämförbara exploateringsalternativ, finns det alltså skäl att välja de områden som är minst störda av buller och att därvid hålla större bebyggelsefria avstånd mellan bullerkällan och bebyggelsen än vad som skulle bli följden om man enbart tillämpade utredningens riktlinjer för gränsdragningen mellan tolerabelt och kritiskt buller. Då vi som regel har relativt god tillgång till lämplig mark för bostadsbebyggelse torde ny sådan bebyggelse sällan behöva förläggas till områden, där bullret från närliggande flygplats når upp till – eller överstiger – de ovan angivna gränsvärdena. Dessa bör således icke uppfattas som en generellt giltig standard för samhällsplaneringen."

Denna sista mening har ofta citerats då det gällt att avgöra på vilket avstånd från en flygplats bebyggelse kan tillrådas. Den har i flera fall tagits till intäkt för att underskrida det standardkrav, den kritiska gränsen, som utredningen rekommenderade. Av det citerade stycket framgår dock klart att utredningen i stället menat att man vid lokaliseringen av bebyggelsen bör hålla sig på säkra sidan och alltså inte i onödan tillåta bebyggelsen att tränga fram till den gräns där bullerstörningarna överskrider godtagbar nivå.

Flygbullerutredningen framhöll slutligen att områden i närheten av flygplatser i många fall torde kunna komma till användning för industrianläggningar, upplag och andra icke bullerkänsliga anläggningar. De principer som här angivits för lokalisering av ny bostadsbebyggelse i närheten av befintliga flygplatser borde enligt flygbullerutredningen även tillämpas vid anläggandet av nya flygplatser och vid utbyggnad av befintlig flygplats.

Planverket – och tidigare byggnadsstyrelsen – har som tidigare nämnts vid sin handläggning av sådana ärenden vilka krävt ställningstaganden till flygbullerproblem i allt väsentligt grundat sina bedömningar på utredningens rekommendationer. Kungl Maj:t har också i åtskilliga fall helt eller delvis vägrat fastställande av planer med bebyggelse intill flygplatser, när det klarlagts att bebyggelsen skulle belastas med flygbuller över de gränsvärden som förordats av flygbullerutredningen.

10.5 *Åskådliggörande av det bullerstörda områdets omfattning med tillämpning av kritisk bullergräns*

Det egentliga syftet med att redovisa den kritiska bullergränsen har varit att för samhällsplaneraren ange hur nära en flygplats man ansett sig kunna tillåta bebyggelse av olika slag utan att en alltför stor del av de boende kommer att känna sig störda av flygbullret.

Eftersom man kan få stora skillnader i fråga om det uppskattade antalet faktiskt störda beroende på hur gränsen redovisas, finns det anledning att något närmare redogöra för hur sättet att åskådliggöra det bullerstörda området kring en flygplats har förändrats under senare år.

Eftersom ljudnivån för de höga nivåerna avtar ganska snabbt i sidled räknat från flygplanets rörelselinje kommer linjer som sammanbinder punkter med höga ljudnivåer att ligga relativt tätt. De något lägre nivåerna avtar inte fullt så snabbt; dessa kurvor ligger därför glesare. Detta förhållande gäller även i längdled, men här är de absoluta måtten större. Eftersom man för de större flygplatserna räknat med en årlig SED-frekvens fram emot år 2 000 som kan uppgå till mer än 50 000 för en och samma banriktning, kommer den kritiska bullergränsen att ligga någonstans i intervallet 70–75 dB(A). En skillnad på någon dB vid bestämningen av denna gräns har därför ytmässigt resulterat i rätt stora skillnader vid fastställandet av det bullerstörda områdets storlek.

Figurerna 10.22a–d får tjäna som exempel på hur redovisningen av den kritiska bullergränsen för planverkets del under senare år har

anpassats till gjorda erfarenheter rörande flygoperativa förhållanden vid en flygplats och en därav betingad insikt om nödvändigheten av vissa reservområden utanför den kritiska gränsen. Man har även utgått ifrån att inte samtliga ingående antaganden alltid kommer att vara helt uppfyllda. I exemplet har antagits att fördelningen av flygplanrörelserna i de båda banriktningarna är lika; vidare att trafikprogram, dygnsfördelning etc är samma i samtliga figurer.

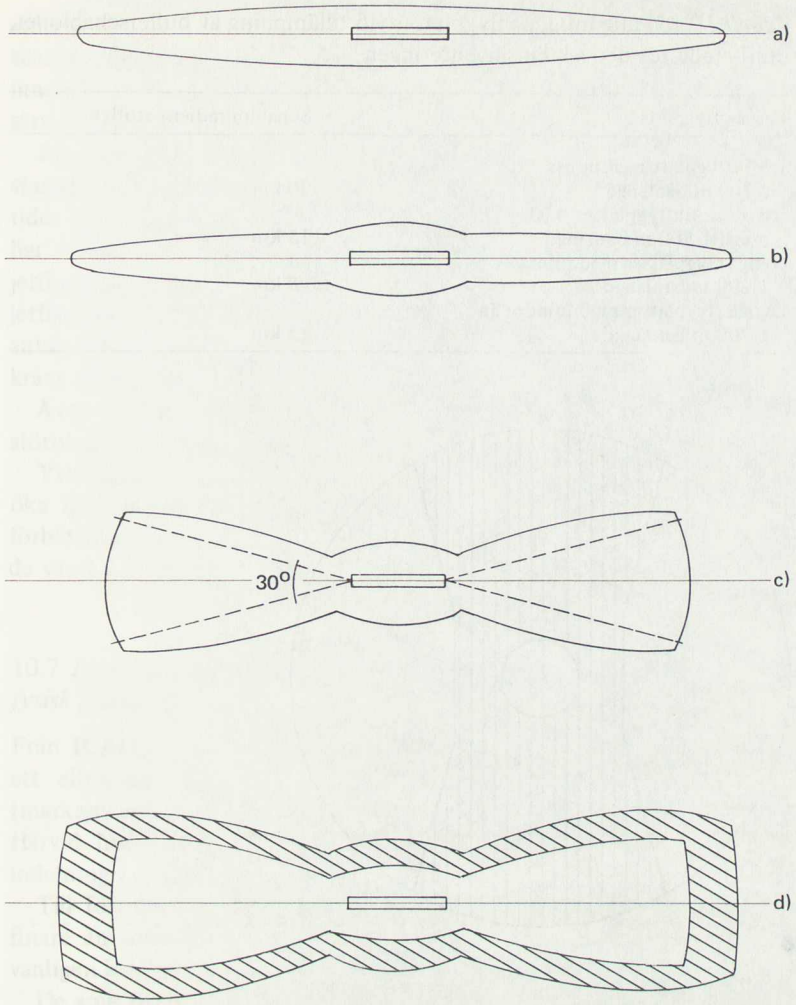
I figur 10.22a visas hur kritisk bullergräns ofta brukar redovisas. Man har här antagit att utflygning efter start sker i banriktningen till en sådan höjd att den kritiska gränsen passeras medan planet befinner sig i denna riktning och att planet först därefter svänger mot det aktuella målet. Likaså sker inflygning för landning från sådan höjd att den kritiska gränsen passeras ovan ifrån. Även om det är teoretiskt möjligt att en sådan samling av flygrörelserna kan åstadkommas har man dock ansett att bilden bör justeras i vad avser områdena på ömse sidor om banan, eftersom dessa områden blir dubbelstörda. De drabbas alltså av buller både då start respektive landning sker mot/från det ena hållet och då den sker i motsatt riktning. Under alla omständigheter bör bilden således se ut som figur 10.22 b.

Det är emellertid föga troligt att flygplanen så strikt håller sig till linjerna i banornas förlängning. För civila flygplatser är det tvärtom så, att flygplanen efter start så snabbt som möjligt söker sig mot destinationen. Man har därför ansett att man bör räkna med en viss spridning i sidled efter start. För den översiktliga planeringens del har man räknat med att spridningen sker inom en 30°-sektor, dvs ± 15° från linjerna i banornas förlängningar. Vid inflygning för landning brukar antas att flygplanen befinner sig i banförlängningen senast cirka 10 km från närmaste bantröskel.

För militära flygplatser har man räknat med att spridningen i sidled är betydligt mindre – uppskattningsvis några få grader. Längre bort från banan, där den kritiska gränsen slutar, brukar man dock räkna med att spridningen blir något större.

Enligt detta resonemang skulle den kritiska gränsen kring en flygplats få det utseende som figur 10.22 c visar. Eftersom spridningen även innebär en viss reduktion av bullerbelastningen per ytenhet räknat, kan längden på det bullerstörda området avkortas något.

Även om en redovisning av den kritiska bullergränsen enligt figur 10.22 c får sägas utgöra en mer realistisk redovisning än den enligt figur 10.22 b, återstår ändock vissa problem hänförliga till osäkerheten i prognoserna. Eftersom det varit avsikten att den kritiska gränsen skall tjäna som ledning vid den kommande planeringen – såväl på översiktssom detaljnivå – för i första hand bostadsbebyggelse, har man alltså redan i ett tidigt skede räknat med att det kan behövas en viss marginal, en osäkerhetszon, omedelbart utanför den framräknade kritiska gränsen, där kritiskt buller eventuellt kan uppstå. I figur 10.22 d visas hur en sådan osäkerhetszon utlagts utanför den kritiska bullergränsen. Ljudnivån vid den yttre gränsen har då angetts i relation till den kritiska gränsen, t ex "kritiskt buller minus 5 dB(A)".



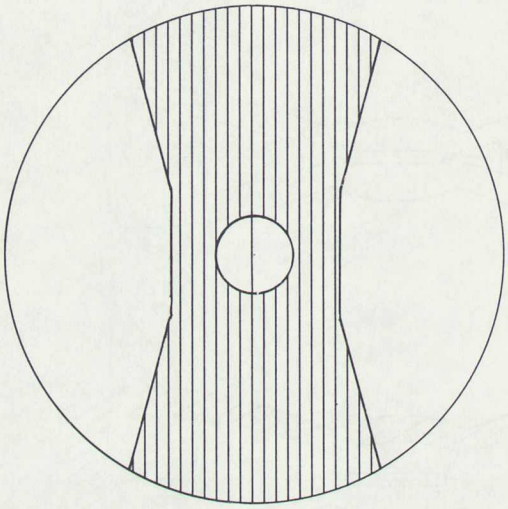
Figur 10.22 Redovisning av kritisk bullergräns. Se vidare texten.

För den översiktliga planeringen kan det i ett planeringsskede många gånger vara tillfyllest med en icke alltför exakt redovisning av det bullerstörda områdets storlek. Till den s k länsinventeringen, som påbörjades i planverkets regi – och vars syfte är att samla och kartlägga de faktorer som kan vara av intresse för den fysiska planeringen – har utarbetats några bullerschabloner, med utseende enligt figur 10.23 nedan. För enkelhetens skulle har en indelning av flygplatserna gjorts i fyra grupper, skilda åt i fråga om storleken på radien av schabloner enligt tabell 10.13.

Schablonerna är konstruerade utifrån den kritiska bullergränsen, men har avsiktligt gjorts något större. De är i första hand tänkta att tjäna som en påminnelse om att kritiskt buller kan uppstå inom deras gränser.

Tabell 10.13 Indelning av flygplatser vid tillämpning av bullerschabloner, utarbetade för den s k länsinventeringen

Typ av flygplats	Schablonradiens storlek
Trafikflygplats med minst 2 100 m banlängd	20 km
Övriga trafikflygplatser med minst 1 500 m banlängd	15 km
Övriga flygplatser med minst 1 200 m banlängd	8 km
Övriga flygplatser med mindre än 1 200 m banlängd	3 km



Figur 10.23 Exempel på bullerschablon, utarbetad till den s k länsinventeringen.

10.6 *Åtgärder vid flygplatser när bullerbelastningen ökar*

Den snabba utvecklingen av flygtrafiken har medfört behov av att utvidga flygplatserna bl a genom förlängning av rullbanor och i vissa fall nyanläggning av sådana. Nya markområden har därvid fogats till flygplatserna. Utbyggnaden av flygplatserna, den ökade trafikintensiteten och den tekniska utvecklingen har i vissa fall medfört att tidigare icke särskilt bullerexponerad bebyggelse utsätts för oacceptabel exposition.

Samtidigt har ofta bebyggelsen trängt närmare flygplatsen i samband med den ökade urbaniseringen. Som regel har denna bebyggelse skett på områden, som man i planläggningen ej förutsåg skulle bli bullerstörda. Ett antal exempel finns emellertid också på att man, trots att den myndighet som driver flygplatsen avrått, tillåtit bebyggelse inom områden som bedömts komma att bli störda av flygbuller.

För att begränsa bullerstörningar inom befintlig bebyggelse i flygplatsens närhet vidtas som regel redan nu en rad åtgärder. Vanligast är att särskilda start- och landningsprocedurer eller andra flygoperativa åtgärder

vidtas som alla syftar till att minska bullerstörningarna inom särskilt störda områden. Dessa åtgärder, som finns närmare beskrivna i kap 8, innebär dock endast att man i viss utsträckning flyttar bullret från särskilt känsliga områden till mindre känsliga sådana.

En annan möjlighet att reducera störningarna är att minska antalet starter och landningar, t ex genom förbud, helt eller delvis, under vissa tider och gällande all flygtrafik eller endast vissa flygplanstyper. I Sverige har förekommit sådana inskränkningar såsom förbud mot flygning med jetflygplan under natt eller förbud mot all reguljär flygtrafik med jetflygplan. I USA förekommer på vissa flygplatser försök att reducera antalet flygplansrörelser med särskilt bullrande flygplanstyper genom att kräva särskilt höga start- och landningsavgifter för dessa.

Även buller från markverksamheten vid flygplatser kan medföra störningar. Åtgärder för att begränsa dessa redovisas i avsnitt 3.5.

Ytterligare åtgärder för att minska störningarna kan vidtas genom att öka ljudisoleringen på befintliga byggnader. Detta medför dock ingen förbättring av utomhusmiljön. I ett antal fall under senare år har därför de värst störda fastigheterna blivit inlösta av den som driver flygplatsen.

10.7 *Internationellt samarbete för standardisering av riktlinjer för fysisk planering*

Från ICAO:s sida (1) har framhållits att alla till buds stående medel för att eliminera flygbuller bör utnyttjas. En effektiv fysisk planering (markanvändningsplanering) har angivits vara ett av de viktigaste medlen. Härvid har diskuterats huruvida man skulle göra en grövre eller finare indelning i områden med olika förväntad bullerbelastning.

Till förmån för en grov indelning har anförts att denna inte bör göras finare än som är möjligt med den prognosteknik som används och som vanligen inte har bättre precision än 5 dB.

De som förespråkat en finare indelning har ansett att en dylik skulle ge bättre underlag för en mer precis disposition av markens användning. Trots osäkerheten i beräkningsunderlaget har många planeringsmyndigheter funnit ett behov av en relativt fin indelning. Inom ICAO har man varit ense om att uppbyggnaden av ett system med zoner bör vara anpassat till de särskilda villkor som gäller för den aktuella platsen. Härvid har rekommenderats en uppdelning i minst tre zoner, enligt följande.

Zon A: inga restriktioner behöver införas med hänsyn till buller.

Zon B: måttligt buller kan förväntas, varför vissa restriktioner beträffande bebyggelse måste tillämpas.

Zon C: mycket högt buller kan förväntas, varför all markanvändning måste ske med hänsyn till buller och de flesta typer av bebyggelse måste förbjudas.

I figur 10.24 visas ett exempel på vilka verksamheter som kan tillåtas inom de tre zonerna.

Exempel på hur mark kan användas	Zon		
	A Marken kan användas utan restriktioner	B Marken kan användas med vissa restriktioner	C Marken kan användas endast för vissa ändamål
Jordbruk — åkerbruk			
Industri — (tyngre) verkstadsindustri			
Kommersiell bebyggelse — varuupplag och varudistribution — kontor och banker			
Bostadsområden med lågt exploateringstal			
Allmänna inrättningar — skolor			

Figur 10.24 Inom ICAO diskuterade exempel på hur mark kan användas runt flygplatser.

Streckens längd belyser i vilken utsträckning marken kan användas om hänsyn tas endast till inverkan av flygbuller.

Markanvändning för särskilda ändamål (t ex för boningshus, affärer) kan tillåtas i en zon med strängare restriktioner om det på grund av andra planeringshänsyn framstår som nödvändigt och lämplig byggnadsteknik, ljudisolering etc kan reducera störningarna av flygbullret till en acceptabel nivå.

Den av ICAO framlagda rekommendationen kan sägas vara baserad på en bedömning av gängse planeringspraxis som innehåller krav på en relativ ostördhet både utom- och inomhus och som tar hänsyn till huskonstruktioner med normal ljudisolering.

Inom ICAO har även problemet med förstärkt ljudisolering diskuterats. Ljudisoleringen (skillnaden i ljudnivå utomhus i fritt fält och ljudnivån inomhus) anges (2, 14, 15) för fasad med standardfönster till i genomsnitt 25 dB(A) samt för fasad med fönster på glänt till 15 dB(A). I enskilt fall kan man räkna med en avvikelse upp till ±5 dB(A) hos angivna värden.

I rum som ligger med huskroppen som skärm kan upp till 10 dB(A) högre ljudreduktion uppmätas.

Relativt få undersökningar har gjorts, som kan ge vägledning då det gäller att bedöma hur den totalt upplevda störningen för de boende i ett bostadsområde minskar om en generell förbättring av endast husens ljudisolering införs. En undersökning (13) har gjorts hur en försöksgrupp

upplevde samma flygbuller utomhus och inomhus i en biograf. Det visade sig att försöksgruppen gjorde ungefär samma bedömning av störningen inne och ute för ett och samma flygplan.

I samband med ett omfattande program för införande av förstärkt ljudisolering i bostadsområden kring Los Angeles' flygplats (2) har man funnit, att förstärkt fasadisolering mot flygbuller i en bullrande utomhusmiljö upplevs gynnsamt endast till en viss grad. Utgick man från en normal ljudisolering hos hus, motsvarande bullerreduktion om 20 dB,[1] fann man, att förbättrad ljudisolering hos huset för att kompensera en försämrad utomhusmiljö upplevdes som positivt upp till 15 dB. Med hänsyn till ovanstående erfarenheter tillåter bullernormen (2) i delstaten Californien att man går 15 dB innanför den normala gränsen (CNEL 65) vad gäller befintlig bostadsbebyggelse, om denna förses med förstärkt ljudisolering motsvarande 15 dB. Nybyggnad av bostäder i höghus tillåts innanför gränsen om husen förses med ljudisolerade konstruktioner så att ljudnivån vid enstaka flygrörelser inte överstiger 45 dB(A) i något bostadsrum. Bostäder i annan bebyggelsetyp tillåts ej.

LITTERATUR OCH REFERENSER TILL KAPITEL 10

Avsnitt 10.1.5

1. Connor, W K och Patterson, H P, "Community Reaction to Aircraft Noise Around Smaller City Airports", NASA CR-2104, augusti 1972.
2. "Effects of Noise on People", Environmental Protection Agency, NTID 300.7, december 1971.
3. Webster, J C, "Effects of Noise on Speech Intelligibility", Noise as a Public Health Hazard, American Speech and Hearing Association, No 4, februari 1969.
4. "Method for the Calculation of the Articulation Index", American National Standards Institute, ANSI 53.5–1969, New York.
5. "Noise-Final Report", H M S O, Cmnd 2056, London, juli 1963.
6. Bitter, C, "Noise Nuisance Due to Aricraft", Institut Vour Gezondheidstechniek TNO, 1968.
7. Borsky, P N, "A New Field-Laboratory Methodology for Assessing Human Response to Noise", NASA CR-2221, mars 1973.
8. "Social and Economic Impact of Aircraft Noise", Sector Group on the Urban Environment, Organization for Economic Co-Operation and Development, april 1973.

Avsnitt 10.1.6 och 10.7

(1) International Civil Aviation Organization (ICAO) Report of the Special Meeting on Aircraft Noise in the Vicinity of Aerodromes Doc 8857 Noise (1969).
(2) Wyle Laboratories Research Staff. Supporting Information for the Adopted Noise Regulations for Californian Airports. Report No WCR 70 – 3 (R). 1971.
(3) Flygbuller som samhällsproblem. SOU 1961:25.

[1] Den reduktion som erhålls i en bostad med för Los Angeles normala fönster och väggar och med viss ventilation.

(4) William J Galloway, Dwight E Bishop. Final Report. Noise Exposure Forecasts: Evolution, Evaluation, Extension and Land Use Interpretations. FAA-No-70-9, 1970.
(5) W R Hazard. Prediction of Noise Disturbance Near Large Airports. J Sound Vib (1971), 15 (4), 425-445.
(6) Land Use Planning Relating to Aircraft Noise. Technical Report of Bolt, Beranek & Newman Inc, okt 1964.
(7) Richard D Horonjeff, Allan Paul. Final Report. A Digital Computor Program for Computation of Noise Exposure Forecast Contours. FAA-No-70-6.
(8) International Organization for Standardization ISO Recommendation R 507 Procedure for Describing Aircraft Noise around an Airport.
(9) Federal Aviation Administration. Federal Aviation Regulation Volume III Part 36, Noise Standards nov 1969.
(10) Fluglärm. Gutachten erstattet im Auftrage des Bundesministers für Gesundheitswesen. Göttingen Mai 1965.
(11) Draft of Law for the Protection against Aircraft Noise in the Vicinity of Aerodromes, presenterad vid ICAO-konferensen i Montreal dec 1969.
(12) K D Kryter, K S Pearson. Some Effects of Spectral Content and Duration on Perceived Noise Level. JASA 35 866-883. 1963.
(13) Noise Final Report. Committee on the Problem of Noise. HMSO CMND 2056. July 1963.
(14) Sten Wahlström, Sven Åberg. Byggnaders isolering mot flygbuller. Rapport C582 Avdelningen för Byggnadsakustik, KTH, 1970.
(15) Department of Housing and Urban Development. Federal Housing Administration. A Study of Insulating Houses from Aircraft Noise. Bolt, Beranek & Newman Inc. Nov 1966.
(16) Stig Ingemansson, Hans Elvhammar. Stor-Göteborgs Samarbetskommitté. Flygbullerutredning gällande planerad flygplats i Härryda. Rapport H – 2601 – E. 1970.
(17) Stockholmstraktens regionplanekontor: Begränsad flygbullerutredning kring Arlanda flygplats, meddelande 1968:4. Stockholm.
(18) PM av de danska och svenska ämbetsmannadelegationerna för Öresundsfrågor. Flygbuller omkring en storflygplats i Köpenhamnsområdet. Stencil K 1968:10.
(19) Instilling del I om Flyplasser i Oslo-området. Juni 1970.
(20) Stockholms läns landsting. Flygbuller kring Arlanda Delutredning II. Preliminär version 1971 (stencil).
(21) Carlestam, Gösta. Noise – the Scourge of Modern Society. Ambio No 3:72.

11 Utredningens överväganden och förslag

11.1 *Inledning*

Flygtrafikens intensiva utveckling, övergången till jetplan inom såväl civilt som militärt flyg samt det förhållandet att bebyggelseområden och flygplatser på sina håll kommit att ligga alltför nära varandra har medfört att störningar från flygbuller flerstädes förekommer inom bebyggelseområden.

Enligt utredningen är det angeläget att förebygga att nya flygplatser eller bostadsområden lokaliseras så att från bullersynpunkt otillfredsställande miljöer tillskapas. Samtidigt är det av vikt att söka förbättra den befintliga bullersituationen där icke godtagbara förhållanden råder. Vidare är det angeläget att förebygga att ytterligare bostadsområden kommer att utsättas för bullerstörningar till följd av en fortgående ökning av trafiken på befintliga flygplatser. Härmed har det vuxit fram ett behov av normer för högsta tillåtet buller.

Målet för insatser på miljöpolitikens område är att trygga en god miljö för invånarna. Enligt utredningens mening innebär detta att hänsyn måste tas inte bara till klara hälsorisker utan också till trivselpåverkande störningar. Vissa grader av buller medför klart påvisbara effekter såsom hörselskador, sömnrubbningar och nervösa besvär. Bullerstörningar får emellertid stor betydelse redan innan dessa effekter uppträder. Hänsyn till trevnaden i boende-, arbets- och fritidsmiljön leder till att betydligt lägre grader av bullerstörningar än de rent hälsofarliga måste tas till utgångspunkt för samhällets insatser.

Redan i dag finns en lagstiftning som avser att skydda människorna mot icke godtagbara bullerstörningar. Sålunda innehåller såväl miljöskyddslagen som hälsovårdsstadgan bestämmelser härom. De krav som dessa författningar ställer är emellertid allmänt hållna. I propositionen om miljöskyddslagen (prop 1969:28) påpekade föredragande departementschefen att man bör eftersträva att komplettera miljöskyddslagens allmänt hållna regler med normer som utan att – i vart fall i dåvarande läge – vara rättsligt bindande likväl var ägnade att ge fasthet och konsekvens åt lagens regler.

Att förhindra spridningen av flygbuller utomhus eller att begränsa dess utomhusnivåer låter sig i allmänhet inte göra med byggnadstekniska åtgärder. När det gäller nyanläggning av flygplats eller bebyggelseom-

råden är i allmänhet enda sättet att nå eftersträvad begränsning av bullernivåerna att förlägga flygplats och bebyggelse tillräckligt långt ifrån varandra. Detta kan medföra olägenheter genom långa marktransporter för flygresenärer och flyggods. Vidare kan de kommuner, som berörs av en ny flygplats, få vidkännas stora inskränkningar när det gäller utnyttjande av mark runt flygplatsen för bebyggelse.

Att radikalt förbättra förhållandena för dem som utsätts för störande flygbuller förutsätter i många fall så genomgripande åtgärder som flyttning av flygplatsen eller avveckling av berörd bostadsbebyggelse. Utredningen är medveten om de uppenbara svårigheter det skulle möta att finna andra, mindre bullerkänsliga lokaliseringar för flygplatser vilka helt eller delvis gränsar till bostadsbebyggelse och därmed ger upphov till bullerstörningsproblem. Utredningen bedömer det inte heller som realistiskt att framlägga förslag som förutsätter att från andra synpunkter kanske värdefulla och uppskattade bostadsområden alltid "döms ut".

Med hänsyn härtill har utredningen när det gäller den befintliga miljön ansett sig inte böra lägga fram förslag som skulle förutsätta så långtgående omdaningar att dessa inte kan bedömas stå i rimlig proportion till den miljöförbättring som skulle erhållas.

De svårigheter som sålunda redovisats när det gäller att genomföra immissionsbegränsade åtgärder i fråga om flygbuller gör det angeläget att i möjligaste mån dämpa bullret redan vid källan, dvs genom bullerreducerande åtgärder på flygplanet. På grund av flygtrafikens internationella karaktär är vi i Sverige i allt väsentligt hänvisade till att härvid tillämpa emissionsnormer som i huvudsak överensstämmer med dem som utarbetats inom de internationella organ som tillskapats härför och i vilkas arbete Sverige deltar.

Utredningen har även uppmärksammat att bullerstörningar kan uppkomma förutom som immissioner kring en flygplats även vid överflygningar som inte har samband med starter och landningar, särskilt då vid flygning på låg höjd med stridsflygplan och civilt s k allmänflyg. Utredningen har dock inte funnit dessa störningar böra föranleda förslag till andra åtgärder än sådana som vad gäller militära flygningar redan vidtas och vad gäller allmänflyg förutsätts i gällande lagstiftning.

De ekonomiska konsekvenserna av utredningens förslag har belysts i ett särskilt avsnitt. De med utredningens förslag förenade kostnaderna får inte de vittgående samhällsekonomiska konsekvenser och därmed inte tillnärmelsevis den betydelse för valet av ambitionsnivå som kostnaderna har då det gäller vägtrafikbuller. Avgörande betydelse har i stället tillmätts främst genom sociologiska intervjuundersökningar dokumenterade störningskriterier och andra än renodlat ekonomiska konsekvenser av olika åtgärder.

11.2 *Immission och planering*

11.2.1 Inledning

Som tidigare nämnts i kap 10 har man vid bedömningen av bullersituationen vid flygplatser i Sverige hittills tillämpat de principer

som 1956 års flygbullerutredning formulerade och som beskrivs genom den s k kritiska bullergränsen, se avsnitt 10.1.2. Vid konstruktionen av gränsvärdena för denna har man liksom fallet är med de flesta expositionsmått, som presenterats under senare år, utgått ifrån att det är ljudets medelenergi under den betraktade tidsperioden, som bestämmer störningen, den s k medelenergiprincipen. Enligt denna betyder en given bullerenergi i princip alltid samma störverkan oavsett om den består av ett fåtal exponeringar vid hög bullernivå eller ett större antal vid en lägre nivå. Flygbullerutredningen kunde emellertid inte fullständigt tillämpa medelenergiprincipen, enär underlagsmaterialet var ofullständigt i vad avser uppgifter om bullrets varierande varaktighet vid överflygning under olika betingelser. Viss hänsyn till bullrets psykologiska effekter togs genom en viktning av kvälls- och nattbullret som innebar att bullret bedömdes strängare under dessa delar av dygnet.

Kritisk bullergräns har använts som riktlinje för planering av bebyggelse runt flygplatser i vårt land, men har aldrig fastställts som bindande norm.

1956 års flygbullerutredning baserade sina förslag på bl a en begränsad studie av störningseffekter kring en svensk militär flygplats. Trafikbullerutredningen har funnit det önskvärt att sambandet mellan bullerexposition och störning mer ingående studeras. På uppdrag av utredningen har därför en särskild undersökning genomförts av naturvårdsverkets omgivningshygieniska avdelning i områden kring ett antal skandinaviska flygplatser, se avsnitt 10.1.3. Denna undersökning benämns i allmänhet den skandinaviska flygbullerundersökningen.

Genom undersökningen har framkommit att de bullernivåer som ligger till grund för planeringsbedömningar enligt kritisk bullergräns i huvudsak motsvarar störningsreaktioner av måttlig storlek. Dock föreligger svagt samband mellan bullerexposition enligt kriteriet för kritisk bullergräns och störningsreaktion vid låg flygaktivitet. Det bullerstörda området har i dessa fall en mindre utsträckning än det område som faller inom gränsen för kritiskt buller. Vidare visar undersökningen att det högsta momentana bullret från den enskilda överflygningen har stor betydelse.

De resultat som framkommit genom den skandinaviska flygbullerundersökningen kan ge förutsättningar för att konstruera normer, som innebär en följsam anpassning i skilda situationer till de enligt undersökningen förväntade störningseffekterna. Resultaten av denna undersökning kan således tänkas bilda underlag för en ny normkonstruktion på detta område grundad på bullerimmission från enskild överflygning med mest bullrande flygplan. Det förtjänar också nämnas, att de resultat, som undersökningen givit, har verifierats genom statistisk reanalys av tillgängligt material från utländska undersökningar. Enligt trafikbullerutredningen är det dock nödvändigt att nämnda undersökningar och reanalyser blir föremål för ytterligare vetenskapliga diskussioner innan resultaten är ägnade att ligga till grund för en normkonstruktion som har utsikter att bli internationellt vedertagen.

För utredningen framstår som väsentligt att det normsystem som skall tillämpas i vårt land i systematiskt hänseende anknyter till normsystem

som används utomlands. I dessa används i allmänhet exponeringsmått, som är grundade på ekvivalentnivå. Denna är i likhet med kritisk bullergräns uppbyggd på medelenergiprincipen men tar även hänsyn till effekten av den enskilda bullerexponeringens varaktighet. Utredningen anser att normkonstruktionen lämpligen bör baseras på den ekvivalenta ljudnivån. Denna bör härvid uttryckas i ett dygnsvärde, där behovet av att särskilja dag-, kvälls- och nattperiod tillgodoses genom ett viktningsförfarande.

Normkonstruktionen bör enligt utredningen grundas på bullrets störningseffekt. När det gäller att i denna konstruktion fastlägga en ambitionsnivå genom val av normvärden, bör dessa störningseffekter vägas mot de kostnader och övriga uppoffringar som erfordras för att uppfylla olika sådana värden. 1956 års flygbullerutredning utgick ifrån att kritisk bullergräns motsvarade en ambitionsnivå, där högst 20 procent av en normalbefolkning upplevde sig som mycket störd. De resultat som framkommit genom den skandinaviska flygbullerundersökningen tyder emellertid på att kritisk bullergräns i huvudsak sammanfaller med sådana lägen kring en flygplats där mindre än tio procent upplever sig som mycket störda. Av skäl som närmare utvecklas nedan i avsnitt 11.2.2.4 har utredningen funnit att en norm med motsvarande ambitionsnivå bör vara rimlig vid nyplanering. Såsom likaledes närmare utvecklas i avsnitt 11.2.2.4 bör för befintlig miljö en något lägre ambitionsnivå kunna godtas.

11.2.2 Immissionsnormer

11.2.2.1 Utgångspunkter för konstruktion av normsystem

Anknytning till lagstiftning

Normer för begränsning av immissioner från flygverksamhet – angående begreppet immission, se avsnitt 9.1.2 – får reell betydelse först då de har förankring i en lagstiftning som ger anvisning om hur normernas gränsvärden skall tillämpas och som kan utgöra grund för anspråk på vidtagande av åtgärder då gränsvärdena överskrids. Den lagstiftning som immissionsnormer skall anknytas till ställer emellertid också krav på deras utformning. Immissionsnormer för flygbuller bildar ett integrerat system med de lagregler vars innehåll de avser att konkretisera. Till frågan om normernas rättsliga valör återkommer utredningen nedan i avsnitt 11.2.4.

Trafikbullerutredningen har vid utarbetandet av ett normsystem för flygbullerimmission utgått ifrån att normer behöver tillämpas i följande fall:

- Vid upprättande och fastställelse av plan samt vid byggnadslovsprövning, allt enligt byggnadslagstiftningen.
- Vid koncessionsprövning av flygplats enligt miljöskyddslagen.
- Vid prövning av tillstånd och föreskrifter för flygplats enligt luftfartslagstiftningen.

– Vid prövning enligt miljöskyddslagen och hälsovårdslagstiftningen av frågor om skyddsåtgärder m m inom den befintliga miljön.

Med hänsyn till rådande olikheter vad gäller förutsättningarna för att bedöma immissionernas storlek och utbredning kan man urskilja två typfall, i vilka normerna är avsedda att tillämpas. Det ena föreligger när man har att bedöma framtida förhållanden på basis av sådana kunskaper som föreligger innan byggnader eller anläggningar kommit till stånd. Det andra typfallet föreligger när man skall bedöma rådande förhållanden i befintlig miljö, då man på ett helt annat sätt kan ha hjälp av mätningar och faktiska iakttagelser av bullersituationen. De olikheter för vilka nu redogjorts har betydelse för de planeringsanvisningar och kontrollmetoder som behandlas nedan i avsnitt 11.2.3.

Anknytning till störningsupplevelsen

Utredningens målsättning vad gäller immissionsgränser för flygbuller har varit densamma som då det gällde att fastlägga immissionsgränser för vägtrafikbuller nämligen att gränserna i första hand skall bestämmas med hänsyn till de effekter hos människor som bullret förorsakar.

I de flesta omgivningshygieniska sammanhang strävar man efter att formulera sina krav med utgångspunkt från att i varje fall det stora flertalet individer inte skall påverkas negativt av den för normering aktuella störningen. Detsamma bör naturligtvis gälla även för immissionsgränser för flygbuller. Det kan emellertid även diskuteras i vilken mån de grupper av individer som starkast påverkas bör utgöra utgångspunkt. De speciellt bullerkänsliga grupperna är dock inte särskilt lätta att urskilja. De flesta undersökningar av den mänskliga reaktionen har avsett normala populationer, varvid särskilt bullerkänsliga grupper ej kunnat identifieras.

I de sammanhang då ljudets maskerande verkan är av betydelse står dock klart att individer med nedsatt hörsel är särskilt utsatta. Dessa individers besvär kan således tas till utgångspunkt för gränsvärden då nyssnämnda effekter av bullret kan utgöra kriterier. I övrigt torde man få acceptera att basera valet av gränsvärden på en normal populations reaktioner.

Ställning behöver vidare tas till vilken typ av effekt som skall vara utgångspunkt för gränsvärden. Följande typer av effekter skulle kunna användas att basera kriterier på.

Fysiologiska effekter	hörselskada störning av olika kroppsfunktioner, t ex sammandragning av perifera kärl, stressreaktioner
Aktivitetsstörningar	störning under vila och sömn talmaskering och annan maskering störning under andra aktiviteter (läsning, intellektuellt eller manuellt arbete)
Psykosomatiska effekter	ökad nervositet andra neurologiska förändringar (som i sin tur kan förorsaka fysiologiska effekter)

Subjektiva störningsreaktioner	subjektiva besvär klagomål benägenhet att vidta åtgärder mot bullret

Hörselskadeeffekten är väl dokumenterad. Vid de nivåer som är aktuella som gränsvärden i omgivningshygieniska sammanhang är dock hörselskaderisken knappast aktuell. De flesta övriga effekter, utom subjektiva störningsreaktioner och talmaskering, kan inte mätas eller på annat sätt värderas på ett tillfredsställande sätt.

De kriterier för gränsvärden som hittills dominerat diskussionerna såväl i Sverige som utomlands är därför de muntligt redovisade subjektiva besvär och aktivitetsstörningar, som i första hand mätes genom sociologiska intervjuundersökningar. Resultaten av sådana undersökningar ger en bild av den sömnstörning, samtalsstörning, allmänna irritation m fl besvärsreaktioner som bullret ger upphov till. Visserligen vet man att de relaterade subjektiva besvären är beroende av t ex intervjupersonernas attityder och att dessa attityder kan påverkas även av faktorer som inte är knutna till själva bullerexponeringen och som man ej är beredd att ange som störningskriterier. I avsaknad av objektivt mätbara kriterier vid de bullernivåer då subjektiva besvär ger tydliga utslag torde dessa besvär ändå vara det mått som i första hand står till buds för att bedöma trafikbullerstörningarnas svårighetsgrad.

Maskering genom buller kan mätas på fullt tillfredsställande sätt. Kunskaperna om sådana effekter är också goda och kan tas till utgångspunkt för gränsvärden. Maskeringseffekterna kan utgöra kriterier för gränsvärden t ex i sådana sammanhang där lyssnandet ingår som en väsentlig aktivitet, där sociologiska undersökningar saknas eller där särskild hänsyn behöver tas till individer med hörselnedsättning.

I andra länder förekommer mätningar av subjektiva besvärsreaktioner genom registrering av styrkan i medborgaropinioner. Den registrerade styrkan av besvären blir därvid beroende av många faktorer, som vi inte är beredda att ange som störningskriterier, t ex förväntningar på åtgärder hos de berörda medborgargrupperna liksom på deras förmåga till organiserade reaktioner; tillgången på och vetskapen om klagomålsmottagande organ spelar också en stor roll. Medborgaropinioners värde som störningskriterium har testats i Sverige men härvid befunnits inte utgöra något tillförlitligt kriterium. Utredningen anser därför att klagomålsfrekvens inte kan utgöra kriterium för vidtagande av åtgärder.

Det kunskapsunderlag i form av sociologiska undersökningar som på sin tid framtogs genom 1956 års flygbullerutrednings försorg har trafikbullerutredningen bedömt vara otillräckligt som utgångspunkt för en hygienisk bedömning av flygbullerstörningar. Sedan 1956 års flygbullerutredning framlade sitt betänkande har ett flertal större sociologiska undersökningar verkställts utomlands. I Sverige har ett antal mindre omfattande undersökningar genomförts. De svenska undersökningarna har varit avsedda att belysa särskilda frågeställningar och ger därför inte den översiktliga belysning som utredningen bedömt vara nödvändig som underlag för sina ställningstaganden. Utredningen har funnit nödvändigt

att genom en relativt omfattande intervjuundersökning bättre söka utröna sambandet mellan flygbullerexponering och därav föranledda störningsreaktioner. Denna undersökning – vanligen benämnd den skandinaviska flygbullerundersökningen, se närmare avsnitt 10.1.3 och bilaga G – utfördes åren 1970–1972. I denna undersökning utnyttjades även resultat från flera mindre, samtidigt utförda specialundersökningar. I undersökningen redovisas också vidarebearbetning av och jämförelser med flera utländska undersökningar. Jämförelserna visar att god överensstämmelse råder mellan de olika undersökningarnas resultat.

Den skandinaviska undersökningens resultat visade sammanfattningsvis att antalet överflygningar (expositionsfrekvensen) kunde utnyttjas för att klassificera ett område som låg- respektive högexponerat. Inom varje typ av område bestämdes sedan störningsreaktionen av den genomsnittliga maximala bullernivån från mest bullrande flygplanstyp. I högexponerade områden rådde ett lineärt samband mellan störningsreaktion och sådana maximala bullernivåer mellan 70 och 95 dB(A), varvid andelen mycket störda var mindre än tio procent vid 70 dB(A) och cirka 40 procent vid 95 dB(A). I lågexponerade områden var störningsreaktionen låg – mindre än tio procent mycket störda – upp till bullernivåer på 90 dB(A). En mycket god korrelation mellan bullernivå – angiven som genomsnittlig maximal bullernivå för mest bullrande flygplanstyp – och andelen mycket störda erhölls i högexponerade områden (korrelationskoefficient 0,99). Korrelationen var relativt god mellan andelen mycket störda och exponeringen uttryckt i form av olika typer av index, se närmare avsnitt 10.1.3 ovan. Bästa samvariationen erhölls då som index användes flygbullernivå FBN i dB(A) (korrelationskoefficient 0,83), se närmare avsnitt 10.1.4.3.

Utredningen anser att immissionsgränser för flygbuller för närvarande främst bör grunda sig på resultat från sociologiska undersökningar av subjektiva besvär hos människor boende i närheten av flygplatser. Hänsyn bör dock tas även till aktivitetsstörningar som talinterferens och sömnstörning. Utredningen fäster stor vikt vid de resultat som framkommit genom den skandinaviska flygbullerundersökningen. Även resultaten av omfattande utländska undersökningar har emellertid beaktats.

Utredningen anser att man för närvarande inte kan primärt grunda normsystemet på den typ av dos-responssamband som framkommit genom den skandinaviska flygbullerundersökningen. Utredningen anser vidare som närmare utvecklas nedan att normsystemet med hänsyn till pågående internationellt normarbete – bl a inom ISO och ICAO – bör grundas på ekvivalentnivå, trots den något lägre precision som detta innebär. Utredningen har vidare funnit motiverat att för vissa fall komplettera med gränsvärden för genomsnittliga högsta ljudnivåer.

Praktiska tillämpningskrav på regelsystem

Ett regelsystem bör vara utformat så att detaljändringar kan genomföras utan att hela regelsystemet behöver omkonstrueras då förbättrade kunskaper blir tillgängliga eller då ändrad ambitionsnivå på annat sätt kan

vara motiverad. Regelsystemet bör också vara sådant att det inte verkar onödigt låsande på planeringen och på utvecklingen av nya lösningar för bullerskydd. I det regelsystem som skall användas vid planering bör normkravet vara så avfattat att kravuppfyllelsen kan beräknas med hänsynstagande till de alternativåtgärder som kan vidtas i bullerskyddande syfte. Detta flexibilitetskrav torde lättast låta sig förena med gränsvärden baserade på bullrets egenskaper från fysikalisk synpunkt t ex i form av ett ekvivalentnivåvärde i dB(A).

Vidare bör normer som skall tillämpas i samband med planering och byggande vara utformade så att beräkningar och ställningstaganden kan baseras enbart på det material som föreligger innan byggnader eller anläggningar kommit till stånd. Sådant material kan utgöras av kartor över den aktuella flygplatsen och dess omgivning med inritade start- och landningsbanor samt flygvägar. Vidare kan det omfatta trafikprognoser, bullermattor, bebyggelseområden, vägar och andra anläggningar.

Anknytning till andra bullerstörningar

Flygverksamhet utgör en av de många bullerkällor som förekommer i samhället. Trafikbullerutredningen har i ett tidigare avgivet delbetänkande (SOU 1974:60) behandlat vägtrafikbuller och har vidare att behandla buller från fritidsbåtar. Utanför det som varit utredningens uppdrag att behandla finns dessutom trafikbuller som härrör från järnvägar och spårvägar. Förutom trafiken finns emellertid en lång rad störkällor som tillsammans kan sägas ge upphov till samhällsbullret. Mest påtagligt, särskilt med tanke på samordningsfrågor, är bullret från industrier och dylikt, buller från byggarbetsplatser samt buller från hissar, ventilation och dylikt inom en byggnad. Det vore naturligtvis i och för sig önskvärt att kunna ange gränsvärden för flygbuller så, att effekten av olika bullerkällor kunde vägas samman. Särskilt kunde det anses ligga nära till hands att väga samman de gränsvärden för vägtrafikbuller som utredningen presenterat i nyssnämnda delbetänkande med de gränsvärden för flygbuller som utredningen nu lägger fram. Det bör dock anmärkas att kännedomen om samverkanseffekten från störningssynpunkt av olika bullerkällor för närvarande är otillräcklig och behöver ytterligare utforskas. De olika bullerkällorna har sinsemellan mycket olika akustiska egenskaper vilket kan påverka besvärsreaktionen. Dessutom är den subjektiva störningsupplevelsen starkt kopplad till attityder och upplevelser av bullerkällan, varför gränsvärden för tolerabelt buller av detta skäl kan komma att vara olika.

Utredningen har med hänsyn till det anförda inte funnit det möjligt att särskilt beakta effekten av andra bullerkällor när det gällt att bestämma gränsvärden för flygbuller.

Differentiering av regelsystem

Det regelsystem som skall byggas upp bör differentieras på ett sådant sätt att det återspeglar olikheter i störningsupplevelsen. Detta innebär att

olika normvärden bör anges för skilda lokalkategorier alltefter de skillnader i störningskänslighet som kan väntas föreligga inom dessa.

Gränsvärden bör anges både som inomhusvärden och utomhusvärden av det skälet att skillnaden mellan bullernivåerna inne och ute kan vara mycket stor och starkt kopplad till byggnadens tekniska egenskaper. Innevärden utan utevärden skulle innebära en försummelse av bullerskyddskrav i utemiljön. Utevärden utan innevärden skulle innebära att förbättringar av byggnadens isolering inte skulle komma att initieras, vilket vore olyckligt, då sådan isolering både är mycket verkningsfull för att förbättra inomhusmiljön och många gånger kan genomföras till måttliga kostnader.

Till frågan om olika värdering av flygbuller för dygnets olika perioder återkommer utredningen nedan.

Val av expositionsmått

De flesta expositionsmått, som presenterats under senare år, baseras på den ackumulerade ljudenergin under den betraktade tidsperioden (dagen, natten eller dygnet). I samtliga tas på olika sätt hänsyn till ljudets styrka och till örats varierande känslighet för ljud av olika frekvenssammansättning. Vissa tar även hänsyn till grad av oregelbundenhet i ljudets förekomst.

Vidare utgår de flesta expositionsmått från att det är ljudets medelenergi under den betraktade tidsperioden, som bestämmer störningen. Samma störverkan kan enligt detta betraktelsesätt uppkomma lika väl med många måttliga bullerexponeringar, som med ett fåtal mycket starka. Ekvivalentnivå är den konstanta nivå som under den betraktade tidsperioden innebär samma akustiska energiutveckling som det fluktuerande bullret.

Frekvensfördelningen i bullret måste beaktas genom en vägning. Flera olika frekvensvägningssystem finns, vilka grundats på subjektiva bedömningar i laboratorieexperiment. I en strävan att nå säkrare bedömningar har alltmer komplicerade vägningsförfaranden föreslagits, men det har visat sig att det äldsta och enklaste förfarandet, mätning eller beräkning av ljudnivå i dB(A), är praktiskt taget likvärdigt med de bästa av senare tillkomna.

Vid val av ett svenskt system för beräkning av flygbullerstörning skulle det naturligtvis vara av värde om man kunde ansluta till något internationellt accepterat system. Ett expositionsmått som rekommenderats av ICAO i Annex 16 och som används i vissa länder är WECPNL eller INERU. Detta mått är en dygnsviktad ekvivalentnivå i enheten EPNdB.

Av olika tänkbara expositionsmått är enligt utredningens uppfattning den ekvivalenta ljudnivån i dB(A) praktiskt taget likvärdig med de mera komplicerade mått, som tagits fram för att beakta människors varierande känslighet för bullerstörning. Utredningen har funnit att den praktiska tillämpningen av ett normsystem väsentligt underlättas om den ekvivalenta ljudnivån läggs till grund för ett dygnsvärde, där behovet av att

särskilja dag-, kvälls- och nattperiod tillgodoses genom ett viktningsförfarande. *Som expositionsmått har utredningen därför valt den för olika tider på dygnet viktade A-vägda ekvivalentnivån för dygn som betecknats flygbullernivå, FBN.*

I systemet med kritisk bullergräns har man utgått ifrån årsmedelvärden för trafiken. Utredningens förslag förutsätter emellertid att man utgår ifrån en årsdygnsmedeltrafik, vilken kan erhållas genom att dividera årstrafiken med talet 365.

När utredningen som expositionsmått föreslår flygbullernivå FBN uttryckt i dB(A) i stället för INERU:s dygnsviktade ekvivalentnivå i EPNdB är det bl a av följande skäl.

- Störningsbedömningen blir ej nämnvärt bättre om ljudnivån uttryckt i PNdB eller EPNdB används.
- Beräkningar och mätningar blir mindre tids- och kostnadskrävande med ljudnivån uttryckt i dB(A).
- Ingen eller ringa specialutbildning krävs för att arbeta med ljudnivån uttryckt i dB(A).
- För kontroller och uppföljning erfordras betydligt enklare och därmed mindre dyrbar utrustning.

Den på ekvivalentnivå i dB(A) grundade flygbullernivån har emellertid också vissa svagheter som expositionsmått. En sådan är att – liksom när det gäller ljudnivån uttryckt i PNdB – någon hänsyn till graden av oregelbundenhet i expositionen inte tas. En annan är att den ej tar hänsyn till att en eventuell förekomst av kraftiga rena toner i det sammansatta ljudet kan ge större störning än som motsvarar mätvärdet.

Även om den ekvivalenta ljudnivån i dB(A) med lämpliga korrektioner enligt utredningens mening är den som i dagens läge är bäst ägnad att ligga till grund för ett normsystem vill utredningen inte utesluta att det på sikt är tänkbart att man i stället skall kunna få fram en ny enhet, som bättre avspeglar bullrets störande verkan oavsett typ av bullerkälla. Tillräckligt underlag för sådana korrektioner finns emellertid inte i dag. Nya rön bör beaktas och en senare övergång till ett sålunda justerat expositionsmått bör övervägas när förutsättningar härför föreligger.

Vid mycket låga trafikintensiteter kan så höga momentana bullernivåer förekomma att de uppfattas som störande utan att ekvivalentnivån därför blir hög. Rimligen bör det således finnas en nedre gräns för antalet expositioner, under vilken ekvivalentnivå inte utgör en tillfredsställande grund för bedömning av störverkan. Utredningen har därför som närmare utvecklas i avsnitt 11.2.2.4 ansett befogat att sätta en övre gräns för momentana nivåer. För att kunna göra detta används högsta ljudnivå, L_{Ahmax}, som expositionsmått.

Olika värdering av flygbuller för dygnets olika perioder

I den skandinaviska flygbullerundersökningen har trafiken varit i stort sett lika procentuellt fördelad över dygnet i alla undersökta områden.

Den har därför inte kunnat ge svar på frågan om bullret upplevs som mer störande under kväll och natt.

Erfarenhetsmässigt är det dock uppenbart, att buller är mer störande under morgontimmar och kvällstimmar, än under dagen. Mest störande är det under natten, då även sömnen kan påverkas, inte bara så att man väcks, utan även så att sömnen inte ger den fysiologiska och psykologiska återhämtning som den är ämnad att ge. Bakgrundsbullret är också som regel lägre under natten, vilket gör att bullret kan upplevas som mer störande av detta skäl.

Emellertid kräver vissa verksamheter en hög grad av bullerfrihet. En generell differentiering mellan arbetstid och fritid kan därför inte göras.

Med hänsyn till olikheterna i störningskänslighet har i olika sammanhang bedömts rimligt att från störningssynpunkt uppvärdera buller som förekommer under kväll och natt. En sådan viktning föreslogs, som framgår av avsnitt 10.1.2 ovan, av 1956 års flygbullerutredning i form av s k SED-frekvens. I flera av de normsystem som tillämpas på olika håll utomlands och i sådana som är föremål för överväganden i internationella sammanhang görs också en sådan viktning, jämför avsnitt 10.1.6. Att buller är särskilt störande nattetid har också framkommit i vissa medicinskhygieniska undersökningar. En sådan viktning har också företagits av utredningen när det gäller vägtrafikbuller. Utredningen har därför bedömt det rimligt att även flygbuller värderas olika för dygnets olika perioder så att störningar under kväll och natt bedöms strängare än störningar under dagtid. Härvid har utredningen funnit motiverat att, i likhet med 1956 års flygbullerutredning och med vad som förutsätts i vissa utomlands tillämpade system, från störningssynpunkt jämställa en flygrörelse under kväll med tre flygrörelser under dagen och en rörelse under natt med tio under dagtid. Detta innebär detsamma som att en flygrörelse under kvällen bedöms 5 dB(A) strängare och en rörelse under natten 10 dB(A) strängare än en rörelse under dagen. Härigenom kommer ett mindre antal kvälls- och nattflygrörelser än dagflygrörelser att rymmas inom ett bestämt normvärde. Det innebär också, att en viss normvärdenivå kräver ett förhållandevis större skyddsområde kring en flygplats då andelen kvälls- och nattflygningar ökar.

När det gäller dygnets uppdelning i dag-, kvälls- och nattperiod har utredningen ansett det lämpligt att som kväll betrakta tiden klockan 19–22 och som natt tiden klockan 22–07 samt dygnet i övrigt som dag. Att detta är en annorlunda dygnsindelning än den som utredningen föreslagit för vägtrafikbuller beror på att dygnsindelningen där måste ta hänsyn till den normala dygnsrytm som vägtrafiken har. När det gäller flygtrafik, där dygnsfördelningen lättare kan styras, har utredningen ansett väsentligt att göra uppdelningen så att tiderna bättre anpassas till de perioder då människan normalt kan antas ha anledning ställa högre krav på bullerfrihet. Den uppdelning utredningen stannat för överensstämmer för övrigt med den som tillämpats vid konstruktionen av det tidigare nämnda, av ICAO föreslagna expositionsmåttet INERU.

11.2.2.2 Kostnadsberäkningar för olika ambitionsnivåer

Inledning

Principiella aspekter på trafikbuller från samhällsekonomisk synpunkt har redovisats i bilaga H till utredningens betänkande om vägtrafikbuller (SOU 1974:60). Kännedom om de direkta investeringskostnader som är förknippade med skyddet mot flygtrafikbuller utgör en betydelsefull del av underlaget för utredningens ställningstaganden. Utredningen har därför låtit utföra beräkningar av de totala kostnaderna för att uppfylla några alternativa ambitionsnivåer. Dessa undersökningar har i allt väsentligt utförts inom utredningens sekretariat.

Utredningen har i detta sammanhang endast undersökt kostnaderna för bullerskyddet i anslutning till bostäder. Utredningen har bedömt dessa kostnader vara de från ekonomisk synpunkt avgörande. De i det följande redovisade kostnaderna behöver sålunda ökas något för att inrymma även kostnaderna för bullerskyddet av andra lokaler än bostäder.

För att kunna genomföra kostnadsberäkningarna har utredningen, som framgår av den fortsatta redogörelsen, fått lov att göra ett flertal antaganden. Detta medför att beräkningarna är förknippade med viss osäkerhet, vilket bör hållas i åtanke vid bedömningar av de redovisade kostnaderna.

Beräkningarna avser kostnadsläget den 1 juli 1974.

Förutsättningar för kostnadsberäkningarna

Flygbuller som stör människorna på ett oacceptabelt sätt kan uppkomma i en rad olika situationer. I tidigare kapitel har presenterats en rad åtgärder som kan medföra en reducering av bullret. Som framgår av redogörelsen där måste ett effektivt bullerdämpningsprogram som regel innehålla kombinationer av åtgärder. Utredningens beräkningar avser därför ett urval av olika åtgärdskombinationer i olika situationer. I detta avsnitt diskuteras översiktligt hur typiska situationer då bullerskydd är påkallat kan beskrivas samt vilka kombinationer av immissionsbegränsande åtgärder som kan vara lämpliga. I detta sammanhang bör påpekas att de immissionsnivåer som uppträder inomhus i en bostadslägenhet är en funktion av bl a hustyp, husets konstruktion och läge i förhållande till flygplatsen samt antal flygplansrörelser och använda flygplanstyper på denna.

Följande situationer kan tjäna som utgångspunkter när det gäller att vid beräkningarna bedöma omfattningen av erforderliga åtgärder och effekter.

1. Nyplanering av bebyggelse vid befintlig eller planerad flygplats.
2. Anläggning av ny flygplats i närheten av befintlig bebyggelse.
3. Utbyggnad av befintlig flygplats eller utökning av trafiken vid densamma.
4. Komplettering av bebyggelse vid befintlig flygplats.
5. Befintlig bebyggelse vid befintlig flygplats.

Kostnaderna för alternativa normförslag har inte kunnat beräknas när det gäller bullersituationerna 1 och 4. Utredningen förutsätter att dess normförslag kommer att medföra att situation 1 inte aktualiseras annat än i mycket begränsad omfattning. Utredningen finner vidare att behovet av åtgärder som avses med situation 4 inte kan bedömas utan mycket ingående studier, vilka det inte varit möjligt att utföra.

När det gäller bullersituationerna 2 och 3 har de till dessa hörande trafikvolymerna i möjligaste mån medräknats i de prognoser för år 1985 på vilka enligt vad nedan närmare utvecklas beräkningarna baseras. Man kan därför utgå ifrån att de med dessa bullersituationer förenade kostnaderna medtagits i beräkningsunderlaget för år 1985 befintliga flygplatser.

Där bostadsbebyggelse av någon omfattning i dagens läge finns invid en flygplats, bullersituation 5, är det särskilt angeläget att söka förbättra bullersituationen. Utredningens ekonomiska beräkningar avser därför i huvudsak denna situation.

Beräkningarna avser trafikflygplatser och militära flottiljflygplatser som inte är klassificerade som trafikflygplatser. Beräkningar har sålunda ej gjorts för de allra minsta flygplatserna samt för försvarets övningsflygplatser, eftersom bullerstörningarna kring dessa bedömts i detta sammanhang sakna praktisk betydelse. Vid beräkningarna har ej heller tagits med åtgärder mot sådana bullerstörningar som inte har karaktär av immissioner. Eventuella skyddsåtgärder under flygtrafikleder och militära lågflygningsstråk är således ej medräknade. Beräkningarna avser trafikförhållandena år 1985.

Vid beräkningarna har helt bortsetts från bullerförhållandena vid Bromma flygplats.

Beräkning av berörd bebyggelse

Varje flygplats är unik med avseende på omgivande bebyggelse, typ av flygtrafik, antal flygplansrörelser m m. Utredningen har likväl funnit att man med ledning av noggranna studier av förhållandena vid ett antal flygplatser inom en viss kategori kan bilda sig en uppfattning om de totala kostnaderna för bullerskyddsåtgärder vid samtliga flygplatser inom samma kategori. Utredningen har därför studerat bullersituationen sådan den antas gestalta sig år 1985 vid sju stora och medelstora samt fyra mindre trafikflygplatser ävensom vid två militära flottiljflygplatser.[1]

För de studerade flygplatserna har på basis av planerad flygfrekvens och flygvägsmönster för år 1985 flygbullernivåerna 55, 60, 65 och i vissa fall 70 dB(A) beräknats. Som underlag för beräkning av kostnaderna för erforderliga åtgärder har bebyggelsen innanför de olika kriteriegränserna uppskattats. Detta studium har skett med hjälp av ekonomiska och topografiska kartor samt information från kommunala myndigheter.

För att få en uppfattning om de detaljstuderade flygplatsernas representativitet har bullerförhållandena vid landets övriga trafikflygplatser och militära flygplatser studerats med hjälp av den översiktliga metod för bullerberäkning som redovisas i *bilaga F.*

[1] De sju stora och medelstora trafikflygplatserna är Arlanda, Landvetter, Visby, Umeå, Östersund, Jönköping och Halmstad. De fyra mindre är Oskarshamn och Västervik – samt två tänkta – Tidaholm och Örebro. De militära flottiljflygplatserna är F 13 och F 15.

Utredningens beräkningar och bedömningar av antalet bostadshus för permanent boende som kommer att ligga innanför de nämnda kriteriegränserna har för samtliga flygplatser i landet som beräknas vara i drift år 1985 givit följande resultat.

Flygbullernivå dB(A)	Antal bostadshus innanför gränskurvan
55	15 000–20 000
60	4 000– 6 000
65	1 000– 1 500
70	300– 500

Den angivna bebyggelsen har befunnits till övervägande del bestå av hus av villakaraktär. De hus av flerfamiljskaraktär som finns kring flygplatserna har visat sig ligga främst i den yttre delen av de studerade områdena, dvs mellan gränskurvorna för FBN 55 och 60 dB(A). Förutom bostadshus finns inom de studerade områdena jämväl bebyggelse av annan karaktär såsom verkstäder, kontor m m. Bebyggelse med mer bullerkänslig användning såsom sjukhus, vårdhem, förskolor o d har påträffats endast i mycket begränsad omfattning. Inom de studerade områdena förekommer en relativt omfattande fritidsbebyggelse. Sålunda bedöms 3 000–5 000 fritidshus finnas innanför gränskurvan för FBN 55 dB(A).

Vid beräkningarna har man utgått ifrån att bebyggelsekaraktären i de studerade områdena inte kommer att nämnvärt förändras under tiden fram till år 1985.

Val av åtgärder och beräkning av kostnader

Valmöjligheterna är vad gäller immissionsbegränsande åtgärder mera begränsade då fråga är om flygbuller än vad fallet är beträffande exempelvis vägtrafikbuller. Möjligheterna att dämpa utomhusbullret minskas t ex av att någon form av hinder mellan källan och mottagaren i allmänhet inte kan åstadkommas. Några alternativa kombinationer av bullerdämpande åtgärder som ger likvärdig bullerreduktion föreligger sällan. Följande immissionsbegränsande åtgärder är emellertid tänkbara:

- ökad fasad- och fönsterisolering för att förbättra inomhusmiljön
- ändring av flygplatsens utformning, t ex i fråga om bansystemet, för att förbättra utomhus- och därmed även inomhusmiljön.
- inlösen av fastighet i de fall avsedd effekt inte nås med någon av tidigare nämnda åtgärder.

I utredningens beräkningar har förutsatts att ökad fasad- och fönsterisolering samt inlösen av fastighet är de åtgärder som kommer att användas vid flygbullerbekämpning. Härvid har antagits att utbyte av fönster innebär en bullerdämpning utöver den som normala fönster medför med högst 10 dB(A) i flerfamiljshus samt med högst 5 dB(A) i småhus. De lägre värdet vid småhusbebyggelse

betingas dels av att ytterfasaden antagits ha en sämre isolering mot buller, dels av att betydande ljudgenomgång även antagits ske genom yttertaket. Då småhus, som framgått, är mycket vanligt förekommande i de bebyggelseområden som ligger i flygplatsernas närhet, ligger det i sakens natur att ytterligare förstärkningar av fasaden erfordras i relativt stor utsträckning för att även förhållandevis blygsamma ambitioner i fråga om inomhusnivåer skall kunna uppfyllas. Härtill kommer att denna bebyggelse ofta är relativt gammal och av det skälet ställer stora krav på fasadisolering.

Till ovan nämnda immissionsbegränsande alternativ kommer möjligheten att åstadkomma bullerdämpning genom trafikreglerande åtgärder såsom flygoperativa restriktioner, förbud mot flygverksamhet under natten, förbud mot vissa bullrande flygplanstyper etc.

Dessa åtgärder har studerats som kompletterande åtgärder till de tidigare diskuterade. Vad härvid framkommit tyder på att bullersituationen förbättras väsentligt vid trafikregleringar. Det skall här nämnas att vid flera av de svenska flygplatserna tillämpas för vissa flygplanstyper en startprocedur för att minska bullerbelastningen som avviker från den ekonomiskt sett optimala. Det har dock inte varit möjligt att urskilja just dessa åtgärders ekonomiska konsekvenser.

Kostnaderna[2] för alternativa normnivåer har beräknats med ledning av resultaten från de studier som enligt ovan utförts vid 13 olika flygplatser. I följande sammanställning redovisas utredningens bedömning av totalkostnaderna vid samtliga svenska civila och militära flygplatser, som beräknas vara i drift år 1985. Utredningen har således beaktat de förändringar i förhållande till dagsläget som förutses inträffa fram till nämnda tidpunkt, se kapitel 2 och 7 samt avsnitt 10.2.2.

Norm, flygbullernivå dB(A)	Ute	60	65	60	65
	Inne	35	35	40	40
Summa milj kr		500–550	400–450	250–300	150–200

I de redovisade exemplen har antagits att inlösen kommer att medges, i de fall utenivån satts till 65 dB(A) vad gäller hälften av fastigheterna innanför denna gräns och i de fall utenivån satts till 60 dB(A) vad gäller samtliga fastigheter innanför gränsen 65 dB(A).

Av sammanställningen framgår att vissa skillnader i kostnadshänseende föreligger mellan de valda ambitionsnivåerna. För gränsvärdet 65 dB(A) utomhus och 40 dB(A) inomhus blir totala åtgärdskostnaden av storleksordningen 150–200 milj kr eller 15–20 milj kr per år under en

[2] För att beräkna åtgärdskostnaderna har antagits

- att utbyte av fönster kostar ca 1 200 kr/fönster
- att kostnaderna för tilläggsisolering av fasaden utöver fönsterisolering är av storleksordningen 100 kr/m^2 beroende på skillnaden i ambitionsnivå för utom- och inomhusmiljön
- att inlösen kostar 150 000 kr/lägenhet om det gäller småhusbebyggelse och i övrigt 100 000 kr/lägenhet.

10-årsperiod. Den diskonterade totalkostnaden för denna ambitionsnivå blir vid en räntefot av 8 % drygt 100 milj kr.

En skärpning av den tillåtna utomhusnivån med 5 dB(A) till 60 dB(A) med inomhusnivån 40 dB(A) ökar de totala kostnaderna till 250–300 milj kr. Den årliga kostnaden kan sålunda beräknas till 25–30 milj kr under en 10-årsperiod, vilket ger en diskonterad totalkostnad om knappt 200 milj kr. Den måttliga ökningen beror på att en relativt begränsad bostadsbebyggelse finns i flygplatsernas närhet, dvs innanför gränskurvan för 60 dB(A).

Om kravet för inomhusnivån skärps med 5 dB(A) till 35 dB(A) samtidigt som utomhusvärdet bibehålls vid 65 dB(A) sker ändå en markant ökning av de totala kostnaderna. Detta beror på att en betydande bostadsbebyggelse visserligen ligger utanför gränskurvan för 65 dB(A) men likväl så nära flygplatserna att utomhusnivåerna är så höga att särskilda isoleringsåtgärder behövs för att komma ned till inomhusvärdet 35 dB(A). De totala kostnaderna för denna ambitionsivå beräknas till 400–450 milj kr. Diskonterad uppgår totalkostnaden till närmare 300 milj kr.

Ett utomhusvärde av 60 dB(A) och ett inomhusvärde av 35 dB(A) innebär att de totala åtgärdskostnaderna i stort sett fördubblas jämfört med normnivån 60/40 dB(A). Kostnaderna beräknas bli 500–550 milj kr. Under en 10-årsperiod är således det årliga investeringsbehovet ca 50 milj kr, vilket ger en diskonterad totalkostnad av ca 350 milj kr.

Tilläggas kan att om gränsvärdet för utomhusmiljön sätts till 55 dB(A), ökar kostnaderna generellt sett mycket kraftigt. Beroende på val av inomhusnivå – 30 dB(A), 35 dB(A) eller 40 dB(A) – beräknas åtgärdskostnaderna variera inom intervallet 1–1,5 miljarder kr. Härvid har man utgått ifrån att inlösen kommer att ske av hälften av samtliga fastigheter innanför gränsen för 60 dB(A).

Möjligheterna att genom ändring av flygplatserna åstadkomma väsentliga förbättringar för omgivningen har bedömts mycket små. Sålunda är många gånger ändringar av banriktningar inte genomförbara av trafiktekniska skäl, varför den enda lösningen i sådant fall är att ersätta flygplatsen med en ny i mindre bullerkänslig omgivning.

De redovisade kostnaderna för bullerreducerande åtgärder minskas, om bulleremissionen från de på flygplatserna aktuella flygplanstyperna i väsentlig grad skulle kunna sänkas.

De bolag som trafikerar det svenska inrikesnätet har under senare år gjort stora investeringar i mellanstora flygplan som Fokker F 28 och DC-9. Även om tystare flygplan i motsvarande storleksklass så småningom kommer i produktion får detta sannolikt inte någon större effekt förrän förhållandevis långt fram i tiden, enär de plan som nu nyanskaffats har en ekonomisk livslängd som sträcker sig till slutet av 1980-talet. Det kan därför antas att de tidigare redovisade åtgärdskostnaderna för alternativa normnivåer inte i någon väsentlig utsträckning kommer att reduceras genom emissionsbegränsande åtgärder. Det bör dock påpekas att vissa förbättringar i flygplanens bulleravgivning på kort sikt kommer att ske genom att de svenskregistrerade civila jetflygplan som framdeles

trafikerar de svenska flygplatserna torde ha bullerdämpningstillsats (s k hush-kit). De kostnadsmässiga effekterna av denna förbättring bedöms ligga inom beräkningarnas felmarginal.

11.2.2.3 Förslag till immissionsnormer

De immissionsnormer utredningen föreslår har byggts upp på det sätt som redovisats i avsnitt 11.2.2.1. Vid fastläggandet av den ambitionsnivå som kommer till uttryck i normernas gränsvärden har utredningen gjort de överväganden som närmare utvecklas nedan i avsnitt 11.2.2.4.

Utredningens förslag till immissionsnormer för flygbuller framgår av tabell 11.1.

Tabell 11.1 Immissionstabell, flyg

Utrymme	Grundvärden		Befintlig miljö		Högsta ljudnivå, L_{Ahmax}, dB(A)
	Flygbullernivå FBN dB(A)		Flygbullernivå FBN dB(A)		
	inomhus	utomhus	inomhus	utomhus	utomhus
Bostäder samt vårdlokaler och undervisningslokaler	30	55	40 (30)	65	100
Undervisningslokaler typ hörsal	25	–	35 (25)	–	–
Arbetslokaler för ej bullrande verksamhet	40	–	50 (40)	–	–

Anm. Värdena inom parentes avser nybyggnad eller genomgripande ombyggnad inom befintlig bebyggelse.

11.2.2.4 Utredningens motiveringar till föreslagna immissionsnormer

Inledning

Av utredningen föreslagna gränsvärden för bullerimmission från flygverksamhet har uppdelats på s k grundvärden och värden för befintlig miljö. Grundvärdena är de som bedömts motiverade från social och medicinsk synpunkt och som därför enligt utredningens uppfattning bör vara uttryck för vad som bör vara högsta acceptabla bullerimmission i vårt samhälle. De närmare motiveringarna för de valda gränsvärdena redovisas nedan.

Gränsvärdena föreslås, som framgår av avsnitt 11.2.4, icke få karaktären av rättsligt bindande normer utan endast vara vägledande för den bedömning som under alla förhållanden måste ske i varje enskilt fall med hänsyn tagen till lokala faktorer och speciella omständigheter. Vid denna bedömning bör bl a följande beaktas.

Att överallt och i alla sammanhang begränsa bullerimmissionerna till grundvärdena låter sig med för dagen känd teknik inte genomföra utan omfattande ingrepp i befintliga boendemiljöer. Dessa ingrepp skulle många gånger innebära så stora omdaningar att de, ehuru kanske ekonomiskt överkomliga, likväl kan bedömas inte stå i rimlig proportion till vad man vill uppnå i fråga om miljöförbättring. Sålunda skulle i avsaknad av möjligheter att tillräckligt dämpa särskilt bullernivåerna utomhus i många fall ingen annan utväg stå till buds än att "döma ut" från andra synpunkter kanske uppskattade och värdefulla bostadsområden och för dessa områden söka finna en annan, mindre bullerkänslig användning. Högre värden än grundvärdena måste sålunda accepteras i vissa situationer.

Boendemiljön är föremål för en totalvärdering från de boendes sida. För att komma i åtnjutande av vissa miljökvaliteter är många beredda att godta olägenheter i andra hänseenden, t ex att stå ut med visst buller, som man inser är svårt att få bort, även om man är störd av det. Undersökningar beträffande människors attityder antyder också att känslan av missnöje i en viss situation är kopplad till förväntningarna på ifrågavarande situation. De högre gränsvärdena som avser den befintliga bebyggelsen är betingade av tekniska och ekonomiska svårigheter att nå "störningsfria" förhållanden och torde just av dessa skäl i allmänhet kunna förväntas möta förståelse från de berördas sida.

Grundvärdena

Tillämpning

Grundvärdena är avsedda att tillämpas dels vid nyplanering av bebyggelse vid befintlig eller planerad flygplats, dels vid planering av ny flygplats. Med nyplanering av bebyggelse åsyftas då planering som föregår exploatering av områden som tidigare varit i huvudsak obebyggda och som saknar fastställd stads- eller byggnadsplan. Sådan planering som eventuellt föregår uppförande av byggnader inom redan befintlig bebyggelse behandlas nedan i redogörelsen för tillämpningen av värdena för befintlig miljö.

Då fråga är om nyplanering av bebyggelse i här aktuell mening, är bebyggelsens läge i förhållande till flygplatsen inte låst. I det fall även flygplatsen befinner sig på planstadiet är inte heller dess läge låst. Man bör alltså ha relativt stor frihet att bestämma bebyggelsens och flygplatsens lägen i förhållande till varandra, även om valfriheten vad gäller flygplatsens läge i allmänhet är betydligt mer inskränkt än vad fallet är med bebyggelsen.

Vid lokalisering av en ny flygplats i närheten av befintlig bebyggelse står man inför ett fullbordat faktum vad gäller bebyggelsens läge men har – åtminstone vissa – möjligheter att råda över hur flygplatsen skall läggas i förhållande till bebyggelsen.

Man kan sålunda ha någon frihet att bestämma banriktningar, flygvägar o d så att minsta möjliga störningar uppkommer inom bebyggelsen

även om man måste beakta de krav som ställs från flygoperativ synpunkt.

När man planerar en ny flygplats eller ny bebyggelse i närheten av en befintlig flygplats, bör man se flygplatsen som en helhet. Man bör således beakta inte bara nödvändigt utrymme för banor med tillhörande anläggningar – flygplatsen i mera inskränkt bemärkelse – jämte in- och utflygningsvägar utan också det område som faller inom kurvan för den ekvivalentnivå utomhus, vars överskridande man inte vill godta. Här måste man emellertid ta ställning till vilken trafikvolym, trafiksammansättning och dygnsfördelning som skall vara bestämmande. Man måste vara klar över vilka krav på prognoser man måste ställa. Som regel dimensionerar man en flygplats redan från början för en större trafikvolym än den som i varje fall den första tiden är att förutse. Vidare kan tänkas att mark reserveras så att flygplatsen i ett senare skede kan byggas ut till större kapacitet än den har från början.

Har man räknat fram gränslinjen för FBN 55 dB(A) på ett som det sedermera visar sig alltför stort trafikunderlag, får man linjen att fånga in onödigt stora markområden kring flygplatsen. När man fått visshet om att ytterligare ökning av trafiken inte kommer att ske kan naturligtvis gränslinjen korrigeras så att vissa av dessa områden kan tas i anspråk för nyplanering utan inskränkningar med hänsyn till flygbuller. Å andra sidan kan onödiga fördyringar ha uppstått genom att dessa områden legat "låsta" under kanske lång tid, under vilken de borde ha kunnat utnyttjas. Ett bättre totalt utnyttjande av angränsande områden hade kanske skett, om även dessa "låsta" områden varit disponibla osv.

Har gränslinjen från början räknats på ett alltför litet trafikunderlag – trafiken ökar mer än man haft anledning att räkna med – kan man råka i den situationen att kanske nybebyggda bostadsområden kommer att ligga så att de blir utsatta för bullernivåer som är högre än man förutsett. Frågan är då om man skall tolerera dessa nivåer även om de är högre än grundvärdena eller om man skall hålla på dem och därmed kanske omöjliggöra en expansion av trafiken och ett utnyttjande av flygplatsen som från andra synpunkter ter sig angeläget. Ingetdera synes önskvärt. Liberalare normer i ett sådant fall kan inbjuda till alltför snäva beräkningar från början. Att hålla fast vid de ursprungliga värdena kan medföra att flygverksamheten måste begränsas eller eventuellt flyttas till annan plats.

Vad nu anförts medför att man måste kräva att den långsiktsplanering och de prognoser som beaktas vid planarbetet görs så tillförlitliga att den sist nämnda situationen inte skall behöva uppstå.

Det är uppenbart att man trots alla ansträngningar att finna lösningar som möjliggör att grundvärdena innehålls kan ställas inför situationer där det visar sig vara förenat med utomordentliga svårigheter eller rent av omöjligt att finna en sådan lösning på lokaliseringsproblemet att grundvärdena inte överskrids någonstans. I sådana situationer måste vissa överskridanden godtas. Det är emellertid angeläget att så sker först sedan det genom en allsidig utredning blivit klarlagt att någon bättre lösning inte rimligen kan ifrågakomma. Utredning härutinnan torde få förebringas och prövas, i planärenden inför fastställelsemyndigheten och i

koncessionsärenden inför koncessionsnämnden. Det ligger i sakens natur att de överskridanden som här kan bli aktuella bör hållas inom snäva gränser. De bör således begränsas till några få decibel och i varje fall inte tillåtas uppgå till mer än fem decibel.

Bostäder

För att fastlägga ett gränsvärde för högsta godtagbara bullernivå i bostäder har utredningen som redovisats ovan i avsnitt 11.2.1 och 11.2.2.1 grundat sina ställningstaganden på bullrets störningseffekt sådan denna kommer till uttryck i muntligt redovisade subjektiva besvär och aktivitetsstörningar.

Störningar under rekreation, vila och sömn är i regel allvarligare och därför svårare att stå ut med än störningar under andra aktiviteter (se SOU 1974:61, bilaga 4, avsnitt 3). För de flesta människor är bostaden den plats där de får sin huvudsakliga vila och rekreation, varför utredningen ansett det riktigt ställa så strikta krav på frihet från buller att de flesta människor verkligen upplever sig få den eftersträvade rekreationen i sin bostadsmiljö.

När det gäller att i en normkonstruktion fastlägga en ambitionsnivå genom val av normvärden bör som tidigare nämnts bullrets störningseffekter vägas mot de kostnader och övriga konsekvenser som följer med olika sådana värden. Vid den hittills tillämpade kritiska bullergränsen upplever sig enligt den skandinaviska flygbullerundersökningen mindre än tio procent av en normalbefolkning som mycket störd. Den flygbullernivå FBN som närmast motsvarar kritisk bullergräns är 55 dB(A).

Vid bestämmande av ambitionsnivå har utredningen funnit väsentligt att erfarenheterna av kritisk bullergräns varit goda från både miljösynpunkt och planeringssynpunkt. Tillämpningen av kritisk bullergräns har dessutom visat sig inte innebära några orimliga ekonomiska uppoffringar. En strängare norm, dvs en lägre nivå än FBN 55 dB(A), skulle innebära att en så låg procentuell andel av en normalbefolkning upplever sig som mycket störd att man inte härav kan dra några säkra slutsatser om förhållandet mellan ljudnivå och andel mycket störda. Det är nämligen bekant från sociologiska undersökningar av besvärsreaktioner på olika störningar att det alltid finns en liten grupp tillfrågade som uppger sig vara mycket störda även vid mycket låga expositionsnivåer. Tillgängligt material ger därför inte möjlighet att bedöma om en lägre nivå än FBN 55 dB(A) skulle bedömas som en reell miljöförbättring. Å andra sidan ger den skandinaviska flygbullerundersökningen vid handen att det med nivåer högre än FBN 55 dB(A) uppträder en alltmera ökande andel mycket störda.

I den skandinaviska flygbullerundersökningen har konstaterats att andelen mycket störda samvarierar väl med andra subjektivt upplevda störningsreaktioner som samtalsstörning, störning av olika aktiviteter och upplevelser av symtom som trötthet, nervositet och huvudvärk. Som tidigare påpekats medger en flygbullernivå på 55 dB(A) höga momentana nivåer, som kan innebära tillfällig samtalsstörning. Ju högre dessa nivåer är, desto färre av dem ryms emellertid inom flygbullernivån 55 dB(A).

Resultaten av den skandinaviska flygbullerundersökningen tyder också på att människor i allmänhet inte upplever dessa tillfälliga samtalsstörningar som särskilt störande så länge flygbullernivån inte överskrider 55 dB(A). För högre flygbullernivå ökar den redovisade samtalsstörningen. I laboratorieexperiment (jfr bl a SOU 1974:61 bilaga 4, ref 118) har man också funnit att taluppfattbarheten minskar gradvis då ekvivalentnivån stiger från 55 dB(A) och uppåt med en påtaglig försämring vid nivåer över 65 dB(A).

Med hänsyn till vad här anförts och med beaktande av de miljöpolitiska värderingar utredningen ansett böra vara vägledande har för utredningen gränsvärdet FBN 55 dB(A) framstått som uttryck för en rimlig ambitionsnivå vid bestämmande av planeringsnorm. För denna bedömning har utredningen funnit ytterligare stöd i vad som framkommit genom omfattande utländska undersökningar, vilkas resultat sammanställts i en år 1974 utgiven rapport, se avsnitt 10.1.5. Andelen mycket störda vid en nivå som, om den omräknas till FBN, närmast skulle motsvara 55 dB(A) synes utgöra 5 à 10 procent. Olikheter i undersöknings- och utvärderingsmetodik gör att detta resultat inte utan vidare kan jämföras med vad som kan utläsas ur den skandinaviska flygbullerundersökningens material. Av betydelse i detta sammanhang är emellertid att det utländska undersökningsmaterialet ger vid handen att buller uppfattas som den minst betydelsefulla av olika miljöstörningar så länge ljudnivån utomhus inte överstiger en nivå som motsvarar FBN 55 dB(A) (jfr figur 10.17 i avsnitt 10.1.5). Med en över detta värde stigande ljudnivå uppfattas enligt detta material flygbuller som en alltmer påtaglig störning och föranleder från de stördas sida olika reaktioner vilka framträder alltmera markant ju högre ljudnivån är. När ljudnivån stiger över ett värde motsvarande FBN 55 dB(A) börjar också en tendens att omvärdera boendemiljön och att söka sig bostad på annat håll att göra sig gällande (jfr figur 10.18 i avsnitt 10.1.5). Den totala bild av sambandet mellan exposition och störningsreaktion som sålunda framkommit måste trots nyss antydda svårigheter att göra direkta jämförelser sägas stämma väl överens med vad som kan utläsas ur den skandinaviska flygbullerundersökningens material.

Av det anförda framgår således att det underlagsmaterial utredningen haft tillgång till samstämmigt ger vid handen att störningarna är obetydliga vid nivåer upp till FBN 55 dB(A). Först när detta värde överskrids börjar störningseffekter uppträda, vilka blir alltmera påtagliga ju större överskridandena är.

Utredningen har med hänsyn till det anförda funnit gränsvärdet FBN 55 dB(A) utomhus böra gälla som huvudnorm vid planering av nya bostadsområden.

Utredningen har av skäl som tidigare redovisats funnit att gränsvärden för buller bör anges som både inomhus- och utomhusvärden. Den föreslagna innenivån 30 dB(A) – som förutsätter stängda fönster men knappast särskilda isoleringsåtgärder i nybyggda hus – torde vid måttliga och höga flygfrekvenser vara så låg att flygbullret normalt är föga märkbart och som regel maskeras av andra ljud inom lägenheten. Detta

innebär att bullret under dagtid har en mycket ringa eller ingen samtalsstörande inverkan och nattetid ej ger upphov till sömnstörningar. Även de något högre innenivåer som uppstår om fönster öppnas på glänt kan enligt vad som framkommit vid utländska undersökningar – se avsnitt 10.1.5 – bedömas som godtagbara så länge flygbullernivån utomhus inte överskrider ett värde motsvarande FBN 55 dB(A).

Vårdlokaler

Vid vård av sjuka människor kan buller verka störande, dels genom att den vårdbehövande blir störd, vilket särskilt gäller de psykiskt sjuka, dels genom att vård- och undersökningsåtgärder försvåras. Utredningen har begränsat sig till de vanligast förekommande vård- och arbetssituationerna.

Därvid torde det i första hand vara den vårdbehövandes reaktioner som blir avgörande för kraven på bullerskydd. Så långt gående krav på frihet från buller som måste ställas vid vissa hörselundersökningar har utredningen däremot inte ansett sig behöva beakta. För de flesta andra undersökningar och behandlingar kan den angivna innenivån – FBN 30 dB(A) – anses tillfredsställande.

Kunskaperna om reaktionerna vid bullernivåer som är lägre än dem utredningen föreslagit för bostäder är också så begränsade att även om det eventuellt kunde övervägas att ställa mer skärpta krav för lokaler där sjuka människor huvudsakligen skall vistas, har utredningen stannat för att föreslå att samma gränsvärden som för bostäder tillämpas i vårdlokaler. Utredningen ser det dock som en brist att det för närvarande inte finns kunskapsunderlag för att ange bullerskyddskrav som tar hänsyn till de psykiskt sjukas större känslighet.

Flygtrafik av sådan omfattning och på sådan höjd att den ger upphov till buller som behöver dämpas för att ej verka störande förekommer företrädesvis i grannskapet av flygplatser. Flygbullerproblemen är därför lokaliserade till vissa avgränsade områden på ett helt annat sätt än vägtrafikens bullerproblem, som följer vägar och gator överallt där dessa går fram genom bebyggelsen. Vid planering och nybebyggelse bör det därför vara möjligt och samtidigt önskvärt att undvika att lokalisera sjukhus, vårdhem o d inom områden som förutsätter att särskilda åtgärder vidtas för att innehålla här aktuella normvärden. De grundvärden som föreslås för dessa lokalkategorier skall därför inte behöva föranleda särskilda åtgärder och kostnader i någon större utsträckning.

Undervisningslokaler

Liksom vid andra former av arbete påverkas vid utbildning arbetsprestationen av buller. Utbildningssituationen är dock särskilt känslig då lyssnandet utgör en väsentlig del av verksamheten. Detta gäller naturligtvis både den obligatoriska utbildningen och den frivilliga i kurs- och samlingslokaler av olika slag. Ett mycket viktigt element i alla dessa fall är att över relativt långa avstånd (i vissa fall upp till 10–20 m) kunna

uppfatta det talade ordet.

Bullrets maskerande effekter blir avgörande för de ljudnivåer som kan tolereras i utbildningslokaler. Redan vid trafikbuller som ger ekvivalentnivåer på 30–35 dB(A) i ett vanligt klassrum är det för vissa elever svårt att uppfatta vad som sägs.

Skolor är ofta att anse som en integrerad del av bostadsbebyggelsen och kan svårligen lokaliseras alltför avlägset från denna utan att olägenheter i form av långa skolvägar o d uppstår. Utredningen har därför stannat för att för skolor föreslå samma gränsvärden som för bostäder. I detta sammanhang bör beaktas att möjligheterna att placera den enskilda eleven i undervisningslokal med hänsyn till elevens känslighet för bullerstörningar är mycket begränsade. Utredningen vill i anslutning härtill framhålla de hänsyn som måste tas till individer med hörselnedsättningar. Enligt vad utredningen inhämtat strävar man i dag i undervisningsväsendet mot att i största möjliga utsträckning integrera barn med nedsatt hörsel i den vanliga undervisningen. En absolut förutsättning för att denna målsättning skall kunna realiseras är emellertid att bullernivåerna i skolmiljön hålls nere. Det bör uppmärksammas att även kortvariga bullerstörningar kraftigt kan störa undervisningen genom att förorsaka avbrott. Där så är möjligt bör man därför söka utforma undervisningslokalerna så att inomhusnivåerna kommer att ligga under värdet FBN 30 dB(A).

Det föreslagna utomhusvärdet har här liksom för bostäder bedömts vara tillräckligt lågt för att förhållandena i närmiljön utomhus såsom på skolgårdar o d skall vara tillfredsställande.

I sådana lokaler som hörsalar där lyssnandet sker över större avstånd föreslår utredningen en ytterligare skärpning av inomhusvärdet till FBN 25 dB(A). För dessa lokaler där väl utbyggd mekanisk ventilation kan antas vara regel och öppna fönster därför inte ens undantagsvis behöver förekomma har utredningen emellertid inte ansett det nödvändigt att ställa särskilda behov på begränsning av bullernivåerna utomhus.

Arbetslokaler

Ett av de tyngst vägande argumenten för att sätta ett så lågt gränsvärde som möjligt för bostäder – störningsfrihet under rekreation och sömn – har inte aktualitet när det gäller arbetslokaler. Det är emellertid uppenbart att man, exempelvis i många former av kontorsarbete, kan störas av utifrån kommande buller, särskilt när detta, såsom fallet är med flygbuller, uppträder som plötsliga bullertoppar. Med hänsyn till angelägenheten av att kunna för arbetslokaler utnyttja sådan mark i närheten av flygplats, som med hänsyn till normkraven inte bör utnyttjas för bostadsbebyggelse, har utredningen dock funnit rimligt att för arbetslokaler av här aktuellt slag som huvudnorm godta ett något högre inomhusvärde än för bostäder. Av samma skäl har utredningen avstått ifrån att här ange något utomhusvärde. Det ligger emellertid i sakens natur att hänsyn måste tas även till bullernivåerna utomhus vid lokalisering av verksamheter varom här är fråga. Redan i begränsningen av

inomhusnivåerna ligger i och för sig ett krav på begränsning även av utomhusnivåerna. Med hänsyn till den mångfald av olika omständigheter som här kan behöva beaktas har utredningen emellertid funnit det olämpligt att genom ett eller flera särskilda utomhusvärden styra planeringen så hårt att den riskerar att låsas.

När det gäller lokalisering och utformning av lokaler för vila och rekreation inom en kontors- eller fabriksbyggnad bör dock kraven på bullerfrihet kunna jämställas med dem som gäller för bostäder. Detta bör uppmärksammas vid detaljutformningen av sådana lokaler och äger således giltighet – måhända med särskild styrka – också för sådana anläggningar där bullret i arbetslokalerna kan vara högt.

Det ligger i sakens natur att den av utredningen föreslagna normen kommer att sakna betydelse för sådana arbetslokaler där det buller verksamheten i lokalerna ger upphov till ligger på höga nivåer och inte kan begränsas till så låga nivåer att eventuellt flygbuller uppfattas som en störning. Med hänsyn härtill har normvärdet angivits som tillämpligt endast vad gäller arbetslokaler för ej bullrande verksamhet.

Rekreationsområden

Till skillnad från vägtrafikbuller ger flygbuller upphov till i stort sett samma bullernivå inom rätt stora arealer utan att terrängförhållanden eller bebyggelse ger möjlighet att åstadkomma särskilt skydd. Det är därför i allmänhet inte möjligt att för särskilda områden inom dessa arealer uppställa andra krav på begränsning av flygbuller än som gäller för den närmaste omgivningen. Det är med hänsyn härtill inte meningsfullt att som utredningen gjort i fråga om vägtrafikbuller ange gränsvärden för rekreationsytor inom tätbebyggelsen såsom sittplatser, lekplatser och parkområden. I de fall grundvärdet FBN 55 dB(A) gäller som utomhusvärde för tätbebyggelsen innebär det emellertid som tidigare nämnts att tillfredsställande bullerförhållanden kommer att råda inom närmiljön överhuvudtaget.

Större rekreationsområden för det rörliga friluftslivet belägna utanför bebyggelsen har inte intagits i utredningens förslag till tabell över immissionsgränser. För att de skall fungera för sitt ändamål bör de inte förläggas i sådan närhet av flygplatser att påtagliga bullerstörningar är att befara. Givetvis bör då ej heller en flygplats lokaliseras så nära ett rekreationsområde att ändamålet med detta äventyras genom bullerstörningar.

Områden för fritidsbebyggelse

Undersökningar som särskilt avser reaktioner mot buller inom fritidsbebyggelse föreligger inte. Man torde dock kunna utgå ifrån att de önskemål att skapa förutsättningar för vila och rekreation som utredningen redovisat för bostäder även är giltiga i samband med fritidsbebyggelse. Vad som därutöver särskilt är värt att notera är att friheten från störningar i utemiljö i fritidsbebyggelsen torde vara minst lika angelägen

som när det gäller innemiljön. Att kunna sitta ute ostörd liksom att utan besvär kunna ha fönstren öppna torde vara viktiga kriterier för en fungerande fritidsmiljö.

Utredningen vill framhålla att man bör sträva efter att förlägga områden för fritidsbebyggelse så långt ifrån flygplatser att nämnda områden inte skall behöva beröras av flygverksamhet på sådant sätt att mera påtagligt buller överhuvudtaget förekommer.

Gränsvärden för befintlig miljö

Tillämpning

Värden för befintlig miljö i tabell 11.1 är avsedda att tillämpas vid prövning av bullerförhållandena inom en befintlig bebyggelse invid en befintlig flygplats, dvs i en situation då både flygplats och bebyggelse redan är för handen när normerna utfärdas. Som närmare utvecklas i det följande är möjligheterna att nedbringa bullernivåerna, särskilt utomhus, i en sådan situation begränsade, vilket tar sig uttryck i en lägre ambitionsnivå än grundvärdena i tabellen är ett uttryck för.

Bostäder

I den befintliga miljön i närheten av flygplatser råder på många håll bullernivåer såväl inom- som utomhus som överskrider grundvärdena. Särskilt gäller detta inom områden som ligger intill de flygplatser som har den intensivaste trafiken. Genom trafikens successiva ökning och övergången till jetflygplan har bullerförhållandena inom vissa områden kommit att undan för undan försämras. Särskilt allvarligt framstår detta förhållande inom de områden som i större utsträckning innehåller bostadsbebyggelse. Samtidigt står emellertid klart att en radikal förbättring här inte kan erhållas, om man inte väljer att antingen flytta flygplatsen eller ålägga flygtrafiken långtgående restriktioner, åtgärder som av olika skäl kan vara orealistiska. Att då söka komma till rätta med problemet genom att helt avveckla bostäder i området och därmed omskapa en ur andra aspekter kanske värdefull och attraktiv miljö kan för såväl de boende som samhället i övrigt framstå som oacceptabelt.

Med hänsyn till vad här anförts framstår som angeläget att alla möjligheter att nedbringa bullerstörningarna till en godtagbar nivå tas till vara även om man nödgas acceptera en lägre ambitionsnivå än den som grundvärdena ger uttryck för. Att förbättra utomhusmiljön genom byggnads- eller andra anläggningsåtgärder är i allmänhet inte möjligt. Vad som härvidlag kan göras inskränker sig till att modifiera flygtrafiken i olika hänseenden, exempelvis genom inskränkningar av kvälls- och nattflygningar, förändringar av start- och landningsprofiler och av flygvägar m m. En viss förbättring kan också på längre sikt förväntas genom att något mindre bullrande flygplanstyper successivt kommer i trafik.

Ingripanden mot oacceptabla bullerförhållanden i befintlig bebyggelse avses ske med utgångspunkt från miljöskyddslagen och hälsovårdsstad-

gan. De gränsvärden som skall vara vägledande för när sådana ingripanden påfordras kan inte sättas med högre ambition än att de åtgärder som erfordras för att de skall innehållas framstår som genomförbara, främst från ekonomiska och tekniska utgångspunkter.

Reaktioner till följd av flygbuller börjar som tidigare nämnts bli påtagliga först när flygbullernivån 55 dB(A) överskrids. Som ovan nämnts blir dessa reaktioner allt allvarligare ju större överskridanden av denna nivå som föreligger. Överskridanden med upp till 10 dB(A) synes kunna accepteras men när överskridandena uppgår till mer än 10 dB(A), dvs till nivåer över FBN 65 dB(A) är störningsreaktionerna så allvarliga att situationen inte kan accepteras. Vid FBN 65 dB(A) är således enligt den skandinaviska flygbullerundersökningen cirka var fjärde och enligt utländska undersökningar, se avsnitt 10.1.5, cirka var tredje person mycket störd. Sättes gränsvärdet för utomhusnivån till FBN 65 dB(A) blir det möjligt att innehålla ett godtagbart värde även inomhus utan att särskilda isoleringsåtgärder skall behöva vidtas annat än i begränsad omfattning. *Med hänsyn härtill och i beaktande av de kostnader och övriga konsekvenser som skulle följa med ett lägre gränsvärde har utredningen funnit sig böra föreslå flygbullernivån 65 dB(A) att gälla som gränsvärde utomhus i befintlig miljö.* Gränslinjen för detta värde motsvarar ungefär den gränslinje där kritisk bullergräns överskrides med 15 dB(A). Där det inte är möjligt att innehålla gränsvärdet FBN 65 dB(A), bör man söka avveckla befintlig bostadsbebyggelse. Utredningen bedömer att detta kommer att aktualiseras endast i flygplatsernas omedelbara närhet och komma att beröra endast ett begränsat antal bostäder. Att dessa emellertid bör avvecklas följer av att ett överskridande av angivna gränsvärden måste anses innebära så allvarliga bullerstörningar att de medför påtaglig sanitär olägenhet.

Vad nu anförts innebär emellertid inte att utredningen anser att bullernivåer upp till FBN 65 dB(A) utan vidare skall godtas, eftersom överskridande av grundvärdet innebär avsteg från den eftersträvansvärda målsättningen. Det är således angeläget att alla möjligheter att begränsa överskridandena prövas, där varje enskilt fall givetvis måste bedömas med hänsyn till rådande förutsättningar.

Som tidigare påpekats är bullret från flygtrafik lokaliserat till ett begränsat antal bestämda områden på ett helt annat sätt än vad fallet är med bullret från vägtrafiken. Det är således ett relativt begränsat antal byggnader som kommer att beröras av eventuella krav på förbättrad isolering som följer av här angivna innevärden.

Utredningen har bedömt ett inomhusvärde på FBN 40 dB(A) som i och för sig godtagbart. Härvid har utredningen särskilt beaktat att den bebyggelse som ligger inom de aktuella områdena i stor utsträckning består av villor och mindre flerfamiljshus, där ett strängare värde skulle förutsätta omfattande isoleringsåtgärder av tak, vindsutrymmen och väggar. Vad gäller större flerfamiljshus eller andra större hus bör det emellertid många gånger vara möjligt att med isoleringsåtgärder av måttlig omfattning – främst förbättrad fönsterisolering – innehålla åtminstone 5 dB lägre gränsvärden inomhus än tabellen anger. Det är givetvis angeläget

att alla möjligheter att med rimliga insatser begränsa bullernivåerna till lägre värden än det i tabellen angivna maximivärdet tas tillvara.

Vidare är uppenbart att i den mån höga utomhusnivåer trots allt måste godtagas ingen möda får sparas att fortlöpande undersöka vilka möjligheter som erbjuder sig att bl a genom modifieringar i trafikmönstret nedbringa bullerolägenheterna inom de mest utsatta områdena.

Vård- och undervisningslokaler

Utredningen har även vad gäller den befintliga bebyggelsen valt att låta gränsvärdena för vård- och undervisningslokaler följa de gränsvärden som föreslås för bostäder. Vård- och undervisningslokaler utgör som regel en integrerad del av bebyggelsen i sådan omfattning att de svårligen kan omlokaliseras utan att det skapar olägenheter för serviceförsörjningen inom den kvarliggande bostadsbebyggelsen. Det kunde övervägas att, särskilt för skolor där talinterferens genom flygbuller kan erbjuda problem, sätta lägre gränsvärden inomhus och därigenom driva fram insatser för förbättrad ljudisolering. Med hänsyn till att dessa lokaler ofta är utförda som envåningsbyggnader och en ombyggnad för att förbättra isoleringen därför ställer sig komplicerad har utredningen inte velat ställa krav som generellt skulle förutsätta förbättrad isolering. Utredningen utgår emellertid ifrån att de myndigheter som är huvudmän för vård- och skollokaler genomför isoleringsförbättringar där detta är tekniskt möjligt.

Arbetslokaler

Gränsvärdena för arbetslokaler ligger högre än för bostäder. De skäl som talar härför är i stort sett desamma som de vilka redovisats som motivering för grundvärdet för denna lokalkategori. Sålunda nyttjas inte dessa lokaler för rekreation och vila på samma sätt som gäller för bostäder. Vidare föreligger uppenbarligen behov av att behålla arbetslokaler även för icke bullrande verksamhet i flygplatsernas närhet. Detta utesluter dock inte att man bör särskilt beakta behovet av lokaler för vila och rekreation som är så utformade att de erbjuder tillräcklig bullerfrihet.

Ny- och ombyggnad

Vid planering och byggande inom den befintliga bebyggelsen nödgas man i allmänhet acceptera rådande bullernivåer utomhus i avsaknad av möjligheter att genom byggnads- eller andra anläggningsåtgärder förbättra utomhusmiljön. Att i samband med ny- eller ombyggnad här kräva att grundvärdena utomhus innehålles skulle medföra att all förnyelse eller modernisering av befintligt byggnadsbestånd blir omöjliggjord inom de områden där eljest normerna för befintlig miljö skall tillämpas. Ett av syftena med att för befintlig miljö införa normer som uttrycker en lägre ambitionsnivå än grundvärdena har som tidigare nämnts varit att söka

bevara sådana bostadsområden som är uppskattade och värdefulla trots att vissa bullerstörningar förekommer inom dem. Detta syfte skulle givetvis motverkas om dessa områden kom att i varje fall på sikt stagnera och förslummas. Utredningen finner med hänsyn härtill strängare utomhusvärden än dem som gäller för befintlig miljö inte kunna krävas när detaljplaner inom befintlig bebyggelse eller bebyggelse inom äldre planområden prövas enligt byggnadslagstiftningens regler. En sådan normtillämpning bör dock inte innebära att exploateringshöjningar eller nytillskott av bebyggelse godtas inom ifrågavarande områden mer än vad avser enstaka bostadshus.

I förevarande fall torde emellertid goda möjligheter stå till buds att genom särskilda isoleringsåtgärder åstadkomma en bättre inomhusmiljö än som eljest i allmänhet är möjligt inom den befintliga bebyggelsen i här aktuella områden. Genom isoleringsåtgärder i samband med ny- eller ombyggnad torde således vara möjligt att utan vare sig tekniska svårigheter eller höga kostnader innehålla grundvärdena inomhus i såväl bostäder som övriga lokaler som omfattas av immissionstabellen. Således bör kunna krävas att nämnda värden innehålles i nu aktuella fall.

Gränsvärde för högsta ljudnivå

Som tidigare påpekats kan vid mycket låga trafikintensiteter så höga momentana bullernivåer förekomma att de uppfattas som störande utan att ekvivalentnivån därför blir hög. Utredningen har därför ansett befogat att genom en särskild norm sätta en övre gräns för sådana momentana nivåer. Vid konstruktionen av denna norm har utredningen utgått ifrån genomsnittsvärdet av de maximala momentannivåer som i en viss punkt uppträder vid flygrörelser med en viss flygplanstyp vid en viss flygplats. Detta värde, som benämnes toppnivå och betecknas L_{Amax}, kan, när det gäller översiktliga bedömningar med tillfredsställande noggrannhet erhållas ur standardbullermattan för respektive flygplanstyp. Normen anger ett gränsvärde för toppnivån för den mest bullrande flygplanstyp som icke endast tillfälligt utnyttjar viss flygväg. Denna toppnivå benämnes högsta ljudnivå och betecknas L_{Ahmax}.

Enligt vad som framkommit vid den skandinaviska flygbullerundersökningen ger högsta ljudnivåer på upp till ca 90 dB(A) utomhus ingen påtaglig störningseffekt vid låg överflygningsfrekvens. Vid upp till 35 överflygningar per dygn upplever sig således mindre än tio procent av en normalbefolkning som mycket störd, då högsta ljudnivå inte överskrider 90 dB(A).

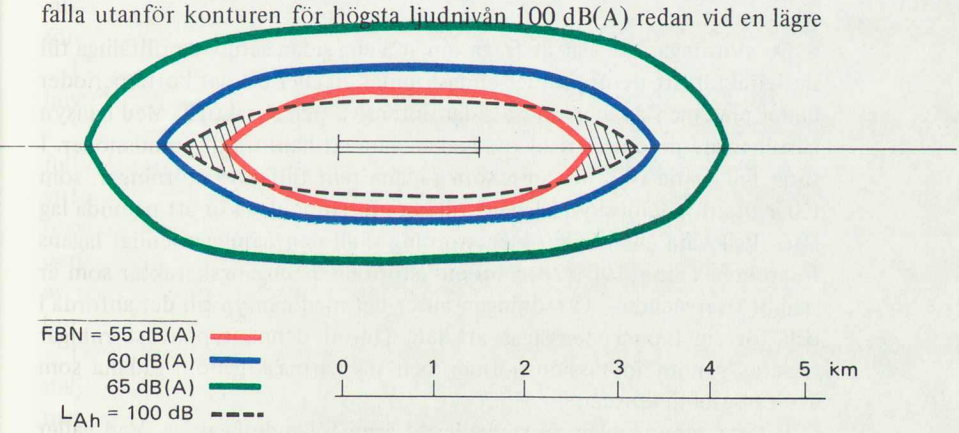
Vid en flygplats kan förekomma högsta ljudnivåer över 90 dB(A) som kan uppfattas som störande utanför det område som begränsas av den gränslinje som framräknats för flygbullernivån 65 eller 55 dB(A). Detta kan inträffa om antalet flygplansrörelser per dygn över huvud taget är litet eller om bland ett större antal rörelser ingår några få med en flygplanstyp, som är betydligt mera bullrande än de övriga.

Utredningen har ansett sig böra överväga att komplettera de i flyg-

bullernivå FBN angivna immissionsnormerna med en norm uttryckt i högsta ljudnivå. Därvid har utredningen utgått från att en lägre trafikintensitet än 150 rörelser per år under dagtid med en flygplanstyp som är mera bullrande än övriga inte kan bedömas medföra sådana bullerolägenheter att de förtjänar särskilt beaktande. När det gäller att fastlägga gränsvärdet för högsta ljudnivå har utredningen gjort följande överväganden.

Sättes den övre gränsen för högsta ljudnivå vid 90–95 dB(A), skulle relativt stora områden utsatta för dessa högsta ljudnivåer komma att ligga utanför gränslinjen för flygbullernivån 55 dB(A) när totala antalet flygplansrörelser är litet. Med hänsyn till de relativt begränsade störningar som uppträder vid dessa högsta ljudnivåer vid låg överflygningsfrekvens framstår inte som motiverat att lägga restriktioner för bebyggelse på så stora områden som i detta läge skulle komma i fråga. Utredningen anser därför att gränsen för högsta ljudnivå bör kunna sättas högre än nyss nämnda värden.

Bestämmes gränsvärdet i stället till 100 dB(A), kommer nivåkurvan för högsta ljudnivå 100 dB(A) att ligga helt innanför gränslinjen för FBN 55 dB(A) normalt redan vid en frekvens av 150 rörelser per år under dagtid med mest bullrande plantyp. Samman nivåkurva kommer vidare att ligga innanför gränslinjen för FBN 65 dB(A) vid en frekvens av mer än ca 1 000 rörelser per år under dagtid med sagda plantyp, när totala antalet flygplansrörelser är litet. Med ett ökande totalt antal flygrörelser kommer mindre bullrande flygplan att alltmera bidra till uppbyggnaden av flygbullernivån. Härigenom kommer gränslinjen för FBN 65 dB(A) att falla utanför konturen för högsta ljudnivån 100 dB(A) redan vid en lägre



Figur 11.1 Flygbullernivån, FBN, bestäms i huvudsak av den flygplanstyp som dominerar trafiken på en flygplats. Exemplet visar en flygplats med låg trafik med en plantyp, typ 1, endast några rörelser per dag. Därtill kommer några rörelser per vecka med en annan plantyp, typ 2. Den senare plantypens rörelser påverkar ej flygbullernivån då antalet är så litet. Typ 2 är den mest bullrande flygplanstypen. Dess trafikintensitet uppgår till mer än 150 rörelser per år under dagtid. Plantypens L_{Ahmax} = 100 dB(A) framgår av den streckade konturen i figuren. Den ligger i viss utsträckning utanför FBN 65 dB(A), vilket markerats med skuggat område i figuren. Detta är alltså det område som till följd av det kompletterande normvärdet L_{Ahmax} = 100 dB(A) tillkommer utöver det som omfattas av gränskurvan för FBN 65 dB(A).

frekvens än 1 000 rörelser per år för den mest bullrande flygplanstypen. En begränsning av högsta ljudnivå till 100 dB(A) kan således innebära ett strängare krav än FBN 65 dB(A) endast vid frekvenser som är lägre än ca 1 000 rörelser per år under dagtid med mest bullrande plantyp.

Ett värde på högsta ljudnivå av 100 dB(A) kan förväntas innebära en med flygbullernivån 65 dB(A) jämförbar ambitionsnivå när det gäller att begränsa störningarna. Utredningen finner mot bakgrund av vad ovan redovisats om konsekvenserna av att tillämpa ett lägre värde på högsta ljudnivå denna ambitionsnivå innebära att rimlig hänsyn tagits till här aktuella störningar och att ett överskridande av ovannämnda värde för högsta ljudnivå bör bedömas som en otillåtlig störning enligt miljö- och hälsovårdslagstiftningen. *Utredningen har sålunda kommit till att immissionsnormerna, angivna i flygbullernivå, bör kompletteras med ett normvärde uttryckt i högsta ljudnivå på 100 dB(A), avsett att tillämpas för den mest bullrande flygplanstyp, vars trafikintensitet uppgår till minst 150 rörelser per år under dagtid.* Omräkning för rörelser under kväll och natt skall ske enligt tidigare för flygbullernivån beskrivna regler.

I detta sammanhang skall något beröras de störningar som uppstår kring s k krigsflygfält vid den kortvariga men intensiva användning av dessa som sker i samband med vissa militära övningar. Dessa flygfält används då under en period av fyra à fem dagar en eller två gånger om året. Under dessa perioder uppkommer intensiva bullerstörningar i flygfältets omgivning hela dygnet och drabbar då en bebyggelse, som under övrig del av året kanske inte är utsatt för några flygbullerstörningar överhuvudtaget. Från flygvapnets sida har man sökt mildra verkningarna av denna verksamhet.

De störningar det här är fråga om är å ena sidan såtillvida tillfälliga till sin karaktär att de uppträder endast under en eller ett par korta perioder under året men är då å andra sidan intensiva och varaktiga. Med hänsyn härtill torde de om än med viss tvekan vara att hänföra till immissioner. I varje fall är de inte att anse som sådana rent tillfälliga störningar, som faller utanför miljöskyddslagens tillämpningsområde. För att nämnda lag inte skall vara tillämplig på en störning skall den nämligen enligt lagens förarbeten (prop 1969:28) vara en "störning av engångskaraktär som är snabbt övergående". Utredningen anser det med hänsyn till det anförda i och för sig kunna övervägas att låta jämväl denna typ av störningar regleras genom immissionsnormer och då närmast genom sådana som avser högsta ljudnivåer.

I detta sammanhang bör emellertid även följande beaktas. Vad gäller tillämpningen av hälsovårdsstadgan har naturvårdsverkets omgivningshygieniska avdelning i yttrande över förevarande typ av störningar ansett den inte vara att hänföra till sanitär olägenhet sådan denna definierats av hälsovårdsstadgekommittén i dess betänkande – se härom närmare avsnitt 11.2.4. I beaktande av flygbullrets tidsmässiga begränsning och därmed relativt ringa störverkan framstår vidare som opåkallat att vidta några ingrepp i berörd bebyggelse såsom ombyggnad eller flyttning av bostäder e d. Härtill kommer att möjligheten att i samförstånd mellan försvarsmakten och berörda sakägare vidta lämpliga åtgärder av tillfällig

natur enligt gjorda erfarenheter synes vara goda.

Med hänsyn till vad sålunda upptagits och med beaktande av ändamålet med och betingelserna för den verksamhet varom här är fråga finner utredningen det olämpligt att värdera förekommande olägenheter i bullerhänseende med hjälp av så generella bedömningar som normer ger uttryck för och härpå grunda krav på bullerbegränsande åtgärder. Normerna är således inte avsedda att tillämpas i förevarande fall, vilket enligt utredningens mening bör komma till uttryck när de utfärdas som anvisningar.

11.2.3 Planeringsanvisningar och kontrollmetoder

11.2.3.1 Planeringsanvisningar

Inledning

Som framgår av avsnitt 11.2.2.1 har de föreslagna immissionsnormerna utformats på ett sådant sätt, att det är möjligt att välja mellan olika åtgärder, som kan komma i fråga för att de krav normerna innefattar skall uppfyllas. Valmöjligheterna när det gäller att genom åtgärder begränsa flygbullrets spridning och immissionsnivåer är naturligtvis betydligt mer begränsade än när det gäller vägtrafikbuller. Alternativa åtgärder är emellertid tänkbara i vissa situationer. Härvid bör givetvis den lösning väljas som med hänsyn till bullerreducerande effekt, kostnader, anpassning till miljön, trafiktekniska förutsättningar etc framstår som fördelaktigast. Särskilda anvisningar eller rekommendationer rörande vilka åtgärder som i olika situationer bör vidtas för att uppfylla de föreslagna immissionsgränsernas krav bör därför ej utfärdas.

Planeringsanvisningarna bör med hänsyn till det anförda ha som huvudsakligt syfte att ange en ändamålsenlig planeringsprocedur.

Vid planering för nyanläggning eller utbyggnad av flygplatser bör ett så fullständigt beslutsunderlag som möjligt tas fram. Med hänsyn till de vittgående konsekvenser för bl a markanvändning som de i planeringen nödvändiga trafikprognoserna kan medföra, måste stora krav ställas på deras tillförlitlighet. En ökad uppmärksamhet bör därför ägnas utveckling av prognosmetodik vid flygplatsplanering. Styrande för planeringsarbetet bör vara den karaktär flygplatsen kan bedömas få inom överskådlig tid.

Den slutliga avvägningen mellan kraven på tillgänglighet, flygsäkerhet, miljöanpassning och ekonomi bör föregås av ett effektivt samarbete mellan de myndigheter som har att bevaka olika planeringskomponenter. Detta är betydelsefullt på såväl lokal och regional som central planeringsnivå. Samordningen av kommunala och statliga intressen vid nyanläggning och utbyggnad av flygplatser bör i större utsträckning än som hittills skett ta sig uttryck i ett samrådsförfarande under planeringsskedet. Det är angeläget att samrådet kommer in i planeringsprocessen så tidigt som möjligt. Genom att de myndigheter som företräder de olika intressen som berörs av ett flygplatsprojekt ges tillfälle att lämna sina synpunkter kan bl a från luftrumssynpunkt och bullersynpunkt olämpliga flygplatslägen elimineras i ett tidigt skede av planeringen. Redan i samband med

översiktsplaneringen bör därför bl a luftfartsverkets och planverkets synpunkter rörande lämpligheten av ifrågasatta lokaliseringsalternativ inhämtas.

För samordning med den regionala trafikplaneringen och det regionalpolitiska utvecklingsarbetet är samråd med länsstyrelsen viktigt. Genom kontakten med länsstyrelsen skapas också bättre förutsättningar för att konfliktsituationer i den fysiska planeringen skall kunna undvikas. Bl a är länsstyrelsens medverkan värdefull när det gäller att i planeringsarbetet tillgodose miljöskyddskraven.

Som anges i avsnitt 11.2.4.1.2 behandlas frågan om lokalisering av en flygplats i första hand inom ramen för översiktsplanerna; regionplan och generalplan. Åtskilliga detaljfrågor, såsom rörande bullerskyddsåtgärder av olika slag, regleras emellertid i detaljplanerna; stadsplan och byggnadsplan.

Översiktsplanering

Vid nybyggnad av flygplats ingår som ett led i översiktsplaneringen att finna ett lämpligt lokaliseringsområde. Flygplatser kan ofta inte lokaliseras på ett med hänsyn till det naturliga upptagningsområdet och tillgången till goda markkommunikationer optimalt sätt på grund av svårigheten att finna tillräckligt stora disponibla markområden. Det gäller därför att i detta översiktliga planarbete arbeta med alternativa flygplatslägen som i ett senare skede kan detaljstuderas med hänsyn till dels tekniska och flygoperativa förutsättningar, dels inverkan på omgivningen.

Det område som med hänsyn till bullerstörningar på sätt immissionsnormerna förutsätter inte bör upplåtas för bebyggelse kallas i det följande bullerskyddsområde. På grund av olikartad flygverksamhet skiljer sig olika flygplatser inom samma flygplatskategori så mycket från varandra att skyddsområdets utsträckning inte kan slutgiltigt fastställas enbart med ledning av den kategori till vilken flygplatsen hör.

Analys av planerad trafik med avseende på antalet flygplansrörelser med olika plantyper, rörelsernas dygnsfördelning och variation samt från operativ synpunkt tänkbara flygvägar är nödvändig vid bestämningen av dylika skyddsområden. Det är därför nödvändigt att ha tillgång till så tillförlitliga prognoser som möjligt rörande alla de faktorer som är bestämmande för flygtrafikens omfattning. Dessa prognoser har emellertid till stor del samma underlag som de som behövs även för planarbetet i övrigt. Så är exempelvis fallet med prognoser rörande befolkningsutveckling, näringslivets expansion och strukturella förändring samt kommunikationssystemets utveckling. Härtill kommer prognoser av rent flygteknisk karaktär såsom rörande utvecklingen av nya flygplanstyper.

Med hänsyn till den osäkerhet som vanligen vidlåder trafikprognoser kan det för översiktsplaneringen på ett tidigt stadium vara till stor hjälp att arbeta med skyddsområdesschabloner för de olika flygplatskategorierna. Härvid torde i allmänhet vara tillräckligt med schabloner uträknade för de för bostadsbebyggelse gällande normvärdena. Vid framräk-

ning av dylika schabloner bör vissa marginaler medräknas för att täcka in viss förändring av trafikintensitet och viss spridning av flygplansrörelserna vid in- och utflygningar.

Om flera tänkbara lokaliseringsalternativ inom regionen kommer fram, bör det fortsatta urvalet främst ske med hänsyn till flygsäkerhets- och miljöfrågor.

Inom de delar av landet där det främst kan bli aktuellt att anlägga flygplatser är det i allmänhet svårt att finna lokaliseringsområden, där konflikter inte uppstår med bebyggelsen och intresset att hålla denna i möjligaste mån fri från bullerstörningar. För framtida behov av flygplatser är det därför angeläget att det i den översiktliga samhällsplaneringen görs sådana markreservationer och fastställs sådana planrestriktioner att ett framtida tillgodoseende av då föreliggande flygtrafikbehov inte äventyras eller omöjliggörs. Det torde vara en uppgift för bl a luftfartsverket, planverket, länsstyrelserna samt berörda kommunala organ att bevaka dessa intressen i plansammanhang.

Detaljplanering

Sedan man vid översiktsplaneringen bestämt sig för ett lokaliseringsalternativ kan en detaljplanering med beaktande av bl a bullersynpunkter vidtas.

I detta skede kan prognoserna för flygtrafiken behöva överarbetas för att tjäna som underlag för detaljerade bullerberäkningar. När det gäller att beräkna antalet flygplan av olika typer, som kan förväntas trafikera en bestämd flygplats, är man beroende av tillförlitliga prognoser för trafikunderlaget. Uppenbarligen behövs säkra uppgifter om antalet passagerare, såväl vad gäller reguljär trafik som charter, och om deras resmål. Vidare behövs uppgifter om godsmängder, behov av postflyg osv. Prognoserna bör göras med ett tidsperspektiv av 10 till 15 år framåt i tiden.

Klarläggande av ungefärliga tidpunkter för eventuella framtida etapputbyggnader av flygplatsen är ett annat väsentligt moment i detaljplaneringen. Vid utformningen av en sådan utbyggnadsplan, i vilken även den långsiktiga utvecklingen av flygverksamheten bör redovisas, kan ett utläggande av bullerskyddsområden för olika byggnadsetapper bli aktuell.

Prognoserna över den framtida trafikens omfattning är jämte meteorologiska data och luftrumsfrågor bestämmande för dimensionering och utformning av flygplatsen.

I detaljplaneringen bör möjligheterna att hålla bullerbelastningen inom vissa områden under en given nivå belysas genom redovisning av konsekvenserna av sådana bullerreducerande åtgärder som förbud mot trafik under vissa tider på dygnet, koncentration av in- och utflygningsvägar till vissa korridorer samt modifiering av start- och landningsprofilerna. Framförallt i samband med start kan genom reglerade flygprocedurer överflygning av känsliga områden åtminstone i viss utsträckning undvikas.

Den första bedömningen av lämpliga åtgärder för att minska olägenheten av flygbullret kan endast bli ungefärlig. Utfallet av åtgärderna framgår först säkert då man med de valda förutsättningarna gör en

beräkning av bullerexponeringen.

Beräkningsmodellerna ger flygbullernivåkurvor, som läggs ut på kartan. Flera kurvor, t ex i steg om 5 dB, kan utläggas men ofta utläggs enbart kurvor för de gränsvärden som skall gälla i det aktuella fallet.

Som redan nämnts kan man sällan finna en från bullersynpunkt helt problemfri lokalisering för ett nytt flygfält. Det är svårt att undvika att åtminstone någon bebyggelse kommer att ligga inom bullerskyddsområdet. Många gånger kan problemen emellertid, som ovan nämnts, begränsas genom att banornas lägen, eventuellt även in- och utflygningsvägar samt stigprofilerna, modifieras i förhållande till vad som betingas av renodlat flygtekniska eller ekonomiska faktorer. Effekten av sådana åtgärder kan emellertid inte bedömas utan beräkningar. Det kan därför bli nödvändigt att beräkna flera alternativ för att finna en gynnsam lösning.

Här har främst behandlats nyanläggning och utbyggnad av flygplatser. Det ligger emellertid i sakens natur att vad här sagts om beslutsunderlag och om betydelsen av samråd mellan och samordning av olika intressen är tillämpligt jämväl då det gäller att vid nyplanering av bebyggelse ta ställning till hur nära en flygplats bebyggelse kan tillåtas.

Det bör i första hand åligga länsstyrelsen som planfastställande myndighet att bevaka att tillräcklig hänsyn tas till bullerfrågorna i den kommunala planeringen så att bebyggelse inte lokaliseras alltför nära flygplatser samt att tillse att flygtrafikens berättigade expansionsmöjligheter inte förhindras.

11.2.3.2 Kontrollmetoder

Inledning

Eftersom de föreslagna immissionsnormerna såsom närmare utvecklas i avsnitt 11.2.4.1 får tillämpas på olika sätt vid planering och vid bedömning av rådande förhållanden i befintlig miljö, måste också kontrollen utformas olika.

Planering

Kontrollen i samband med planering syftar till att bevaka att bullerexponeringen håller sig under gränsvärdena för så lång tidsperiod, som det går att förutse. Eftersom man i de flesta fall räknar med en hela tiden ökande trafikintensitet, nås inte alltid gränsvärdena förrän efter en viss tid. Kontrollen kan därför endast i undantagsfall ske genom rena bullermätningar. Den får i stället inriktas på övervakning av att planeringsanvisningarna blir efterföljda.

Den första granskningen sker genom att den myndighet som har att fastställa planen kontrollerar att förutsättningarna för planen hämtats från tillförlitliga källor, att bullerexponeringen beräknats med tillräcklig noggrannhet och slutligen att erforderliga åtgärder för att begränsa exponeringen klart framgår av planbeskrivningen.

Nästa granskning sker då planen genomförts och innebär bl a en kontroll av att de förutsättningar man utgått ifrån på planeringsstadiet i fråga om trafiken är uppfyllda. Det kan t ex gälla förbud att på flygplatsen använda vissa flygplanstyper, förbud mot att använda en viss bana på visst sätt nattetid osv. Vidare kontrolleras att andra åtgärder enligt planbeskrivningen utförts. På platsen och på byggnadsritningar kan t ex kontrolleras att i fasaden ingående element i byggnader i flygplatsens närhet ger det bullerskydd, som förutsatts i planen.

Normalt skall någon ytterligare kontroll inte erfordras.

Om det finns anledning att misstänka att förutsättningarna eller beräkningarna inte är riktiga, görs upprepade mätningar vid olika tillfällen med olika meteorologiska förhållanden. Ger dessa mätningar en antydan om att något fel kan föreligga, görs dels en ny kontroll av förutsättningarna, dels en kontroll av beräkningarna.

Om så bedöms erforderligt, görs kontinuerliga mätningar under minst en månad. Medelvärdet för flygbullernivån beräknas. Detta medelvärde jämförs med ett beräknat medelvärde för den flygverksamhet som rått under mätperioden. Värdet korrigeras för de meteorologiska data, som gällt under mätperioden. Med hänsyn till beräknings- och mätosäkerheter får anses rimligt att vid efterkontroll av förprövat ärende acceptera mindre överskridanden, upp till 5 dB, av de gränsvärden som skall uppfyllas. Det som idag begränsar noggrannheten är tillgången på akustiska data. Detta gäller såväl akustiska data beträffande själva flygplanet, utöver de som flygplanstillverkarna lämnar, som data om ljudutbredningen över mark samt om varaktigheten av de enskilda bullerexponeringarna.

Vad gäller mätningar måste man noga precisera hur dessa skall utföras. Det gäller att dels ange under hur lång tidsperiod mätningarna skall göras, dels ange krav beträffande instrument, uppställningsplats, meteorologiska förhållanden etc. I de fall skyddsåtgärder vid planläggningen beräknats med hänsyn till en framtida trafikmängd eller trafiksammansättning som skiljer sig från den vid mätningen rådande måste givetvis mätresultatet bedömas med hänsyn härtill.

Befintlig miljö

Även inom sådan befintlig miljö som ej varit föremål för någon förprövning enligt byggnadslagstiftningen – med stöd av de av utredningen föreslagna normerna – krävs kontroller av olika slag, dels för att kartlägga inom vilka områden åtgärder behöver vidtas samt bedöma omfattningen av åtgärderna, dels för att efter åtgärdernas utförande kontrollera om kraven i de uppställda normerna uppfyllts.

I likhet med vad som är fallet vid efterkontroll av nyplanerat område kan man även i den befintliga miljön tänka sig att kontrollera immissionsnivåerna med hjälp av både beräkningar och mätningar. Hittills har i stor utsträckning använts mätningar vid dessa kontroller. Man bör emellertid beakta att stickprovsvisa mätningar kan vara otillförlitliga varför beräkningar i vissa fall, t ex där mer omfattande mätningar inte anses böra

utföras, kan vara att föredra. Angeläget är att man vid kontroll i befintlig miljö alltid använder en och samma metod oavsett vad som föranleder kontrollen.

11.2.3.3 Avslutande anmärkningar

I föregående avsnitt har i stora drag beskrivits hur planering och kontroll kan utföras. Utredningen anser att den mer detaljerade utformningen av planeringsanvisningar och kontrollmetoder för olika situationer bör utarbetas i anslutning till de anvisningar till byggnadsstadgan och hälsovårdsstadgan som närmare behandlas nedan i avsnitt 11.2.4.

11.2.4 Rättslig reglering – ansvarsfrågor

11.2.4.1 *Immissioner*

11.2.4.1.1 Inledning

Trafikbullerutredningen har som framgår av avsnitt 11.2.2 utgått ifrån att immissionsnormerna behöver tillämpas vid upprättande och fastställelse av plan samt vid byggnadslovsprövning, allt enligt byggnadslagstiftningen, vid prövning av tillstånd och föreskrifter för flygplats enligt luftfartslagstiftningen, vid koncessionsprövning av flygplats enligt miljöskyddslagen samt vid prövning enligt sistnämnda lag och hälsovårdslagstiftningen av frågor om skyddsåtgärder m. m. inom den befintliga miljön.

Vad gäller upprättande och fastställelse av plan har utredningen som nämnts i avsnitt 11.2.2 skilt mellan sådan nyplanering som föregår exploatering av områden som tidigare varit i huvudsak obebyggda och som saknar fastställd stads- eller byggnadsplan och sådan som föregår ingrepp i eller komplettering av befintlig bebyggelse. De i tabell 11.1 angivna grundvärdena är avsedda att tillämpas i det förstnämnda fallet och såvitt gäller inomhus även i det sistnämnda. Här avses emellertid utomhusvärdet för befintlig miljö gälla. Skall bebyggelse uppföras med stöd av plan som upprättas innan förevarande normer blivit utfärdade, avses de för inomhus angivna grundvärdena skola tillämpas vid byggnadslovsprövningen.

Vid bedömning av rådande förhållanden i befintlig miljö avses de gränsvärden gälla som angivits i tabellen för befintlig miljö.

Som kompletterande norm gäller i samtliga fall angivet värde för högsta ljudnivå även om detta förutsätts få praktisk betydelse endast som komplement till de i flygbullernivå FBN angivna värdena för befintlig miljö.

Här behandlas först den prövning som sker i samband med planering och byggande och härefter den som sker vid bedömning av rådande förhållanden i befintlig miljö och möjligheterna att här förbättra förhållandena med hjälp av skyddsåtgärder eller andra försiktighetsmått.

11.2.4.1.2 Prövning i samband med planering och byggande

Upprättande och fastställelse av plan

Marks användning för bebyggelse skall i den omfattning som stadgas i byggnadslagen, BL, (1947:385) föregås av planläggning. En redogörelse för de olika planinstituten samt för planärendenas handläggning har intagits i kapitel 9. Lokalisering av flygplats är en fråga som i första hand faller inom ramen för översiktsplanerna, regionplan och generalplan. Åtskilliga konkreta detaljfrågor rörande bullerskyddsåtgärder av olika slag torde emellertid få regleras i detaljplanerna, stadsplan och byggnadsplan.

Omfattningen av regionplan bestäms av regeringen, som också i vissa fall kan besluta att generalplan skall finnas. I övrigt är det kommunerna som är i första hand ansvariga för planernas innehåll och omfattning. Det ankommer således på kommunen att bilda sig en uppfattning om de olika ändamål som skall tillgodoses vid upprättandet av planen och att verkställa den avvägning mellan olika intressen som är nödvändig för planens genomförande. Kommunen är också närmast till att ha den kännedom om de lokala förhållandena som är en förutsättning för att planproblemen skall kunna lösas på bästa sätt. Kommunen ansvarar även för att planen upprättas i överensstämmelse med de lagar och författningar som på olika sätt reglerar plans innehåll och utformning.

Skall plan fastställas – så sker inte alltid med generalplan, se kapitel 9 – ankommer på de myndigheter som fastställer planen – länsstyrelse eller regeringen – att bevaka att planen upprättats i överensstämmelse med de bindande regler som gäller och att omotiverade eller olämpliga avsteg från sådana riktlinjer för planen som utan att vara rättsligt bindande jämväl är avsedda att normalt följas – exempelvis planverkets anvisningar till byggnadsstadgan – inte skett.

Grundläggande bestämmelser om planernas utformning och innehåll ges i byggnadsstadgan, BS (1959:612). Denna förutsätter att närmare anvisningar härom kan behöva utfärdas. Enligt 76 § ankommer således på statens planverk att utfärda de råd och anvisningar som kan finnas erforderliga för tillämpningen av BS.

Prövning enligt luftfartslagstiftningen

Som upptagits i kapitel 9 fordras enligt luftfartslagen tillstånd av regeringen för att inrätta eller driva allmän flygplats där annan än staten skall utöva driften. Sådant tillstånd får meddelas endast om hinder inte möter av hänsyn till det allmänna. Enligt uttalanden i lagens förarbeten innebär detta, att hänsyn skall tas också till de kringboendes säkerhet och trevnad. Detta kommer till klart uttryck i flera bestämmelser i luftfartskungörelsen den 24 november 1961 (nr 558). Luftfartsverket skall sålunda vid fastställande av de fordringar som måste vara uppfyllda för att ett område skall godkännas som allmän flygplats inte bara beakta luftfartens intresse utan även ta hänsyn till de kringboende och till flygplatsens inverkan på landskapsbilden. Vidare skall luftfartsverket

genom föreskrifter om underhåll och drift av allmän flygplats förebygga, att verksamheten vid flygplatsen genom buller eller på annat sätt utövar hälsovådligt eller störande inflytande på omgivningen.

Den som vill inrätta eller driva enskild flygplats skall anmäla sin avsikt till luftfartsverket senast nittio dagar innan anläggningsarbeten påbörjas eller flygplatsen tas i bruk. Verket meddelar de särskilda föreskrifter för inrättandet, underhållet och driften av flygplatsen som är påkallade av hänsyn till trafiksäkerheten eller till flygplatsens inverkan på omgivningen och kan då sådana hänsyn kräver det förbjuda att flygplatsen anläggs eller drivs. Militära flygplatser av betydelse från immissionssynpunkt kan inte komma till stånd utan regeringens medgivande.

Koncessionsprövning av flygplats

Fasta kommunikationsanläggningar, till vilka flygplatser räknas, är att hänföra till fast egendom. Härav följer som närmare utvecklats i kapitel 9 att användning av flygplats är underkastad miljöskyddslagens, ML, (1969:387) regler i den mån användningen kan medföra störning för omgivningen genom luftförorening, buller, skakning, ljus eller annat sådant, om störningen ej är helt tillfällig (1 §). De störningar som omfattas av denna lag brukar betecknas immissioner, vilket ord utgör en samlingsbeteckning för vissa slag av störande inverkan fastigheter emellan.

Störning för omgivningen genom flygbuller är således störning i miljöskyddslagens mening i den mån störningen kan sägas härröra från användning av flygplats. Till denna kategori störningar kan utan vidare hänföras de som uppstår i samband med flygplanens förflyttning på själva flygplatsen i den mån de drabbar omgivningen. Då sistnämnda begrepp inte omfattar själva flygplatsen, är emellertid störningar som drabbat t. ex. trafikanter eller anställda på flygplatsen inte störningar i miljöskyddslagens mening.

Även under sin färd genom luften ger emellertid det enskilda flygplanet upphov till störning som kan sägas härröra från användningen av flygplatsen. Detta är förhållandet om färden kan sägas stå i direkt och omedelbar relation till verksamheten vid flygplatsen, dvs. utgörs av eller har samband med start- eller landningsförfarande. Det sagda medför att utformning och lokalisering av in- och utflygningsvägarna kring flygplatsen har stor betydelse för bullerstörningarnas uppkomst och utbredning.

Start- och landningsförfarandena sträcker sig relativt långt utanför flygplatserna. Det är emellertid endast förhållandevis nära flygplatsen som i varje fall trafikflygplanen befinner sig på så låg höjd att bullerstörningar uppkommer.

Det sagda innebär att koncessionsnämnden vid prövning av en koncessionsansökan – liksom av fråga om försiktighetsmått enligt 41 § ML – har att ta ställning till in- och utflygningsvägarnas utformning och lokalisering samt sättet att framföra flygplanen i dem i den utsträckning som behövs för att kunna ge föreskrifter i störningsbegränsande syfte.

Som närmare utvecklats i kapitel 9 föreligger vad gäller flygplatser ingen på ML grundad skyldighet att söka koncession. Med hänsyn till att föreskrifter om skyddsåtgärder dock kan utverkas med stöd av ML står det emellertid innehavare av flygplats fritt att söka tillstånd till verksamheten hos koncessionsnämnden. De föreskrifter som nämnden då utfärdar med stöd av ML blir gällande och får inte senare ändras annat än då helt andra förutsättningar uppstått eller då tio år förflutit.

Rättsligt bindande normer eller ej

Vid planering och byggande skall byggnadslagstiftningens regler iakttas. Vid inrättande av flygplats skall därjämte luftfartslagstiftningen tillämpas. ML är direkt tillämplig i de fall koncessionsprövning av flygplats sker. Det framstår därför som naturligt att undersöka om de immissionsnormer som är avsedda att användas i samband med planering och byggande kan på lämpligt sätt samordnas med den nu nämnda lagstiftningen. Med hänsyn till angelägenheten av att skapa förutsättningar för största möjliga överskådlighet bör då i första hand övervägas om normerna på motsvarande sätt som då det gäller vägtrafikbuller kan samordnas med byggnadslagstiftningen.

I detta sammanhang aktualiseras på samma sätt som då det gäller vägtrafik frågan om de föreslagna immissionsnormerna för flygbuller skall utfärdas som rättsligen bindande föreskrifter eller som anvisningar, som icke avses ha bindande verkan. Utfärdas de exempelvis som rättsligen bindande föreskrifter i anslutning till BS, medför det att planläggningen måste utföras i enlighet med dem. Avsteg får då inte förekomma utan att en ansökan om dispens prövats och beviljats. Det är inte möjligt att nu överblicka i hur många fall och av vilka skäl avsteg framtvingas. Att kräva en formell dispensprövning medför emellertid en administrativ omgång som sannolikt kommer att framstå som opåkallad. Bindande föreskrifter beträffande planeringen från ett centralt ämbetsverk torde vidare vara svåra att förena med principen om kommunal självstyrelse på den fysiska planeringens område och torde i varje fall förutsätta att uttryckliga inskränkande bestämmelser meddelas i lag.

Har normerna inte en rättsligt bindande karaktär utan endast karaktären av anvisningar till BS, kan planfastställande myndighet godta avvikelser från normerna utan att en formell dispens föreligger. Anvisningarna bör emellertid i så fall utformas så att myndigheten inte är benägen godta avvikelser från desamma med mindre starka motiv kan anföras härför och det inte finnes strida mot syftet med anvisningarna att i det konkreta fallet avvika från dem. Normsystemets differentiering bör också medföra att behov av avvikelser föreligger förhållandevis sällan. Om och i vilken utsträckning avvikelser kan godtas får givetvis bedömas under beaktande av omständigheterna i det konkreta fallet.

De överväganden och värderingar på vilka normerna bygger är sådana att det torde ligga i sakens natur att normerna även om de utfärdades som anvisningar till BS borde kunna bli vägledande för luftfartsverkets prövning av vilka fordringar och föreskrifter som med stöd av luftfarts-

kungörelsen kan behöva utfärdas för sådana allmänna och enskilda flygplatser som tidigare nämnts.

På detta sätt utfärdade normer jämte övervägandena bakom dem bör kunna tjäna även koncessionsnämnden till ledning som en konkretisering av de avvägningar mellan olika intressen som ML förutsätter enligt 5 §.

Utredningen har på nu redovisade skäl funnit sig böra stanna för att de nu ifrågavarande immissionsnormerna utfärdas som icke rättsligen bindande planeringsanvisningar. Lämpligen bör de utfärdas av planverket med stöd av 76 § 2 mom. BS som anvisningar till BS. Någon lagändring behöver då inte vidtas.

Ansvarsfördelningen mellan kommunen och den som driver flygplatsen

Den som utövar eller ämnar utöva miljöfarlig verksamhet skall – som närmare utvecklats i kapitel 9 – enligt 5 § ML vidta de skyddsåtgärder, tåla den begränsning av verksamheten och iaktta de försiktighetsmått i övrigt som skäligen kan fordras för att förebygga eller avhjälpa olägenhet. Den som driver en flygplats, vare sig denne är staten, kommun eller enskild, är utövare av miljöfarlig verksamhet i miljöskyddslagens mening och är sålunda ansvarig för de olägenheter genom buller som verksamheten vid flygplatsen ger upphov till.

Genomförs utredningens förslag, har kommunen när plan upprättas att med tillämpning av utfärdade anvisningar till BS och med beaktande av de olika intressen som gör sig gällande i planärendet upprätta planen så att ett överskridande av anvisningarnas normvärden i möjligaste mån undviks. I planen bör anges hur anvisningarna tillämpats så att det klart framgår vilka normvärden man utgått ifrån och av vilka skäl eventuella avsteg från dessa bedömts nödvändiga. Det kan visa sig lämpligt att i planen lägga ut gränslinjer för flygbullernivåerna 55 respektive 65 dB(A) samt i förekommande fall även för högsta ljudnivån 100 dB(A). I den mån bullerdämpande åtgärder förutsätts skall de i allmänhet illustreras.

Är det kommunen som driver flygplatsen, kan kommunens intressen i denna egenskap vinna beaktande under planarbetets gång. Är det staten som genom luftfartsverket driver flygplatsen, får luftfartsverket bevaka sina intressen i planärendet. Vinner de enligt verkets mening inte tillbörligt beaktande, får verket bevaka sina intressen hos de fastställande myndigheterna. I detta sammanhang förtjänar påpekas att den som driver en flygplats inte till sitt friande från det ansvar som åvilar honom enligt miljöskydds- och hälsovårdslagstiftningen kan åberopa planen om det sedermera skulle visa sig att denna upprättats utan att miljöskyddsaspekten vunnit tillräckligt beaktande.

En förutsättning för att luftfartsverket skall kunna bevaka sina intressen i planärendena är att luftfartsverket har rätt att besvära sig hos regeringen i de fall länsstyrelsen fastställer planen och verket anser att dess intressen inte blivit tillräckligt tillgodosedda. Sådan rätt tillkommer luftfartsverket i de fall mark under verkets disposition är berörd i planärendet. Luftfartsverket kan emellertid ha anledning att bevaka sina intressen även i planärenden som icke direkt berör av verket disponerad

mark exempelvis när fråga är om bebyggelse i närheten av flygplats. I sådana fall torde en besvärsrätt för luftfartsverket förutsätta en uttrycklig bestämmelse härom i lag eller annan författning. En sådan bestämmelse kan lämpligen såsom utredningen föreslagit tillskapas genom att en ny paragraf, 150 a §, införs i BL.

Naturvårdsverkets ställning som den centrala myndigheten för miljöskydd och naturvård motiverar att en motsvarande talerätt tillförsäkras denna myndighet. Det kan lämpligen ske genom att i nyssnämnda paragraf såsom utredningen jämväl föreslagit en bestämmelse härom tas in (jfr SOU 1974:60).

Den ansvarsfördelning mellan kommunen och den som driver en flygplats, för vilken nu redogjorts, kan naturligtvis medföra att intressekonflikter dem emellan uppstår. Då luftfartsverket driver en flygplats, kan kommunen redan när planen upprättas vara benägen att välja sådana lösningar för tillgodoseende av bullerskyddet som innebär långtgående restriktioner vad gäller flygplatsens användning i stället för att välja en lösning som förutsätter större uppoffringar från kommunens sida. Givet är att motsättningar här kan uppkomma. Från luftfartsverkets sida kan ju göras gällande att andra planlösningar som medfört mindre betungande konsekvenser för flygverksamheten hade varit bättre. Härtill kommer att graden av bullerstörningar från en flygplats ibland kan vara svår att förutsäga på planeringsstadiet. Olika uppfattningar kan råda om effektiviteten av en åtgärd som man överväger att ange i planen. Även sedan planarbetet avslutats kan delade meningar råda om de förutsatta åtgärdernas ändamålsenlighet utan att det görs gällande att planläggningen skett i strid med anvisningarna.

Att överväga att i denna del ändra det kommunala planmonopolet är uppenbarligen inte realistiskt. Vidare är olämpligt att riva upp miljöskyddslagens ansvarsregler t. ex. genom att föreskriva att vad i lagen sägs om den som utövar eller ämnar utöva miljöfarlig verksamhet skall, då fråga är om flygbuller, i stället gälla den kommun inom vilken flygplatsen är belägen. En dylik särbestämmelse skulle vara utomordentligt svår att samordna med den rättsliga reglering som i övrigt gäller för verksamheten vid flygplatsen. Härtill kommer att en så genomgripande specialreglering av ansvarsfördelningen inom miljöskyddslagens område skulle medföra icke önskvärda svårigheter att överblicka den rättsliga regleringen inom miljöskyddsområdet.

Enligt utredningens mening erbjuder den prövning som enligt vad ovan redovisats förutsätts ske enligt tillämplig lagstiftning goda möjligheter att åvägabringa en godtagbar avvägning mellan olika, varandra motstående intressen. Vad gäller anläggande av ny flygplats framstår särskilt den handläggning och prövning som sker hos koncessionsnämnden som väl ägnad att få alla i sammanhanget aktualiserade miljöfrågor allsidigt belysta och prövade. Det förtjänar i detta sammanhang att uppmärksammas att luftfartsverket begärt koncessionsprövning av den nya storflygplatsen vid Göteborg, Landvetter. Sådan prövning har hittills som tidigare nämnts inte varit obligatorisk. Fråga om att göra koncessionsprövning av flygplats obligatorisk har emellertid väckts på senare tid (se riksdagens

skrivelse 405/74).

Utredningen finner sammanfattningsvis att uppkommande konflikter mellan flygverksamhetens intressen, å ena, och motstående intressen – kommunala eller andra – å andra sidan, bör kunna lösas tillfredsställande inom ramen för nu gällande lagstiftning. Någon ändring av den uppdelning av ansvaret som denna inrymmer framstår därför inte som påkallad.

11.2.4.1.3 Åtgärder i befintlig miljö

Bullerstörningar från flyg förekommer i dag på flera håll inom sådan tätbebyggelse som även om den föregåtts av planering tillkommit vid en tid då flygbuller inte var något påtagligt samhällsproblem. Störningarna kring en flygplats kan också ha förvärrats mer än man hade anledning att räkna med när flygplatsen inrättades genom att trafiken på flygplatsen successivt ökat eller genom att nya plantyper börjat att trafikera flygplatsen. Det kan således visa sig att den lokaliserats alltför nära bebyggelseområden eller att nybebyggelse har uppförts alltför nära en flygplats. Det är då inte alltid möjligt att flytta flygplatsen. Många gånger är det heller inte tekniskt och ekonomiska möjligt att av hänsyn till bullerstörningar "döma ut" och lösa in bebyggelseområden. Man får i stället som framhållits i motiveringen till här tillämpliga immissionsnormer – se avsnitt 11.2.2.4 ovan – söka komma till rätta med problemen med mindre omfattande åtgärder och främst kanske söka förbättra inomhusmiljön med hjälp av förbättrad isolering o. d. Fråga uppkommer då hur åtgärder i nämnda fall skall genomföras.

Miljöskyddslagen

Till en början kan konstateras att ML som tidigare nämnts är tillämplig även i nu aktuella fall. Den som driver flygplatsen är således enligt 5 § skyldig att vidta de skyddsåtgärder, tåla den begränsning av verksamheten och iaktta de försiktighetsmått i övrigt som skäligen kan fordras för att förebygga eller avhjälpa olägenhet genom buller. Dock skall observeras att ML inte kan åberopas för att förbjuda trafik på flygplatsen, 6 § sista stycket.

ML har ännu varit gällande alltför kort tid för att någon praxis skall ha hunnit utbilda sig i fråga om förutsättningar för åtgärdsskyldighet vad gäller trafikbuller. Skyldigheten att vidta skyddsåtgärder anses enligt lagens förarbeten kunna inträda redan då fråga är om störningar som inte är så omfattande att ersättningsskyldighet enligt vad nedan närmare utvecklas föreligger. I propositionen till ML (1969:28) anförde föredragande departementschefen härom (s. 239):

> För att aktivt kunna motverka störningar måste den allmänna skyldigheten att förebygga störningar även gälla ortsvanliga sådana och möjlighet finnas att ingripa mot en störning även i det fall att störningar av samma slag allmänt förekommer under jämförliga förhållanden på andra orter.

Utredningen förmenar att det föreslagna normsystemet jämte överva-

gandena vid bestämmandet av detta system bör vara väl ägnade att tjäna de rättstillämpande myndigheterna till verksam ledning vid tillämpning av ML i förevarande del. De föreslagna gränsvärdena torde, även om de blott får karaktären av riktlinjer utfärdade av planverket som anvisningar till BS eller av socialstyrelsen som anvisningar rörande allmänna hälsovården – utredningen återkommer beträffande det sistnämnda i det följande – bli ett uttryck för vad som rimligen bör tålas i fråga om bullerolägenheter. En åtgärd torde sålunda som regel knappast kunna framtvingas så länge normernas gränsvärden inte överskridits. De överväganden som tagit sig uttryck i normsystemets differentiering är avsedda att motsvara de avvägningar mellan olika intressen som ML förutsätter när det gäller att pröva huruvida och i vilken mån den som driver en flygplats bör åläggas att vidta skyddsåtgärder eller iaktta andra försiktighetsmått. Det sagda utesluter dock inte att en kompletterande prövning kan visa sig nödvändig för att beakta de särskilda omständigheter som kan föreligga i det enskilda fallet.

Normerna och de överväganden på vilka de bygger bör även vid prövning av en på ML grundad skadeståndstalan underlätta en bedömning av vid vilken störningsgrad skadeståndsskyldighet bör anses inträda. Enligt 30 § ML gäller att den som orsakar olägenhet genom miljöfarlig verksamhet skall utge ersättning härför men att i de fall olägenheten ej orsakats genom försumlighet, ersättning skall utgå endast om olägenheten är av någon betydelse och bara i den mån den ej skäligen bör tålas med hänsyn till förhållandena i orten eller till dess allmänna förekomst under jämförliga förhållanden.

I den ovannämnda propositionen till ML anförde föredragande departementschefen härom (s. 239):

I likhet med de sakkunniga finner jag det naturligt att begränsa det strikta ersättningsansvarets inträde till olägenheter av störningar som inte är ortsvanliga eller allmänvanliga. Detta utesluter inte att skadeståndsskyldighet kan inträda på annan grund även för ortsvanliga störningar. Till detta återkommer jag senare.

Ortsvanligheten bör hänföras icke till den störande fastigheten utan till den olägenhet en störning orsakar. Ortsbegreppet kan inte närmare bestämmas i lagtexten. Med orten bör förstås den störda fastighetens omgivning. Hur långt denna omgivning skall anses sträcka sig får överlämnas åt rättspraxis att avgöra. Det torde finnas skäl att understryka att begreppet inte bör tolkas alltför snävt.

Allmänvanlighetsrekvisitet fördes fram av lagberedningen i 1947 års jordabalksförslag vid sidan av ortsvanlighetsrekvisitet. Ortsvanligheten ansågs i vissa fall ej vara tillräcklig för att bedöma om en immission skulle anses tillåten eller ej och i sådant fall kunde enligt beredningen ledning hämtas genom en jämförelse med vad som förekommer på andra håll. Bestämmelsen synes främst ha föranletts av behovet att kunna förlägga nya industrier till orter där dessa industrier ej är ortsvanliga. Men beredningen nämner också det fallet att företagare i ett industrisamhälle utsätter grannarna för en immission av annat slag än som tidigare förekommit i orten.

Immissionssakkunniga anser att vad som allmänt förekommer under jämförliga förhållanden i andra trakter bör vara ett rimligt mått på vad som får tålas utan ersättning.

Till en början är att märka att allmänvanlighetsrekvisitet synes ha en viss motsvarighet i gällande rätt. Tendensen att låta trafikimmissioner uppgå till särskilt hög nivå utan att man inskrider med skadeståndssanktion är ett uttryck härför. Inom vattenrätten har allmänvanlighetssynpunkter kommit till uttryck i rättsfallen NJA 1960 s. 726 och 1965 s. 359.

Det saknas enligt min mening anledning att avvika från de grundsatser som tillämpas i stadgad praxis inom grannelagsrätten. I regel torde man kunna begränsa det strikta ersättningsansvaret på sätt som hittills skett i praxis enbart med tillämpning av väsentlighets- och ortsvanlighetsrekvisiten. I vissa fall ger dessa emellertid inte tillräcklig ledning. Man bör då kunna falla tillbaka på en jämförelse med förhållandena i stort. Allmänvanlighetsrekvisitet bör dock tillämpas med en viss återhållsamhet. Som exempel på fall då detta rekvisit kan medföra befrielse från ersättningsskyldighet kan nämnas förlust av skönhetsvärde och bullerstörningar från en motorväg, som dras fram genom en förut orörd natur. Det skulle inte vara rimligt att medge ersättning enligt reglerna om strikt ersättningsansvar åt var och en som lider olägenhet av någon betydelse genom buller från en motorväg med åberopande av att motorvägar tidigare inte har förekommit i trakten. Det är emellertid inte blott immissionens art utan även dess intensitet som skall beaktas. En störning kan anses allmänvanlig endast upp till en viss nivå. Enstaka skadelidande, som drabbas av olägenheter därutöver, t. ex. vid trafikimmissioner sådana fastigheter som ligger mycket nära immissionskällan, bör således ha rätt till ersättning.

Sammanfattningsvis anser jag starka skäl tala för att utforma den grundläggande ersättningsregeln i enlighet med vad de sakkunniga föreslår. Väsentlighets-, ortsvanlighets- och allmänvanlighetsrekvisiten bör alltså ingå i lagförslaget.

Sådana skador som har sin grund i att den drabbade fastigheten eller den skadelidande personligen tål särskilt litet, dvs. är speciellt immissionskänslig, bör falla utanför regeln om strikt ersättningsansvar. Detta blir en följd av ortsvanlighets- och allmänvanlighetsrekvisiten och torde stämma överens med gällande rätt.

Det av utredningen föreslagna normsystemet torde visserligen inte kunna anses ange sådana nivåer att skadeståndsskyldighet inträder så snart ett mindre överskridande föreligger men torde å andra sidan vara uttryck för värderingar av stor betydelse för skadeståndsfrågans avgörande, särskilt då det gäller att bedöma immissionens intensitet och att fastställa den lägsta nivå som kan anses vara godtagbar som allmänvanlig i förevarande hänseende.

Till frågan om en samordning av bedömningskriterierna enligt ML och annan i detta sammanhang tillämplig lagstiftning återkommer utredningen i det följande.

Lagstiftaren har utgått ifrån att det i regel ligger närmast till hands att utföra skyddsåtgärder på eller i anslutning till den störande anläggningen men att det också kan tänkas fall där det är lämpligare med förebyggande åtgärder på en fastighet som har olägenhet av störningen. Till sistnämnda kategori hör t. ex. de fall då det gäller att med isoleringsåtgärder motverka bullerstörningar inomhus. ML ger emellertid inte den för bullret ansvarige någon tvångsrätt att ianspråkta annan tillhörig egendom för att på denna utföra en skyddsåtgärd. Den som driver en flygplats har således inte någon på ML grundad rätt att mot ägarens vilja få tillträde till exempelvis en hyresfastighet för att förbättra dennas isolering. Utredningen har

emellertid bedömt att fastighetsägaren kan antas motsätta sig tillträde för den som driver flygplatsen endast i så sällsynta undantagsfall att det inte kan anses motiverat att endast för dessa föreslå någon komplettering av ML. Vissa möjligheter att komma till rätta med en situation som den antydda torde för övrigt erbjudas genom annan tillämplig lagstiftning. Med hänsyn till frågans ringa vikt skulle det emellertid föra för långt att närmare gå in härpå. Utredningen vill dock peka på att expropriationslagen (1972:719) medger rätt att expropriera för att upprätta skydds- eller säkerhetsområde eller bereda utrymme för särskild anordning, om området eller anordningen behövs till skydd mot bl. a. luftförorening eller menlig inverkan i övrigt från industri eller annan anläggning (2 kap 5 §). Även lagen (1970:246) om tvångsförvaltning av bostadsfastighet och HS innehåller bestämmelser som i förevarande sammanhang förtjänar beaktande.

Hälsovårdsstadgan

Enligt hälsovårdsstadgan, HS, (1958:663) ankommer det på kommun att handha allmänna hälsovården inom kommunen. I varje kommun skall finnas en hälsovårdsnämnd som skall ha det närmaste inseendet över sådana frågor. Hälsovårdsnämnden skall enligt 38 § HS tillse att erforderliga och skäliga åtgärder vidtas för att motverka bl. a. buller. Nämnden kan i detta syfte göra framställningar hos beslutande organ – såsom hos länsstyrelse – eller hos enskilda ta upp fråga om motverkande av buller och söka få till stånd bullerskydd genom frivilliga åtgärder. Som ovan i kapitel 9 redovisats äger hälsovårdsnämnd vidare för särskilda fall meddela de föreskrifter som utöver HS och lokal hälsovårdsordning finnes erforderliga till förebyggande eller undanröjande av sanitär olägenhet vid viss verksamhet eller i samband med utnyttjande av plats och lokal till vilka allmänheten äger tillträde, 70 §. Nämnden har också vissa tvångsmedel i sin hand. Den kan enligt 71 § meddela föreläggande och förbud, som finnes erforderliga för efterlevnaden av HS, lokal hälsovårdsordning eller föreskrift som nyss sagts. Sådant föreläggande eller förbud kan vara bl. a. föreläggande att inom viss tid vidta åtgärd för att undanröja bristfällighet hos byggnad eller förbud mot att använda lägenhet eller lokal för avsett ändamål innan bristfällighet undanröjts eller förbud tillsvidare mot verksamhet vid anläggning för industri, hantverk eller annan näring; dock, i sistnämnda fall, endast om av nämnden anbefalld åtgärd till undanröjande av svår sanitär olägenhet inte vidtagits inom förelagd tid. Dessa föreläggande eller förbud riktas mot ägare eller nyttjanderättshavare av berörd egendom och kan vitessanktioneras.[3]

[3] Möjligt är också att flygplats är sådan anläggning som avses med 62 § HS, vilken bl. a. för anläggning för industri, hantverk eller annan näring stadgar att den skall vara så anordnad och inrättad samt skall så underhållas, drivas och skötas att den ej medför sanitär olägenhet. Jfr rättsfall anm. i SOU 1961:25 s. 108.

Regeringsrätten har i utslag den 16 mars 1972 uttolkat gällande rätts ståndpunkt i fråga om hälsovårdsnämnds möjlighet att ingripa mot trafikbuller. Regeringsrätten anför:

> Gällande rätts ståndpunkt får i ett fall som det förevarande anses vara, att hälsovårdsnämnden har att i första hand med utövaren av den miljöfarliga verksamheten, dvs. med väghållaren, uppta spörsmålet om vilka åtgärder som från dennes sida kan vidtagas för olägenheternas avhjälpande. Nära samråd måste därvid ske med länsstyrelsen. Även kommunens byggnadsnämnd torde komma att beröras. Fråga kan i detta sammanhang också uppkomma, att berörda fastighetsägare bör åläggas medverka till att avhjälpa olägenheterna. Däremot bör nämnden icke primärt vända sig med föreläggande mot fastighetsägare.

Vad regeringsrätten här anfört torde vara tillämpligt även då fråga är om bullerolägenheter från en flygplats.

Om man ser till hälsovårdsnämnds möjligheter att ingripa mot störningar av trafikbuller synes de på papperet relativt goda. Det kan sålunda vara en fördel att såsom regeringsrätten anfört olika vägar att frivilligt komma till rätta med problemen diskuteras innan tvångsåtgärder vidtas.

Vissa brister torde emellertid finnas i systemet. Till att börja med saknas en närmare bestämning av begreppet sanitär olägenhet. Hälsovårdsstadgans bestämmelser av immissionsrättslig innebörd skulle i stort sett kunna sammanfattas i formeln: det är förbjudet att orsaka sanitär olägenhet. Att närmare klargöra frågan om innebörden av begreppet sanitär olägenhet är därför av stor betydelse. Denna fråga diskuterades livligt i samband med tillkomsten av HS.

Hälsovårdsstadgekommittén angav i sitt betänkande (SOU 1953:31 s. 72), att sanitär olägenhet omfattar alla yttre faktorer av någon betydenhet, som inte är av blott tillfällig natur och som kan inverka menligt i fysiskt eller psykiskt hänseende på en normal människas hälsotillstånd, dock ej faktorer som har karaktären av olyckshändelse eller dylikt. Rena bagateller kan inte åberopas som sanitär olägenhet. En viss tolerans måste alla visa. Var toleransgränsen skall dras ansåg kommittén för sin del utgöra en medicinsk fråga, som får prövas från fall till fall.

Vid remissbehandlingen av betänkandet framhölls från många håll, att innebörden av begreppet sanitär olägenhet var alltför oklar, trots kommitténs utläggning.

Departementschefen anslöt sig (prop. 1958:B 46 s. 132 f) emellertid i allt väsenligt till vad kommittén hade anfört och framhöll därvid, att man inom den allmänna hälsovården – vid sidan av mer exakta regler – nödgas acceptera normer som inte är entydiga i den bemärkelsen att de utesluter en skönsmässig prövning från myndigheterna. Detta försvårar utan tvekan allmänhetens bedömning av hälsovårdsfrågor liksom myndigheternas hälsovårdande verksamhet. Häremot får emellertid vägas fördelen av att en sådan allmänt avfattad norm som sanitär olägenhet möjliggör att man inom hälsovårdsverksamheten kan ta hänsyn till bl. a. lokala särförhållanden, ekonomiska realiteter och den fortgående utvecklingen inom olika områden av samhällslivet. Departementschefen fann dessa fördelar vara av avgörande betydelse.

Det förtjänar framhållas att man redan i rättstillämpningen från tiden före nu gällande HS kan spåra en benägenhet att ta hänsyn till lokala förhållanden, ekonomiska faktorer m. m. Med utgångspunkt härifrån har det sagts, att begreppet sanitär olägenhet flyttat ett stycke utanför den exakta läkarvetenskapens domäner och blivit en rent juridisk standard, vid vars tolkning åtskilliga hänsyn kan spela in. Begreppet sanitär olägenhet kan således sägas vara relativt i flera hänseende. Frågan om var toleransgränsen för sanitär olägenhet skall dras kan alltså inte betraktas enbart som ett medicinskt problem. Ju mer en sanitär olägenhet innebär en hälsorisk, desto mera måste emellertid de medicinska synpunkterna bli avgörande och andra hänsyn, t. ex. sådana av ekonomisk natur, skjutas åt sidan.

Det är inte möjligt att uppställa någon enhetlig norm eller gräns för hur starkt ett buller får vara från medicinsk synpunkt – och det kan inte heller väntas bli möjligt i framtiden. Utredningens arbete har emellertid resulterat i att man har kommit fram till ett differentierat system av normer som anger vilka ljudnivåer som kan tillåtas i olika sammanhang. När dessa normer utformats har, som tidigare framhållits, inte bara medicinska och tekniska utan även ekonomiska och sociala faktorer beaktats.

De överväganden på vilka utredningen grundat sitt ställningstagande vad gäller normer för befintlig miljö och högsta ljudnivå motsvarar enligt utredningens mening de bedömningar som enligt vad nu upptagits förutsätts för att bestämma toleransgränsen för sanitär olägenhet. De gränsvärden som här angivits bör alltså kunna inte blott tjäna hälsovårdsnämnderna till verksam ledning utan i allmänhet vara avgörande kriterium när det gäller att avgöra om ett ingripande från nämndens sida är påkallat.

Vad sålunda anförts talar enligt utredningens mening för att dessa normer utfärdas som anvisningar till HS. Socialstyrelsen har enligt 4 § nämnda stadga att efter samråd med berörda myndigheter till ledning för hälsovårdsnämnderna meddela råd och anvisningar rörande allmänna hälsovården. Avsikten med sådana råd och anvisningar är att konkretisera hälsovårdsstadgans allmänt hållna bestämmelser. Härigenom kan tillämpningen av stadgan anpassas efter utvecklingens krav. Råd och anvisningar av förevarande art har utfärdats inom ett flertal områden bl. a. vad gäller sanitära krav på bostäder. Utredningen föreslår sålunda på anförda skäl att anvisningar av förevarande slag meddelas av socialstyrelsen.

Samordningsfrågor

Enligt ML skall den som vill framställa anspråk gentemot den för bullret ansvarige på ersättning eller skyddsåtgärder eller andra försiktighetsmått väcka talan mot den ansvarige vid fastighetsdomstol, 34 §. Det är således den väg som den bullerstörde – fastighetsägare eller hyresgäst – skall gå om han vill rikta sig direkt mot den som är ansvarig för bullret. Det torde i de flesta fall emellertid komma ifråga som en sista utväg. Närmare till

hands ligger nog många gånger för den som lider skada eller olägenhet att klaga hos hälsovårdsnämnden. Den i ML (40 §) upptagna möjligheten att vända sig till länsstyrelsen som, i de fall något tillstånd enligt lagen icke givits, kan meddela föreläggande om sådant försiktighetsmått eller förbud som är uppenbart behövligt för att lagens bestämmelser skall efterlevas, torde för de flesta fall vara av mindre intresse.

Vissa frågor om samordning mellan ML och hälsovårdslagstiftningen behandlas i prop. 1969:28 (s. 227). Här skall fästas uppmärksamhet på den konflikt som skulle kunna uppstå genom att koncessionsnämnden eller fastighetsdomstol finner bullerimmission vara tillräckligt svår för att bifalla en på ML grundad talan om förpliktande för den som driver flygplatsen att vidta en skadeförebyggande åtgärd under det att samma immission av hälsovårdsnämnden inte bedöms tillräckligt allvarlig för att motivera ett initiativ eller ingripande med stöd av HS. De överväganden som lett fram till normerna och normsystemets differentierade uppbyggnad innehåller som tidigare nämnts ställningstaganden som i allt väsentligt torde överensstämma med såväl de avvägningar mellan olika intressen som ML förutsätter vid prövning enligt 5 § denna lag som de motsvarande avvägningar som måste föregå en bestämning av toleransnivån för sanitär olägenhet i hälsovårdsstadgans mening. De av utredningen föreslagna normerna torde med andra ord vara väl ägnade att främja en utveckling mot en så likartad värdering av bullerimmission hos såväl domstolar och övriga myndigheter som handlägger ärenden enligt ML som hos hälsovårdsmyndigheterna att någon skillnad av praktisk betydelse beträffande toleransnivån inte skall behöva uppkomma, i varje fall inte sedan viss tid förflutit och praxis kommit att stabilisera sig.

Uppkommer fråga om att den som driver en flygplats skall vidta eller bekosta isoleringsåtgärd i fastighet som är utsatt för störningar genom flygbuller kan en komplikation uppstå om denne gör gällande att åtgärden inte skulle vara erforderlig, om fastigheten inte varit av undermålig beskaffenhet vad gäller ljudisolering. Frågan är här med andra ord vilken betydelse som byggnadens skick skall tillmätas. Den bulleransvarige kan ju med visst fog göra gällande att hans skyldighet att vidta åtgärder eller utge ersättning föreligger endast i de fall då gällande bullernorm överskrids i hus, vars utförande och skick överensstämmer med inom orten gängse standard. I detta sammanhang måste bostadssaneringslagen (1973:351) beaktas. Genom den har hyresnämnd fått möjlighet att på ansökan av kommun eller hyresgästorganisation ålägga fastighetsägare att rusta upp bostadslägenhet så att den uppfyller kraven enligt den lägsta godtagbara standard varom bestämmelser ges i lagen. Lagen stadgar att bostadslägenhet skall anses ha lägsta godtagbara standard om den är försedd med viss angiven utrustning för uppvärmning, belysning, matlagning och hygien. Härutöver skall i fråga om lägsta godtagbara standard gälla att huset inte har sådana brister beträffande bl. a. sanitära förhållanden som avses i 48 § andra stycket BS. Denna bestämmelse som tillkommit i anslutning till saneringslagstiftningen stadgar att man i de delar av byggnad som inte berörs av sådan ändring som är att hänföra till nybyggnad skall undanröja sådana brister som avser bl. a. sanitära

förhållanden och som innebär så avsevärda olägenheter att de skäligen inte kan godtas.

Vad sålunda upptagits föranleder utredningen att uttala följande. Man kan till en början utgå ifrån att den inomhusnivå för buller som eventuellt kan komma att föreskrivas som standardkrav med stöd av ovannämnda bestämmelse i BS kommer att i varje fall i huvudsak svara mot den ambitionsnivå som de av utredningen föreslagna normerna är ett uttryck för. Beror då en i ett visst fall konstaterad högre bullernivå på immission från en närbelägen flygplats, skulle ansvaret härför aktualiseras först sedan det konstaterats att ett normöverskridande föreligger trots att byggnaden inte är behäftad med brister vad gäller ljudisoleringen hos väggar och tak. Ett sådant konstaterande förutsätter emellertid att det hade varit möjligt att ge normer för vad som i olika fall skall anses vara lägsta godtagbara isoleringsförmåga hos ytterväggar och tak och därmed ange vad som skall anses vara brist i isoleringshänseende. Enligt vad utredningen inhämtat är det dock inte möjligt att precisera någon allmängiltig isoleringsstandard för ytterväggar och tak.

Någon annan lösning torde för närvarande inte stå till buds än att fastighetsägare som fått vidkännas kostnader för upprustning till uppfyllande av kraven enligt ovannämnda bestämmelser får söka sitt åter av den som driver flygplatsen. Detta förutsätter att han kan visa att den upprustning han blivit ålagd eller utfört till förekommande av ett åläggande helt eller delvis åsyftat att dämpa ett alltför högt inomhusbuller som i sin tur förorsakats av flygverksamhet och inte beror av sådana brister i byggnaden för vilka fastighetsägaren själv har att svara.

Utredningen finner det vara en brist att saneringslagstiftningen inte samordnats med miljöskydds- och hälsovårdslagstiftningen på ett sådant sätt att de ansvarsfördelningsprinciper som gäller enligt sistnämnda lagstiftning kan smidigt tillämpas när olägenheter vilka i och för sig skulle aktualisera ansvar enligt denna lagstiftning föranleder ingripanden med stöd av saneringslagstiftningen. Frågan om en sådan samordning måste emellertid finna sin lösning i ett vidare sammanhang än vad utredningen har möjlighet att överblicka. Utredningen finner dock angeläget att betona vikten av att en samordning kommer till stånd. Skall miljöskydds- och hälsovårdslagstiftningen med hjälp av de av utredningen här och i tidigare betänkande föreslagna normerna bli de effektiva instrument för bekämpningen av bullerolägenheter från flyg- respektive vägtrafik som utredningen avsett, är nödvändigt att det ansvar som enligt denna lagstiftning åvilar den som ger upphov till olägenheterna kan utkrävas utan långsamma och kostnadskrävande processer inför domstolar och administrativa myndigheter. Så kan emellertid inte ske om man innan ansvar kan utkrävas tvingas ta ställning till räckvidden även av saneringslagstiftningen. Detta ställningstagande försvåras av att denna senare lagstiftnings tillämpningsområde bestämts till synes utan beaktande av att gällande lagstiftning rörande miljöskydd och hälsovård innebär att det kan vara någon annan än den enligt saneringslagen ansvarige fastighetsägaren som är ansvarig för ett förhållande som kan föranleda ingripande enligt saneringslagstiftningen.

Åtgärdsplanering

När det gäller vägtrafikbuller har utredningen som närmare utvecklats i dess delbetänkande härom (SOU 1974:60) funnit starka skäl tala för att kommunerna låter upprätta särskilda trafikbullersaneringsprogram. Som framgår av den tidigare framställningen i föreliggande betänkande är de åtgärder som aktualiseras i den befintliga miljön för att begränsa flygbullerstörningarna betydligt mindre omfattande än vad fallet är beträffande störningarna från vägtrafiken. Man måste emellertid även när det gäller flygbuller räkna med att det kommer att ta viss tid innan alla åtgärder som erfordras för att normernas krav skall uppfyllas i den befintliga miljön blivit genomförda och att från omgivningshygienisk synpunkt otillfredsställande förhållanden kan komma att kvarstå i avbidan härpå. I den mån så är förhållandet är naturligtvis angeläget att bullerbekämpningen genomförs med stor hänsyn till olägenheternas omfattning och att de svåraste störningarna undanröjs i första hand. I varje fall på sina håll kan därför behov föreligga av ett angelägenhetsgraderat program för åtgärdernas genomförande. Där ett sådant behövs är det lämpligt att det upprättas genom kommunens försorg. I sammanhanget förtjänar nämnas att hälsovårdsnämnderna redan låtit kartlägga den aktuella bullersituationen kring några trafikflygplatser, vilka på grund av sin belägenhet i närheten av bostadsbebyggelse visat sig ge upphov till bullerproblem.

Hälsovårdsnämnden har i allmänhet en god kännedom om var och i hur stor omfattning flygbullret förorsakar olägenheter. Det torde emellertid nu vara erforderligt att komplettera dessa kunskaper med beräkningar av ljudnivån i FBN och i vissa fall även av högsta ljudnivån L_{Ahmax}. I vissa fall kan naturligtvis också kontrollmätningar bli nödvändiga. I den mån bullerolägenheterna drabbar så stora bebyggelseområden och förutsätter så omfattande åtgärder inom dessa att det framstår som nödvändigt kan hälsovårdsnämnden sedan med utgångspunkt i den sålunda utförda kartläggningen av bullersituationen och mot bakgrund av den aktuella planeringen inom kommunen efter samråd med övriga berörda kommunala organ upprätta ett program för åtgärdernas genomförande. Detta program bör givetvis utarbetas i nära samråd med den som driver flygplatsen. Innan kommunens beslutande organ sedan tar ställning till detsamma bör allmänheten ha haft möjlighet att yttra sig.

Sedan programmet behandlats av kommunens beslutande organ bör det kunna ligga till grund för en överenskommelse mellan den som driver flygplatsen och kommunen angående prioritering, utförande och finansiering av åtgärderna. Självfallet kan den som driver flygplatsen ha en annan uppfattning beträffande behovet av åtgärder eller angelägenhetsgraderingen av desamma men utredningen utgår ifrån att goda förutsättningar i allmänhet föreligger att nå enighet.

Hälsovårdsnämndens befattning med denna åtgärdsplanering är att betrakta som ett led i nämndens skyldighet enligt HS att verka för undanröjande och förebyggande av olägenheter genom störande buller. Detta medför i sin tur att hälsovårdsnämnden måste vara i princip

oförhindrad att som tillsynsmyndighet för den allmänna hälsovården påfordra skyddsåtgärder vilka inte kommit med i programmet på sätt nämnden bedömt nödvändigt.

Möjligheten att vid prövning av fråga om skyddsåtgärder beakta invändning om bristande ekonomiska resurser hos den ansvarige har behandlats av utredningen i samband med förslagen till rättslig reglering av åtgärder mot vägtrafikbuller. Den möjlighet som där påpekats torde föreligga även när det gäller åtgärder mot flygbuller. Här bedöms frågan emellertid få mycket ringa praktisk betydelse, varför utredningen inskränker sig till att hänvisa till framställningen i delbetänkandet Vägtrafikbuller, SOU 1974:60, s. 214.

11.2.4.2 *Andra störningar än immissioner*

De bullerstörningar som uppstår i samband med *flygning på låg höjd* utan samband med start- eller landningsförfarande är inte att hänföra till immissioner. Sådana störningar kan främst uppkomma i samband med militär lågflygning och flygning på låg höjd med allmänflyg.

Den militära lågflygningen är betingad av utbildnings- och beredskapsskäl. Enligt vad utredningen inhämtat söker man från flygvapnets sida förlägga dessa flygningar så att de främst berör områden med ingen eller ringa bebyggelse såsom havsområden, vissa skärgårdsområden samt glesbebyggda skogsområden.

Med hänsyn till ändamålet med den verksamhet varom här är fråga är ofrånkomligt att störningar från densamma måste godtas. Vidare synes man från flygvapnets sida göra vad som rimligen kan göras för att förlägga denna verksamhet så att störningarna i möjligaste mån begränsas. Utredningen har med hänsyn härtill inte funnit behov av att i denna del som komplement till immissionsnormerna framlägga några förslag om särskilda restriktioner eller andra föreskrifter för denna verksamhet. Utredningen förutsätter emellertid att flygvapnet även framdeles ägnar de med denna verksamhet förenade störningarna uppmärksamhet och vidtar de åtgärder som rimligen kan krävas för att begränsa desamma, jfr avsnitt 10.2.3.

Flygning på relativt låg höjd med allmänflyg torde uppfattas som störande framför allt när den förekommer över områden avsedda för friluftsliv. Ehuru den flygning som här avses i allmänhet inte ger upphov till så höga ljudnivåer eller plötsligt uppkommande bullertoppar att skrämseleffekter behöver befaras kan den likväl uppfattas som störande genom att förta känslan av att ostörd kunna uppleva naturen. Samtidigt besväras många av känslan av att bli observerade från luften när de sökt avskildhet i naturen.

I den mån ingripanden framstår som påkallade av skäl som nu nämnts erbjuder redan gällande lagstiftning goda möjligheter härtill, se avsnitt 9.1.2.4. Här kan erinras om följande.

Enligt 3 § luftfartskungörelsen (1961:558) kan luftfartsverket, om det med hänsyn till naturskydd eller friluftsliv finnes vara påkallat, förordna att luftfartyg under viss del av året icke får ta flygväg inom visst område.

Sådant område skall utgöra s. k. restriktionsområde. Förordnande av ifrågavarande slag meddelas efter samråd med länsstyrelsen eller, om det berör militära förhållanden, med överbefälhavaren. Det får ej hindra luftfart som är påkallad av hänsyn till ortsbefolkningens intresse.

Om möjlighet att införa vissa begränsningar i landningsrätten stadgas i 68 §. Enligt denna paragraf skall luftfartsverket, där så finnes påkallat med hänsyn till samfärdsel, fiske eller annan näring, naturskydd eller friluftsliv, efter samråd med länsstyrelsen meddela förbud för luftfartyg att utan verkets tillstånd landa inom visst område.

Att luftfartyg inte får landa inom vissa nationalparker stadgas i reglementena för dessa nationalparker.

De bestämmelser för vilka nu redogjorts har enligt uppgift från luftfartsverket tillämpats ytterst sparsamt vad gäller naturskydd och friluftsliv. Sålunda har förordnande om restriktionsområde med hänsyn till naturskydd meddelats endast i ett fall, Stora och Lilla Karlsö, av innehåll att överflygning över öarna bör undvikas under tiden april–juli med hänsyn till fågellivet. Något förordnande om restriktionsområde med hänsyn till friluftsliv lär icke ha meddelats.

Förbud att utan luftfartsverkets tillstånd landa har med stöd av 68 § utfärdats vad gäller Drevviken och avser sjöflygplan.

Enligt utredningens mening synes de bestämmelser i luftfartskungörelsen för vilka nu redogjorts utgöra en tillfredsställande rättslig reglering av möjligheterna att komma till rätta med störningar från flyg inom områden för friluftsliv. Härtill kommer att luftfartsverket i 99 § luftfartskungörelsen erhållit ett generellt bemyndigande att utfärda föreskrifter om förebyggande av skada genom buller eller likartad störning. I den mån behov av restriktioner för flygverksamheten på grund av bullerstörningar föreligger eller kommer att uppstå torde förordnanden enligt luftfartskungörelsen vara ändamålsenliga. Det ligger i sakens natur att initiativen främst kan förväntas komma från lokalt håll. Sådana lokala initiativ bör enligt utredningens mening lämpligen utmynna i en anmälan till vederbörande länsstyrelse, som där så finnes påkallat genom sin miljövårdsenhet kan sörja för erforderlig utredning och härefter på lämpligt sätt aktualisera frågan hos luftfartsverket.

Som framgår av avsnitt 4.5 är civil *flygning i överljudsfart* i princip förbjuden i svenskt luftrum. Eventuella problem sammanhängande med militär flygning i överljudsfart omfattas inte av utredningens uppdrag.

Några ändringar eller tillägg i *lagen (1922:382) angående ansvarighet för skada i följd av luftfart,* vilket enligt vad anmärkts i kapitel 9 också kan gälla skada till följd av flygbuller, finner utredningen inte vara påkallade.

11.2.5 Finansieringsfrågor

11.2.5.1 Inledning

I samband med utformningen av normförslaget har utredningen i enlighet med sina direktiv sökt att beakta samhällsekonomiska faktorer. När det

gäller finansieringen av de bullerskyddande åtgärder, som de föreslagna normerna aktualiserar, har det inte legat inom utredningens uppdrag att närmare ange hur denna bör ske. Utredningen vill dock belysa några tänkbara finansieringssätt.

Utredningen har i olika sammanhang uttalat att den som förorsakar buller också bör stå för kostnaderna för att begränsa bullerstörningarna. I överensstämmelse härmed skulle ett sätt vara att finansiera dessa kostnader genom att ta ut särskilda bulleravgifter av flygverksamheten. Vid de flygplatser för vilka luftfartsverket är huvudman kunde exempelvis en särskild avgift tas ut vid sidan av de avgifter som verket nu tar ut från flygverksamheten och som närmare berörs i det följande.

De kostnader som uppkommer för bullerskyddsåtgärder med hänsyn till den militära flygverksamheten torde få inräknas i anslagen för försvaret.

Frågan om täckning av de kostnader som faller på kommunala och enskilda flygplatser torde få avgöras av vederbörande flygplatshållare.

11.2.5.2 Nuvarande avgifter vid luftfartsverkets flygplatser

De avgifter luftfartsverket äger ta ut för begagnande av dess flygplatser är landningsavgift, passageraravgift, hangaravgift och parkeringsavgift. De största inkomstkällorna är härvid landnings- och passageraravgifterna, vilka svarar för ca 70–80 % av verkets totala trafikintäkter.

Landningsavgifterna beräknas med ledning av luftfartygens högsta tillåtna startvikt och med en viss progressivitet mellan de fyra viktklasser som taxan avser (under 50 000 kg, 50 000–100 000 kg, 100 000–200 000 kg och över 200 000 kg). För utrikes trafik är avgiften högre i de olika viktklasserna.

Passageraravgift skall erläggas vid flygning med trafikflygplan. För varje passagerare som reser till utlandet utgår avgift med 35 kr. För varje passagerare som reser till ort inom riket utgår avgift med 8 kr, då avresan sker från Arlanda eller Sturup och med 6 kr, då avresan sker från övriga flygplatser.

För flygning som utförs inom svenskt flyginformationsområde debiteras s k undervägsavgift. Undervägsavgiften, som skall täcka kostnaderna för bl a vissa navigeringshjälpmedel, är för flygplan, vars högsta tillåtna

Tabell 11.2 Exempel på avgifter. (Taxenivå den 1 juni 1975)

Typ av avgift	Avgift i kronor			
	F 28 inrikes	DC9-41 inrikes	DC9-41 utrikes	DC8-62 utrikes
Landningsavgift	380	660	800	2 560
Passageraravgift	280	430	1 890	2 660
Undervägsavgift	150	225	225	375
Summa kr (avrundat belopp)	800	1 300	2 900	5 600

startvikt överstiger 5 700 kg, vikt- och avståndsrelaterad. För flygplan under 5 700 kg uttas en obligatorisk årsavgift.

En uppfattning om storleken av landnings-, passagerar- och undervägsavgiften för olika flygplan kan erhållas av tabell 11.2 i vilken redovisas vissa genomsnittliga avgifter vid en flygning. Landningsavgiften är beräknad för Arlanda och passageraravgiften för 50 procents beläggning. Undervägsavgiften avser sträckan Sturup–Arlanda.

11.2.5.3 Alternativ för uttagning av bulleravgift vid civila flygplatser

Den bulleravgift som förutsättes finansiera de åtgärder som utredningens förslag aktualiserar kan förslagsvis tas ut på något av följande sätt.

a) Genom särskild passageraravgift
b) Genom startavgift för flygplan
c) Via stats- och/eller kommunalskatten.

a) Särskild passageraravgift

Systemet med att ta ut en särskild passageraravgift är relativt enkelt att administrera. Uppgifter om antal passagerare av olika kategorier kan erhållas av flygplanets ägare eller brukare. Systemet har tillämpats vid vissa flygplatser i Europa och förslag om införande av en sådan bulleravgift föreligger i bl a Japan. En nackdel med systemet är att viss flygverksamhet, såsom fraktflyg samt övnings- och skolflyg, inte kommer att belastas med bulleravgift.

b) Startavgift för flygplan

Om avgiften knyts till flygplanet kommer den direkt att drabba bullerkällan. Ett sådant system synes överensstämma med utredningens uttalande att den som förorsakar bullret också bör stå för kostnaderna. Systemet kan emellertid innebära vissa administrativa problem. Bulleravgiften synes nämligen inte böra knytas enbart till den maximalt tillåtna startvikten såsom vid bestämmandet av landningsavgiften. Hänsyn bör också tas till flygplanets bulleravgivning, bl a om det uppfyller uppställda emissionskrav. Detta kan eventuellt lösas genom att flygplanen grupperas i ett antal bullerklasser. Genom någon form av schabloner bestäms bulleravgiften för olika kategorier av flygplan.

c) Skattefinansiering

Enligt gällande regler skall markkostnaderna och 3/8 av investeringskostnaderna för civila, statliga flygplatser finansieras av kommunala medel. Motivet härtill är det intresse kommunerna har av att ha tillgång till flygförbindelser. I linje härmed skulle kunna tänkas att även kostnaderna för bullerskyddet delvis, exempelvis till 3/8, finansierades via kommunalskatten.

Finansieringen av bullerskyddsåtgärderna vid de civila, statliga flygplatserna skulle också kunna ske via statsbudgeten genom att ett särskilt investeringsanslag ställdes till luftfartsverkets förfogande.

11.2.5.4 Exempel på storleken av eventuell bulleravgift

Som framgår av vad som anförs i avsnitt 11.2.2.2 kommer utredningens förslag till immissionsnormer att för sitt förverkligande kräva utgifter, som vid 1974 års kostnadsläge beräknas uppgå till 15–20 milj kr per år under en tioårsperiod. Dessa kostnader kommer att i första hand belasta flygplatshållarna, dvs luftfartsverket och flygvapnet samt i vissa fall kommuner och enskilda. – I förevarande sammanhang bortser utredningen ifrån att kostnaderna till någon mindre del kan komma att belasta annan än den som driver flygplatsen, exempelvis till följd av att individuella prioritetssynpunkter tillmätts betydelse vid prövningen av ett ersättningsanspråk. – De angivna kostnaderna torde överslagsvis fördela sig med 9–12 milj kr på luftfartsverket, med 5–6 milj kr på flygvapnet och med 1–2 milj kr på kommuner och enskilda.

En uppfattning om storleken av en eventuell bulleravgift kan erhållas genom följande räkneexempel.

Särskild passageraravgift

Antalet avresande passagerare från svenska flygplatser med linjefart var år 1974 totalt ca 3,7 miljoner. Av dessa reste ca 1,9 miljoner till utlandet. För att täcka de beräknade kostnaderna för bullerskyddsåtgärder, dvs 9–12 milj kr per år, skulle således krävas en särskild passageraravgift på genomsnittligt ca 3 kr. Om avgiften exempelvis differentierades på samma sätt som gäller för den nuvarande passageraravgiften, dvs att resande till utlandet betalar ca 5 gånger högre avgift än passagerare i inrikes trafik, skulle bulleravgiften för avresande till utlandet bli ca 5 kr och för avresande till ort inom riket ca 1 kr.

Startavgift för flygplan

När det gäller att bestämma bulleravgiften för olika civila flygplan bör hänsyn tas till såväl flygplanens storlek som deras bulleravgivning. I sistnämnda hänseende bör beaktas om de är bullercertifierade eller ej. En överslagsmässig bedömning visar att en avgift av genomsnittligt storleksordningen 100 kr per start, mer för tyngre och mindre för lättare flygplan, ungefär täcker kostnaderna för bullerskyddsåtgärderna.

11.2.5.5 *Avslutande anmärkningar*

Utredningen, som inte haft till uppgift att beakta några trafikpolitiska aspekter vid sina överväganden, finner från sina utgångspunkter en tänkbar lösning vara att kostnaderna för de bullerskyddande åtgärderna

vid de civila, statliga flygplatserna finansieras genom att särskilda bulleravgifter tas ut av flygverksamheten.

Bulleravgifterna och eventuella kommunala bidrag kan förslagsvis tillföras en särskild för ändamålet bildad fond inom luftfartsverket. Medel ur denna fond skulle sedan kunna finansiera olika skyddsåtgärder allteftersom de aktualiseras.

Väljs en lösning som den här skisserade, bör det ankomma på luftfartsverket att närmare utreda bulleravgifternas storlek och hur avgifterna skall tas ut samt hur bullerfonden skall utformas.

11.3 *Emission*

11.3.1 Inledning

Internationella normer avseende högsta godtagbara bulleremission från civila flygplan har utarbetats av FN-organet ICAO. Sådana normer redovisas i Annex 16 "Aircraft Noise" till Chicagokonventionen, se närmare avsnitt 5.3 och 5.4. Hittills har bindande normer, s k Standards, antagits för nya jetdrivna flygplan avsedda för underljudsfart. Normerna avser såväl lätta som tunga flygplan. För nya, lätta propellerflygplan finns normer antagna som s k Recommended Practices.

Inom ICAO pågår arbete med att dels utvidga tillämpningsområdet för Annex 16 i den takt överenskommelse härom kan nås, dels skärpa normernas krav. Således är normer för nya, tunga propellerflygplan under arbete och vidare övervägs att göra de för jetflygplan nu gällande normerna tillämpliga även på sådana jetflygplan av äldre typ, som tillverkats utan krav på bullerbegränsning. Ett förslag till skärpning av gällande normer för nya typer av jetflygplan behandlas även inom ICAO.

Med hänsyn till flygtrafikens internationella karaktär bör man enligt utredningens mening söka utforma svenska normer i största möjliga överensstämmelse med dem som framtagits genom det internationella arbetet inom ICAO. Så har också i viss utsträckning redan skett. Luftfartsverket har således utfärdat med Annex 16 sammanfallande föreskrifter om när jetflygplan, avsedda för underljudsfart, skall anses miljövärdiga från bullersynpunkt.

I den mån strävandena att utvidga tillämpningsområdet för Annex 16 drar alltför långt ut på tiden kan behov föreligga att för viss eller vissa flygplanstyper fastställa svenska normer som ännu saknar internationell motsvarighet. Sådana normer kan dock i princip endast tillämpas på luftfartyg som avses för registrering i det svenska luftfartygsregistret.

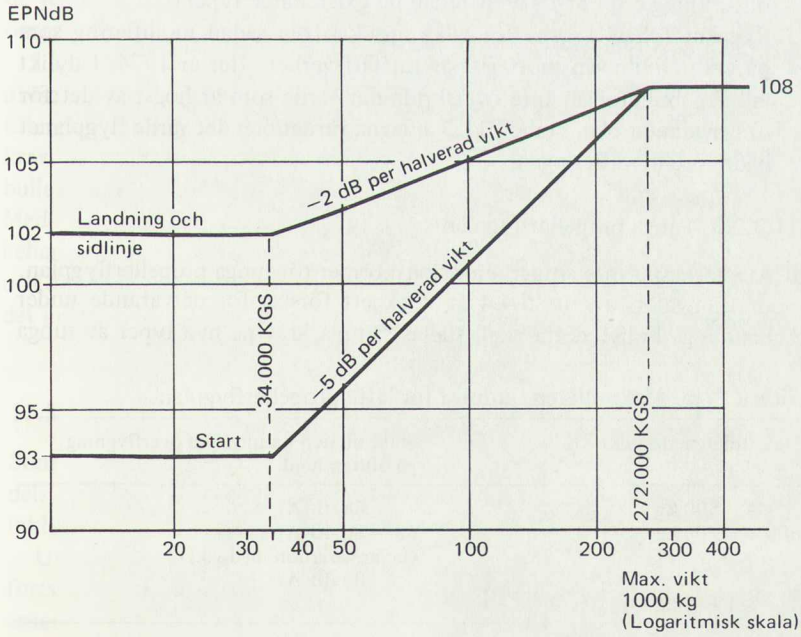
Som exempel på att nationella normer utfärdats utan internationell motsvarighet kan nämnas att Schweiz år 1971, Västtyskland år 1972, Österrike år 1973 samt Finland år 1974 antagit normer för lätta propellerflygplan.

11.3.2 Emissionsnormer

11.3.2.1 Jetflygplan

Som nyss nämnts har luftfartsverket utfärdat med Annex 16 sammanfallande föreskrifter (se figur 11.2) om när jetflygplan, avsedda för underljudsfart, från bullersynpunkt skall anses miljövärdiga. Sådant jetflygplan som omfattas av föreskrifterna – bl a samtliga som tillverkas efter år 1975 – måste för registrering i det svenska luftfartygsregistret uppfylla de i föreskrifterna angivna kraven för miljövärdighet. Detta innebär att flygplan, vars maximalt tillåtna vikt överstiger 272 000 kg, inte i någon av de tre certifieringsmätpunkterna får ha en bullernivå som är högre än 108 EPNdB. För flygplan, med maximalt tillåten startvikt upp till 34 000 kg, skall som högsta tillåtna nivåer gälla 93 EPNdB i startmätpunkten och 102 EPNdB i de två övriga mätpunkterna. Flygplan, som väger mellan 34 000 och 272 000 kg, skall klara nivåer som linjärt varierar med logaritmen för flygplanets maximalt tillåtna vikt. Från 108 EPNdB vid 272 000 kg i samtliga mätpunkter sjunker tillåten bulleralstring i startmätpunkten med 5 dB för varje halvering av vikten ned till 93 EPNdB vid 34 000 kg och i de två andra punkterna med 2 dB för varje halvering av vikten ned till 102 EPNdB vid 34 000 kg.

Gällande bestämmelser medger, även efter år 1975, registrering av begagnade jetflygplan som tillverkats utan krav på bullerbegränsning. För att påskynda utvecklingen mot en svensk flygplansflotta helt sammansatt av bullercertifierade jetflygplan anser utredningen emellertid att man med en svensk tilläggsbestämmelse bör förhindra detta. Utredningen föreslår därför att fr o m år 1978 begagnade jetflygplan av typ som här



Figur 11.2 Max ljudnivåer vid bullercertifiering av jetflygplan enligt Annex 16

avses måste uppfylla nu gällande krav enligt Annex 16 för att kunna registreras i Sverige.

Enligt LL är i princip flygning i överljudsfart med civila flygplan förbjuden över svenskt territorium. Enligt utredningens mening kan emellertid behov av normer för start- och landningsbuller för överljudsflygplan ändå föreligga. Utredningen föreslår därför att gällande föreskrifter för jetflygplan för underljudsfart utvidgas till att omfatta även civila jetflygplan avsedda för överljudsfart.

11.3.2.2 Lätta propellerflygplan

Sedan normer för lätta propellerflygplan som Recommended Practices intagits i Annex 16 har bl a USA – där merparten av de lätta propellerflygplanen tillverkas – utfärdat nationella normer i överensstämmelse härmed. För svenskt vidkommande övervägs för närvarande huruvida normerna i Annex 16 bör antas.

Enligt utredningens mening utgör de rekommenderade normerna en avvägning mellan vad som är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt. Utredningen föreslår därför att normerna i Annex 16 för lätta propellerflygplan utfärdas som svenska normer enligt vad tabell 11.3 utvisar.

I enlighet med bestämmelserna i Annex 16 föreslås normerna gälla[4]

1. flygplan för vilka ansökan om typcertifikat eller motsvarande mottagits av tillverkarlandets luftfartsmyndighet efter år 1974 (dvs nya typer)
2. flygplan för vilka ansökan om typcertifikat eller motsvarande mottagits av tillverkarlandets luftfartsmyndighet före år 1975 och för vilka luftvärdighetsbevis utfärdats första gången efter år 1979 (dvs vid tillverkning efter år 1979 av redan nu existerande typer)
3. flygplan (oavsett typ) för vilka ansökan om sådan modifiering som påverkar ljudnivån mottagits av luftfartsverket efter år 1974. I dylikt fall får bullernivån inte överskrida det värde som är högst av det för ifrågavarande plan i tabell 11.3 angivna värdet och det värde flygplanet hade före modifieringen.

11.3.2.3 Tunga propellerflygplan

ICAO har ännu inte antagit emissionsnormer för tunga propellerflygplan. Som framgått i avsnitt 5.4.4 är dock ett förslag för närvarande under behandling. Enligt detta skall ställas samma krav på nya typer av tunga

Tabell 11.3 Max. tillåten ljudnivå för lätta propellerflygplan.

Max. tillåten startvikt	Max. tillåten ljudnivå vid överflygning på 300 m höjd
< 600 kg	68 dB(A)
600 – 1 500 kg	68 – 80 dB(A) (linjär variation med vikt)
>1 500 kg	80 dB(A)

[4] De bestämmelser som utfärdas i enlighet med förslagen förutsätts så utformade att de blir tillämpliga endast på registreringsansökningar ingivna till registreringsmyndigheten efter det att bestämmelserna utfärdats.

propellerflygplan som på nya typer av jetflygplan.

Enligt utredningens mening är det angeläget att även de tunga propellerflygplanen snarast omfattas av krav i bullerhänseende. Utredningen föreslår därför, som svensk tilläggsbestämmelse, att normerna för jetflygplan (se fig. 11.2) görs tillämpliga på tunga propellerflygplan tillverkade efter år 1976. Därvid skall gälla de flygprocedurer och mätmetoder som används vid certifiering av jetflygplan.

Utredningen föreslår vidare, som svensk tilläggsbestämmelse, att fr o m år 1978 begagnade tunga propellerflygplan, tillverkade före år 1977, måste uppfylla enligt Annex 16 nu gällande krav avseende jetflygplan för att kunna registreras i Sverige.

11.3.2.4 V/STOL-flygplan (inklusive helikoptrar)

Arbetet med normer för V/STOL-flygplan pågår inom ICAO (se avsnitt 5.4.6). Med hänsyn härtill och till att ett omedelbart behov av svenska normer för dylika flygplan[5] inte föreligger, föreslår utredningen att Sverige avvaktar resultatet av detta arbete.

11.3.2.5 Modifiering av i Sverige registrerade, icke bullercertifierade jetflygplan.

Som tidigare framhållits kommer jetflygplan som inte uppfyller kraven enligt Annex 16 att dominera i vart fall västvärldens flygplansflottor ännu år 1980. ICAO:s råd har, som redovisats i avsnitt 5.4.5, rekommenderat medlemsländerna att – så snart det är praktiskt möjligt – modifiera de jetflygplan som används i internationell trafik och vars bullernivåer överstiger värdena enligt Annex 16.

I avsnitt 11.3.2.1 har utredningen uttalat det önskvärda i att påskynda utvecklingen mot en svensk flygplansflotta helt sammansatt av bullercertifierade jetflygplan. Som redovisats i avsnitt 7.3.2 skulle emellertid ett krav på modifiering av redan registrerade jetflygplan få en ganska liten bullerreducerande effekt samtidigt som kostnaderna skulle bli betydande. Med hänsyn härtill och då frågan om modifiering alltjämt är under behandling i olika internationella organ såsom ICAO och ECAC föreslår utredningen att ett svenskt ställningstagande i denna fråga sker först när det internationella arbetet har avslutats.

11.3.2.6 Framtida utveckling av emissionsnormer

Som framgått i kapitel 5 pågår ett aktivt arbete inom ICAO i syfte att dels skärpa gällande emissionsnormer och dels införa normer för flygplan inklusive helikoptrar som för närvarande inte omfattas av Annex 16.

Utredningen finner det viktigt att man från svensk sida följer det fortsatta arbetet och att de svenska detaljföreskrifterna, i den takt ICAO antar krav som går längre, ändras och kompletteras.

[5] Vid slutet av år 1974 fanns t ex endast 68 helikoptrar för civilt bruk registrerade i Sverige.

11.3.2.7 Sammanfattning av utredningens förslag till svenska emissionsnormer

Utredningen föreslår som komplement till nuvarande svenska föreskrifter om miljövärdighet sammanfattningsvis följande (jfr figur 11.2 och tabell 11.3)

1. att fr o m år 1978 begagnade jetflygplan, som tillverkats utan krav på bullerbegränsning, måste uppfylla nu gällande krav enligt Annex 16 för att kunna registreras i Sverige,
2. att gällande föreskrifter avseende jetflygplan för underljudsfart utvidgas till att omfatta även civila överljudsflygplan,
3. att av ICAO antagen rekommendation avseende normer för lätta propellerflygplan görs till svensk norm samt
4. dels att normerna för jetflygplan görs tillämpliga även på tunga propellerflygplan tillverkade efter år 1976, dels att fr o m år 1978 begagnade tunga propellerflygplan, tillverkade före år 1977, måste uppfylla enligt Annex 16 nu gällande krav avseende jetflygplan för att kunna registreras i Sverige.

Dessutom föreslår utredningen att resultatet av pågående internationellt arbete avvaktas innan ställning tas till normer för dels V/STOL-flygplan, inklusive helikoptrar, och dels svenskregistrerade jetflygplan, som inte uppfyller kraven enligt Annex 16.

11.3.3 Rättslig reglering

Enligt 3 kap 1 § 3 st LL är ett luftfartyg miljövärdigt om det – i enlighet med av regeringen eller, efter regeringens bemyndigande, av luftfartsverket meddelade närmare föreskrifter – är konstruerat, byggt, utrustat och vidmakthållet så att det ej vållar skada genom buller, luftförorening eller likartad störning. Enligt 2 kap 4 § LL får vissa luftfartyg inte registreras i det svenska luftfartygsregistret och således inte heller användas i luftfart om de inte har miljövärdighetsbevis. Regeringen eller, efter regeringens bemyndigande, luftfartsverket bestämmer i vilken utsträckning miljövärdighetsbevis skall krävas. Som tidigare anförts (se avsnitt 9.1.3) har luftfartsverket i 27 a § LK bemyndigats att utfärda närmare föreskrifter om fordringar för att luftfartyg från bullersynpunkt skall anses miljövärdiga och om fall då miljövärdighetsbevis skall krävas för registrering. Dessa föreskrifter skall stå i huvudsaklig överensstämmelse med de krav som Annex 16 till Chicagokonventionen anger.

Under tiden efter år 1972, då nämnda bestämmelser trädde i kraft, har tillämpningsområdet för Annex 16 utvidgats till att avse alla jetflygplan, vilket medfört att motsvarande bestämmelser införts i det svenska regelsystemet. Beträffande lätta propellerflygplan har ICAO uttalat sig för viss normering (s k Recommended Practices). Över hela fältet pågår därjämte, som framgått, arbete med att utforma emissionsnormer för så stor del av existerande slag av luftfartyg som möjligt samt att i olika avseenden skärpa de gränsvärden som antagits.

De förslag till emissionsnormer för luftfartyg som utredningen fram-

lagt har avseende på de flesta flygplanstyper som kan tänkas förekomma i det svenska luftfartygsregistret.

Utredningens normförslag stöder sig inte genomgående på Annex 16. Det kan mot denna bakgrund ifrågasättas huruvida fastställandet av normerna inte bör åvila regeringen i stället för att uppdras åt luftfartsverket. Mot detta kan emellertid anföras att frågorna om emissionsnormer för luftfartyg knappast kan antas vara lika kontroversiella som motsvarande frågor, när det gäller vägtrafiken. Vidare gäller att normerna, även om de inte i alla avseenden formellt stöder sig på internationellt accepterade regler, dock utformats med ICAO-arbetet som bakgrund och att om ICAO-arbetet skulle resultera i normer som avviker från de svenska, en anpassning av flera skäl snabbt måste ske. Mot denna bakgrund finner utredningen övervägande skäl tala för att närmare föreskrifter om vad som skall krävas för att luftfartyg skall vara miljövärdiga från bullersynpunkt – innefattande också bemyndigande att fastställa gränsvärdena – utan inskränkning bör kunna anförtros luftfartsverket. Att kraven för registrering i svenskt luftfartygsregister i något fall blir strängare än vad som fordras enligt de internationella reglerna – enligt utredningens förslag gäller detta bl a för överljudsflygplan, i den mån sådana kan bli aktuella i detta sammanhang, samt, fr o m år 1978, begagnade jetflygplan, som tillverkats utan krav på bullerbegränsning – synes inte böra föranleda annan bedömning. Enklast synes alltså från lagteknisk synpunkt vara att 27 a § LK ändras så att de begränsningar i bemyndigandet till luftfartsverket, som paragrafen för närvarande innehåller, utmönstras. En sådan ändring får dessutom anses ligga i linje med vad som uttalades i propositionen 1972:19 (se avsnitt 9.1.3 s) och förordas av utredningen.

Enligt 27 a § andra stycket gäller utöver vad som sägs i paragrafens första stycke i fråga om miljövärdighet och miljövärdighetsbevis bestämmelserna i LK om luftvärdighet och luftvärdighetsbevis i tillämpliga delar. Detta medför, att reglerna i 14–25 §§ LK, vari bl a berörs frågor om typgranskning, grundbesiktning, efterbesiktning och extra besiktning får motsvarande tillämpning när det gäller miljövärdighetskraven. Vidare straffas enligt 13 kap 3 § LL den som nyttjar luftfartyg, trots att det saknar miljövärdighetsbevis eller eljest inte är miljövärdigt med dagsböter eller fängelse i högst ett år. Det finns också i 38 § LK bestämmelser som gör det möjligt att återkalla luftfartscertifikat för förare som åsidosätter gällande regler i något väsentligt avseende eller genom upprepade överträdelser. Dessutom finns i 7 kap LL regler om återkallelse av tillstånd till luftfart för person eller företag som i väsentlig mån åsidosätter gällande föreskrifter.

Utredningen finner med hänsyn till det anförda inte skäl föreslå några nya regler för kontroll av emissionsnormernas efterlevnad eller för sanktion mot den som åsidosätter dem. Utredningen vill därjämte framhålla vikten av att, om 27 a § LK skall få den utformning utredningen föreslagit, författningsändringen får träda i kraft på sådan tid att luftfartsverkets föreskrifter i sin tur hinner utfärdas i god tid, innan de skall träda i kraft.

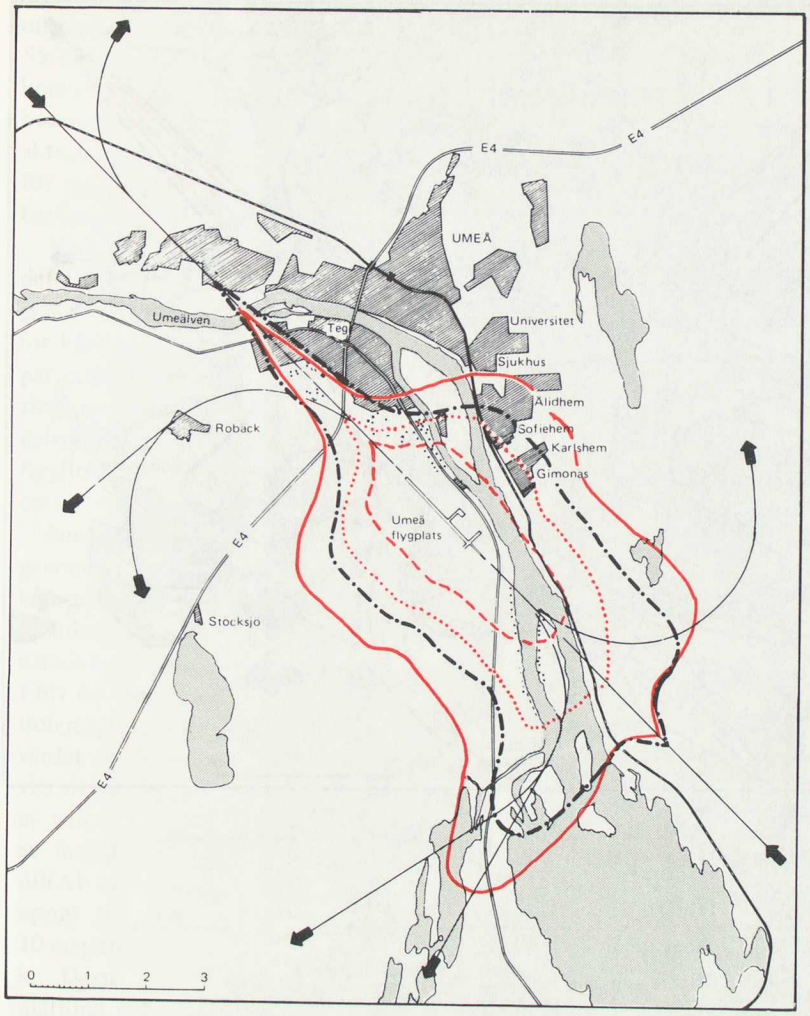
11.4 *Belysning av förslagens konsekvenser*

Det i utredningens immissionsnormsystem angivna grundvärdet utomhus för bostäder, FBN 55 dB(A), motsvarar ungefär kritisk bullergäns. Det förhållandet att varaktigheten hos enskild överflygning inverkar på flygbullernivån FBN men inte på kritisk bullergräns medför emellertid att något direkt samband inte råder mellan de båda begreppen flygbullernivå och kritisk bullergräns. Vid livligt trafikerade flygplatser ligger FBN 55 dB(A) utanför kritisk bullergräns medan det motsatta förhållandet råder för de allra minsta flygplatserna. Allmänt sett kan grundvärdet FBN 55 dB(A) därför sägas vara uttryck för en något strängare bedömning än kritisk bullergräns vid livligt trafikerade flygplatser. En belysning av skillnaden ger de beräkningar som utredningen låtit utföra för Umeå flygplats och Bråvalla flygflottilj i Norrköping (F 13), vilka illustreras i figur 11.3 och 4.

Några immissionsnormer till ledning för bedömning av rådande förhållanden och eventuellt behov av åtgärder inom befintlig bebyggelse har hittills inte funnits. Gränskurvan för det av utredningen föreslagna utomhusvärdet för bostäder, FBN 65 dB(A), sammanfaller ungefär med kritisk bullergräns plus 15 dB(A). Om konsekvenserna av föreslagna normer för befintlig miljö kan följande anföras.

Utredningen har som framgår av avsnitt 11.2.2.2 uppskattat det totala antalet bostadshus för permanent boende som skulle komma att ligga innanför de för trafikförhållandena år 1985 beräknade gränskurvorna för FBN 55 respektive 65 dB(A) vid de då i drift varande flygplatserna till 15 000–20 000 respektive 1 000–1 500. Denna bebyggelse förutsätts till övervägande delen bestå av hus av villakaraktär. De flerfamiljshus som finns kring flygplatserna ligger främst i den yttre delen av de studerade områdena, dvs mellan gränskurvorna för FBN 55 och 60 dB(A). Det totala antalet permanent boende innanför de för år 1985 beräknade gränskurvorna för FBN 55, 60 och 65 dB(A) kan uppskattas till ca 100 000, ca 25 000 respektive ca 5 000.

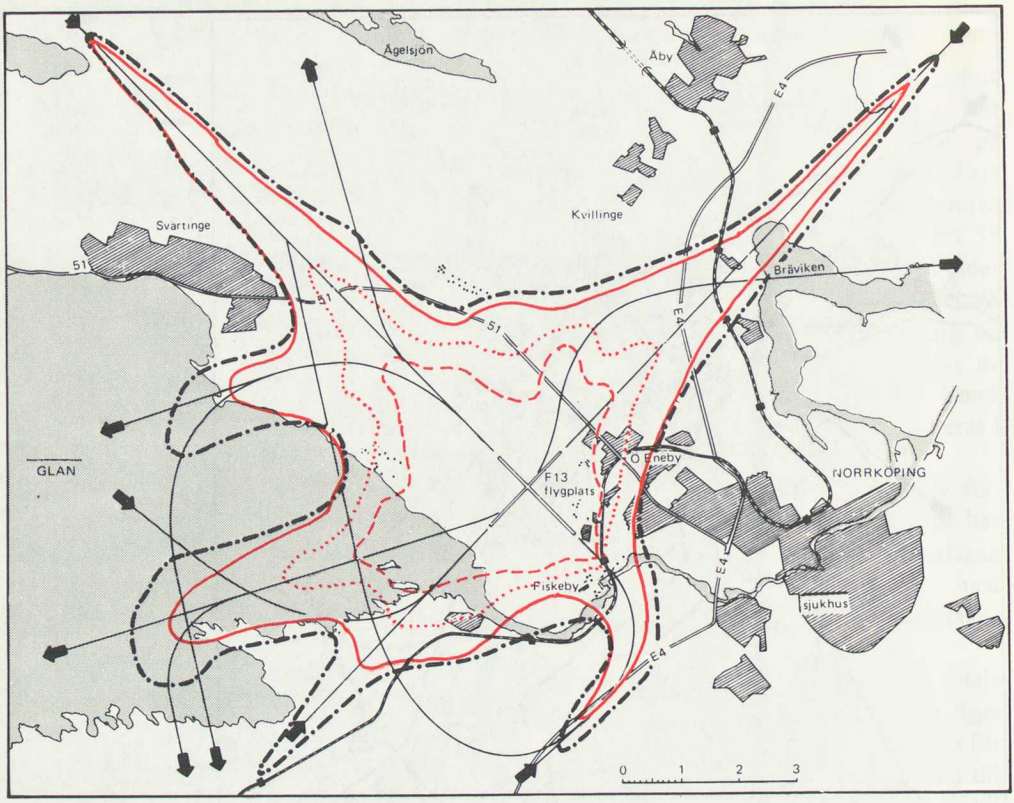
Som redovisats i avsnitt 11.2.2.4 synes andelen mycket störda vid FBN 55 dB(A) utgöra mindre än tio procent och motsvarande andel vid FBN 65 dB(A) utgöra 25–30 procent. Utredningens förslag innebär att någon permanent bosättning i princip inte bör förekomma innanför gränskurvan för FBN 65 dB(A). I området mellan gränskurvorna för FBN 65 och 55 dB(A) kan däremot bosättning i nu befintliga bostäder – med mindre nytillskott – godtas. Flertalet boende inom sistnämnda område torde med hänsyn till vad ovan nämnts om bebyggelsens struktur bo i områdets yttre delar, dvs mellan gränskurvorna för FBN 60 och 55 dB(A). De boende inom detta område bedöms berörda av flygbuller i relativt begränsad omfattning. Det har för utredningen därför framstått som riktigt att söka bevara här förekommande boendemiljöer. De förbättringar i bullerhänseende som skulle kunna uppnås bedöms inte stå i rimlig proportion till de uppoffringar, även i andra än ekonomiska hänseenden, som sådana förbättringar förutsätter. Utredningen har således funnit att här befintliga boendemiljöer med till dem knutna servicefunktioner i största möjliga utsträckning bör bevaras intakta.



Teckenförklaring

- Tätort
- Bebyggelse
- Större allm väg
- Järnväg
- Vattendrag
- Utflygningsväg
- Inflygningsväg
- Flygbullernivån 55 db(A)
- " 60 "
- " 65 "
- Kritisk bullergräns

Figur 11.3 Gränskurvor för FBN 55, 60 och 65 dB(A) samt kritisk bullergräns för Umeå flygplats år 1985.



Teckenförklaring

- Tätort
- Bebyggelse
- Större allm väg
- Järnväg
- Vattendrag
- Utflygningsväg
- Inflygningsväg
- Flygbullernivån 55 db(A)
- " 60 "
- " 65 "
- Kritisk bullergräns

Figur 11.4 Gränskurvor för FBN 55, 60 och 65 dB(A) samt kritisk bullergräns för Bråvalla flygflottilj år 1985.

Storleken av de områden som omfattas av gränskurvorna för FBN 55 respektive 65 dB(A) belyses vad gäller Umeå flygplats och Bråvalla flygflottilj av figurerna 11.3 och 4.

Vid Umeå flygplats, som är belägen förhållandevis nära den centrala stadsbebyggelsen och som beräknas ha en relativt livlig flygtrafik år 1985, kommer som framgår av figur 11.3 det centrala Umeå med Teg samt

universitets- och sjukhusområdena att ligga utanför gränskurvan för FBN 55 dB(A). Innanför denna men utanför gränskurvan för FBN 65 dB(A) kommer emellertid vissa bostadsområden att ligga. Här skulle således bostadsbebyggelse inte ha kommit ifråga om planering för dem hade aktualiserats först efter ett genomförande av utredningens förslag. Innanför gränsen för FBN 65 dB(A) ligger ringa bebyggelse, huvudsakligen bestående av mindre villor.

Vad gäller Bråvalla flygflottilj kommer som framgår av figur 11.4 hela det centrala Norrköping och huvuddelen av Östra Eneby att ligga utanför gränskurvan för FBN 55 dB(A). Innanför denna men utanför gränskurvan för FBN 65 dB(A) ligger utom en del av Östra Eneby och ytterligare ett par mindre områden med tätbebyggelse endast glesbebyggelse av relativt ringa omfattning. Innanför gränsen för FBN 65 dB(A) finns ett mindre, delvis nybyggt bostadsområde – enligt uppgift bostäder åt anställda vid flygflottiljen – och i övrigt endast spridd bebyggelse av obetydlig omfattning.

Som i olika sammanhang framhållits är det i allmänhet inte möjligt att genom byggnadsåtgärder begränsa flygbullernivåerna utomhus. Vad som kan göras inskränker sig till att genom isoleringsåtgärder söka begränsa inomhusnivåerna. Så länge utomhusnivåerna inte överskrider det av utredningen för befintlig miljö föreslagna utomhusvärdet för bostäder, FBN 65 dB(A), bör det i stor utsträckning vara möjligt att utan särskilda isoleringsåtgärder innehålla det för samma miljö föreslagna inomhusvärdet för bostäder, FBN 40 dB(A). Isoleringsåtgärder torde emellertid i viss utsträckning få tillgripas, särskilt inom sådan bebyggelse som består av villor, radhus och liknande hus. Kostnaderna härför samt för inlösen av fastigheter belägna inom områden med högre flygbullernivå än 65 dB(A) har som framgår av avsnitt 11.2.2.2 av utredningen beräknats uppgå till 150–200 milj kr eller ca 15–20 milj kr per år under en 10-årsperiod, motsvarande en diskonterad totalkostnad på drygt 100 milj kr. Dessa kostnader måste enligt utredningens bedömande anses som måttliga och återspeglar det ovan nämnda förhållandet att några djupa ingrepp i befinliga miljöer inte eftersträvas.

Som i olika sammanhang framhållits är det utredningens principiella uppfattning att den som förorsakar buller också bör stå för kostnaderna för att begränsa bullerstörningarna. Detta innebär vad gäller flygbuller att det främst är flygtrafiken som bör belastas med de ovan nämnda kostnaderna. Alternativa finansieringssätt har redovisats i avsnitt 11.2.5. De kostnadsstegringar för den civila flygverksamheten som kan bli följden av utredningens förslag – redovisade i avsnitt 11.2.5 – är inte av den storleksordningen att de tillmätts någon avgörande betydelse för utredningens ställningstaganden. Om exempelvis de beräknade kostnaderna för bullerskyddsåtgärderna skulle läggas på flygpassagerarna skulle det kunna innebära en höjning av den nuvarande passageraravgiften med ca 5 kr per avresande utrikes passagerare och med ca 1 kr per avresande inrikes passagerare.

För det militära flyget innebär utredningens förslag en kostnad av storleksordningen 5–6 milj kr per år under en tioårsperiod.

Utfärdas de av utredningen utarbetade immissionsnormerna på sätt utredningen föreslagit, kan detta sammanfattningsvis sägas innebära följande.

Vid nyplanering inträder i jämförelse med under senare år tillämpad planeringspraxis i regel inte någon påtaglig skärpning i bedömningarna av hur stora markområden kring flygplatserna som bör undantas från bostadsbebyggelse. Normer utfärdade som anvisningar till byggnadslagstiftningen får emellertid en officiell sanktion, vilket medför att de kan verka som ett styrinstrument vid planering. Härigenom kan normerna förebygga att sådana planer fastställs som på ett felaktigt sätt eller otillräckligt beaktat flygbullerstörningar. Sådana planer har förekommit i några fall även under senare år.

Vad gäller befintlig miljö har som förut nämnts normer inte funnits tidigare. Normer utfärdade som anvisningar till hälsovårdslagstiftningen kommer sannolikt att uppfattas som en konkretisering av de omgivningshygieniska krav som innefattas i gällande miljöskyddslagstiftning. Normerna blir härigenom ett rättesnöre för bedömningarna av vilka behov av åtgärder som föreligger.

Gemensamt för hela immissionsnormsystemet gäller att det underlättar för samtliga berörda parter att arbeta med gemensamma referenser. Härigenom kan man nå fram till enighet i bedömningarna och samförstånd rörande lösningen av föreliggande problem.

Vad gäller utredningens förslag till emissionsnormer följer dessa som tidigare nämnts de internationella normer som här föreligger eller är under utarbetande.

De emissionsbegränsande åtgärder som dessa normer förutsätter och som delvis redan vidtas vid nytillverkning av flygplan kommer sannolikt att medföra att man trots flygtrafikens successiva ökning inte behöver befara någon ökning av den totala emissionen under den tid som utredningen vid utarbetandet av sina förslag beaktat eller fram till mitten av 1980-talet. Å andra sidan är inte realistiskt att räkna med någon påtaglig sänkning av emissionen under angiven tid med hänsyn till dels trafikens ökning, dels det förhållandet att en betydande del av de flygplan som i dag är i bruk har så lång livslängd att de sannolikt kommer att vara i trafik under i vart fall större delen av 1980-talet.

11.5 *Behov av forskning inom flygbullerområdet*

Trafikbullerutredningen har under utredningsarbetet konstaterat att kunskaperna inom flygbullerområdet i dess vidaste bemärkelse behöver fördjupas i olika hänseenden. De mest angelägna forskningsuppgifterna kan hänföras till frågor som gäller dels vidareutveckling av beräkningsmetoder för flygbuller, dels ytterligare klarlägganden inom störningseffektområdet.

Vidareutveckling av beräkningsmetoder

Utredningen har konstaterat att underlaget för de beräkningsmetoder man för närvarande har behöver breddas. Sålunda behöver underlagsmaterial tas fram som gör det möjligt att på ett mera tillfredsställande sätt beakta inverkan på olika topografiska förhållanden och markdämpning. Vidare behöver betydelsen av de meteorologiska förhållandena ytterligare belysas. Önskvärt är också att söka få fram material som bättre än som hittills varit möjligt kan klarlägga betydelsen av bullerexponeringarnas varaktighet för störningsupplevelsen.

Den praktiska tillämpningen av föreliggande beräkningsmetoder behöver förenklas genom olika hjälpmedel. Särskilt kan beräkningsarbetet avsevärt förenklas genom framtagande av tillförlitliga schablonmetoder för olika led i beräkningsarbetet. Schablonbullermattor för dosbidraget för olika plantyper vore här av stort värde. Vidare behöver terrängens betydelse för bullerkonturerna utredas med sikte på att även här kunna använda schabloner.

Som tidigare påpekats vore önskvärt att kunna ange gränsvärden för flygbuller så att effekten av olika bullerkällor kunde vägas samman. Kännedomen om samverkanseffekten från störningssynpunkt av olika bullerkällor är emellertid otillräcklig och behöver ytterligare utforskas. Olika bullerkällor har sinsemellan mycket olika akustiska egenskaper vilket kan påverka besvärsreaktionen. Dessutom är den subjektiva störningsupplevelsen starkt kopplad till attityder och upplevelser av bullerkällan, vilket medför att gränsvärden för tolerabelt buller kan komma att vara mycket olika.

En angelägen uppgift är vidare att ytterligare belysa betydelsen av olika fysikaliska egenskaper hos bullret och därigenom skapa bättre exponeringsmått.

Effekter av buller på människan

Den typ av dos-responssamband som framkommit genom den skandinaviska flygbullerundersökningen kan som tidigare nämnts ge förutsättningar för att konstruera normer, som innebär en följsam anpassning i skilda situationer till de enligt undersökningen förväntade störningseffekterna. Tänkbart är således att en ny normkonstruktion som tar större hänsyn till bullerimmission från enskild överflygning med mest bullrande flygplan kan tas fram. Innan så kan ske synes emellertid nödvändigt med ytterligare vetenskaplig diskussion kring de resultat som framkommit genom den skandinaviska undersökningen och de statistiska reanalyser av utländska undersökningar som verifierat utredningens resultat.

I hittills utförda undersökningar har bullrets störande verkan i olika situationer, t ex inom- och utomhus och vid olika tider på dygnet, inte tillfredsställande kunnat differentieras. En vidareutveckling och komplettering av den medicinsk-hygieniska undersökningsmetodiken erfordras för att belysa dessa förhållanden.

Utredningen har antagit, att buller inte kan ses som en separat företeelse utan måste betraktas som en av de komponenter som konstituerar människors totala fysiska miljö. Kunskaperna om olika miljöfaktorers samspel är emellertid ofullständiga. Studier av bullrets roll i uppbyggnaden av den totala fysiska miljön för att bl a klargöra om förbättringar i något annat avseende kan kompensera en otillfredsställande bullermiljö bör utföras.

Enligt utredningens uppfattning är sociologiska undersökningar inte ensamma tillräckliga för att objektivt värdera bullrets effekter. Studier av andra effekter än subjektiva besvärsreaktioner bör därför utföras. Bl a samtalsstörning, sömnstörning och olika fysiologiska reaktioner behöver ytterligare klarläggas för att tillsammans med subjektiva störningsreaktioner kunna ge ett breddat medicinskt-hygieniskt bedömningsunderlag. I detta sammanhang bör exempelvis samtalsstörning hos personer med hörselnedsättning och andra fysiologiska långtidseffekter hos bullret än dess hörselskadande verkan studeras.

Internationella kontakter

Av stor betydelse är att samhället satsar resurser som gör det möjligt att bygga ut det internationella utbytet av rön inom flygbulleområdet. Sålunda bör forskare beredas möjlighet att aktivt delta i det arbete som bedrivs inom olika internationella organ. Det internationella standardiseringsarbetet rörande mätmetoder bör också följas upp genom aktivt svenskt deltagande.

12 Sammanfattning av utredningens överväganden och förslag

12.1 *Inledning*

Den snabba utvecklingen på samfärdselns område har medfört att trafikbuller blivit ett samhällsproblem. Trafikbullerutredningens uppgift har varit att kartlägga detta problem samt att ange hur trafikbullrets störande inverkan på samhällsmiljön skall kunna minskas.

Liksom övriga insatser på miljöpolitikens område syftar utredningens förslag till att trygga en god miljö för människorna. Enligt utredningens mening innebär detta att hänsyn måste tas inte bara till klara hälsorisker utan också till trivselpåverkande störningar. Vad gäller bullerstörningar är klarlagt att vissa grader av buller medför klart påvisbara effekter såsom hörselskador, sömnrubbningar och nervösa besvär. Hänsyn till trevnaden i boende-, arbets- och fritidsmiljöerna leder emellertid till att betydligt lägre grader av bullerstörningar än de rent hälsofarliga måste tas till utgångspunkt för samhällets insatser.

Mot denna bakgrund har utredningen funnit att en förutsättning för att önskemålet om en god miljö skall kunna förverkligas är att trafikbullerstörningarna begränsas inom bostäder, arbetslokaler, rekreationsområden och andra utrymmen där människor normalt vistas.

Det trafikbuller, som påverkar det utan jämförelse största antalet medborgare, är bullret från vägtrafik. Detta behandlas i ett av utredningen tidigare avgivet delbetänkande, Vägtrafikbuller, SOU 1974:60.

Flygtrafikens intensiva utveckling, övergången till jetplan inom såväl civilt som militärt flyg samt det förhållandet att bebyggelseområden och flygplatser på sina håll kommit att ligga alltför nära varandra har medfört att störningar från flygbuller flerstädes förekommer inom bebyggelseområden.

Det är angeläget att förebygga att nya flygplatser eller bebyggelseområden lokaliseras så, att från bullersynpunkt otillfredsställande miljöer tillskapas. Samtidigt är det av vikt att söka förbättra den befintliga bullersituationen i miljöer där icke godtagbara förhållanden råder. Vidare är det angeläget att förebygga att ytterligare bebyggelseområden kommer att utsättas för bullerstörningar till följd av en fortgående ökning av trafiken på befintliga flygplatser.

Ett viktigt styrmedel härvidlag utgör normer med gränsvärden för högsta tillåtna bullerimmission inom utrymmen där människor normalt vistas. Utredningen har därför utarbetat förslag till sådana normer.

Det effektivaste och samtidigt många gånger det enda sättet att begränsa utbredningen av flygbullerstörningar är att dämpa det buller som flygplanens motorer avger. Medvetandet härom har föranlett ett omfattande internationellt arbete för att söka få fram enhetliga krav vad gäller bulleregenskaper hos civila flygplan. I detta normarbete, som bedrivs främst inom ICAO, deltar Sverige. Med hänsyn till flygtrafikens internationella karaktär är utrymmet för nationella särbestämmelser i fråga om emissionskraven utomordentligt begränsat. Med beaktande härav ansluter det förslag till emissionsnormer som utredningen lägger fram i allt väsentligt till de normer och normförslag som utarbetats inom ICAO.

12.2 *Immissionsnormer*

När det gäller att konstruera immissionsnormer är det viktigt att söka klarlägga innebörden av och samspelet mellan de faktorer av medicinsk-hygienisk, teknisk, ekonomisk och social natur som bör ligga till grund för normerna. Utredningens målsättning vad gäller immissionsgränser för flygbuller har varit densamma som då det gällde att fastlägga immissionsgränser för vägtrafikbuller, nämligen att gränserna i första hand skall bestämmas med hänsyn till de effekter hos människor som bullret förorsakar.

För att utröna vilka bullerstörningar som kan godtas i samhället har utredningen låtit ingående studera sambandet mellan bullerexposition och störning. På uppdrag av utredningen har en särskild, sociologisk undersökning genomförts av naturvårdsverkets omgivningshygieniska avdelning i områdena kring ett antal skandinaviska flygplatser. Resultaten av denna undersökning, som befunnits stämma väl överens med vad som framkommit vid omfattande utländska undersökningar, ger vid handen att den subjektiva störeffekten i allmänhet är den mest påtagliga grunden för en bedömning av hur mycket buller som kan tolereras i samhället.

Utredningen har härav dragit den slutsatsen att immissionsgränser för flygbuller i första hand bör grunda sig på resultat av sociologiska undersökningar av subjektiva besvärsreaktioner hos människor som bor i närheten av flygplatser. Hänsyn bör dock tas även till aktivitetsstörningar såsom samtals- och sömnstörningar.

De med utredningens förslag förenade kostnaderna för bullerskyddsåtgärder beräknas inte få några mera betydande samhällsekonomiska konsekvenser. Kostnadsaspekten har inte varit lika styrande för valet av ambitionsnivå som den varit vid ställningstagandet vad avser normer för vägtrafikbuller.

Anknytning till andra bullerstörningar

Flygverksamhet utgör en av de många bullerkällor som förekommer i samhället. Trafikbullerutredningen har som ovan nämnts i ett tidigare delbetänkande behandlat vägtrafikbuller och har vidare att behandla buller från fritidsbåtar. Utanför det som varit utredningens uppdrag att

behandla finns dessutom trafikbuller som härrör från järnvägar och spårvägar. Förutom trafiken finns emellertid en lång rad störkällor som tillsammans kan sägas ge upphov till samhällsbullret. Mest påtagligt, särskilt med tanke på samordningsfrågor, är buller från industrier och dylikt, buller från byggarbetsplatser samt buller från hissar, ventilation och dylikt inom en byggnad. I och för sig vore önskvärt att kunna ange gränsvärden för flygbuller så att effekten av olika bullerkällor kunde vägas samman. Kännedomen om samverkanseffekten från störningssynpunkt av olika bullerkällor är emellertid för närvarande otillräcklig och behöver ytterligare utforskas.

Utredningen har inte funnit det möjligt att särskilt beakta effekten av andra bullerkällor när det gällt att bestämma gränsvärden för flygbuller.

Normkonstruktion och gränsvärden

Det har befunnits nödvändigt med en differentiering av normerna i olika avseenden. Normsystemet bör bl. a. vara differentierat på ett sådant sätt att det återspeglar olikheter i störningsupplevelsen. Detta innebär att olika normvärden bör anges för skilda lokalkategorier alltefter de skillnader i störningskänslighet som kan väntas föreligga inom dessa. Därigenom underlättas att för verksamhet som inte är störningskänslig utnyttja sådan mark på vilken bostadsbebyggelse inte bör förekomma.

Av olika tänkbara expositionsmått är enligt utredningens uppfattning den ekvivalenta ljudnivån i dB(A) praktiskt taget likvärdig med de mer komplicerade mått som tagits fram för att beakta människans och hörselorganets varierande känslighet vid bedömningen av störningsgraden. Utredningen har funnit att den praktiska tillämpningen av ett normsystem väsentligt underlättas om den ekvivalenta ljudnivån läggs till grund för ett dygnsvärde. Med hänsyn till olikheterna i störningskänslighet har i olika sammanhang bedömts rimligt att från störningssynpunkt uppvärdera buller som förekommer under kväll och natt. En sådan viktning har också företagits av utredningen när det gäller vägtrafikbuller. Även när det gäller flygbuller har utredningen ansett det rimligt att bedöma störningar under kväll och natt strängare än störningar under dagtid. Härvid har utredningen funnit motiverat att från störningssynpunkt jämställa en flygrörelse under kväll med tre flygrörelser under dagen och en rörelse under natt med tio under dagtid. Detta innebär detsamma som att en flygrörelse under kvällen bedöms 5 dB(A) strängare och en rörelse under natten 10 dB(A) strängare än en rörelse under dagen. Härigenom kommer ett mindre antal kvälls- och nattflygrörelser än dagflygrörelser att rymmas inom ett bestämt normvärde. Utredningen har ansett det lämpligt att som kväll betrakta tiden klockan 19–22 och som natt tiden klockan 22–07 samt dygnet i övrigt som dag.

Som expositionsmått har utredningen med hänsyn till vad nu anförts valt den för olika tider på dygnet viktade A-vägda ekvivalentnivån, vilken betecknats flygbullernivå, FBN.

Vid mycket låga trafikintensiteter kan så höga momentana bullernivåer förekomma att de uppfattas som störande utan att ekvivalentnivån därför

Tabell 12.1 Immissionstabell, flyg

Utrymme	Grundvärden		Befintlig miljö		Högsta ljudnivå, L_{Ahmax}, dB(A)
	Flygbullernivå FBN dB(A)		Flygbullernivå FBN dB(A)		
	inomhus	utomhus	inomhus	utomhus	utomhus
Bostäder samt vårdlokaler och undervisningslokaler	30	55	40(30)	65	100
Undervisningslokaler typ hörsal	25	–	35(25)	–	–
Arbetslokaler för ej bullrande verksamhet	40	–	50(40)	–	–

Anm. Värdena inom parentes avser nybyggnad eller genomgripande ombyggnad inom befintlig bebyggelse.

blir hög. Utredningen har därför ansett det befogat att sätta en övre gräns för momentana nivåer. Som expositionsmått används härvid högsta ljudnivå, L_{Ahmax} i dB(A). Detta expositionsmått betecknar genomsnittsvärdet av de maximala momentannivåer som i en viss punkt uppträder vid flygrörelser med den mest bullrande flygplanstyp som icke endast tillfälligt utnyttjar viss flygväg.

De ovan beskrivna övervägandena har resulterat i en normtabell, tabell 12.1, med gränsvärden för högsta tillåtna bullernivåer.

De föreslagna gränsvärdena för flygbullerimmission har uppdelats på s. k. grundvärden och värden för befintlig miljö. Grundvärdena är de som bedömts motiverade från social och medicinsk synpunkt och som därför enligt utredningens uppfattning bör utgöra målsättningen för vad som bör vara högsta acceptabla bullerimmission i vårt samhälle. Grundvärdena är avsedda att tillämpas *dels* vid nyplanering av bebyggelse vid befintlig eller planerad flygplats, *dels* vid planering av ny flygplats. Grundvärdet FBN 55 dB(A) kan allmänt sett sägas vara uttryck för en något strängare bedömning än den hittills tillämpade kritiska bullergränsen vid livligt trafikerade flygplatser. Enligt vad som framkommit under utredningens arbete är vid denna nivå 5–10 procent av en normalbefolkning mycket störd av flygbuller.

Värdena för befintlig miljö är avsedda att tillämpas vid prövning av bullerförhållandena inom en befintlig bebyggelse invid en befintlig flygplats dvs. i en situation då både flygplats och bebyggelse redan är för handen när normerna utfärdas. Att dessa värden satts högre än grundvärdena beror på följande omständigheter.

Att överallt och i alla sammanhang begränsa bullerimmissionerna till grundvärdena låter sig med för dagen känd teknik inte genomföra utan omfattande ingrepp i befintliga boendemiljöer. Dessa ingrepp skulle många gånger innebära så stora omdaningar att de, ehuru kanske ekonomiskt överkomliga, likväl kan bedömas inte stå i rimlig proportion till vad man vill uppnå i fråga om miljöförbättring. Sålunda skulle i

avsaknad av möjligheter att tillräckligt dämpa särskilt bullernivåerna utomhus i många fall från andra synpunkter kanske uppskattade och värdefulla bostadsområden inte kunna bevaras för sitt ändamål. Högre värden än grundvärdena måste därför accepteras i vissa situationer. Överskridanden med upp till 10 dB(A) synes kunna accepteras men när överskridandena uppgår till mer än 10 dB(A), dvs. till nivåer över FBN 65 dB(A) är störningsreaktionerna så allvarliga att situationen inte kan accepteras. Vid nämnda nivå är enligt vad som framkommit vid utredningens arbete var fjärde till var tredje person mycket störd. Ett överskridande av denna nivå måste därför anses innebära sanitär olägenhet. Bostadsbebyggelse som utsätts för sådant buller bör man därför i princip söka avveckla.

Vad nu anförts innebär emellertid inte att utredningen anser att högre värden än grundvärdena utan vidare skall godtas, eftersom överskridande av dessa värden innebär avsteg från den eftersträvansvärda målsättningen. Det är således angeläget att alla möjligheter att begränsa överskridandena prövas.

Gränsvärdena föreslås inte få karaktären av rättsligt bindande normer. De avses endast vara vägledande för den bedömning som under alla förhållanden måste ske i varje enskilt fall med hänsyn tagen till lokala faktorer och speciella omständigheter. Det kan därför också i enstaka fall inträffa att ännu högre värden än de som i tabellen angivits för befintlig miljö av tekniska eller andra skäl inte kan undvikas.

Rättslig reglering – ansvarsfrågor

De föreslagna immissionsnormerna får reell praktisk betydelse först då de har förankring i en lagstiftning som kan utgöra grund för krav på åtgärder då normerna ej uppfylls.

Redan i dag finns lagregler som avser att skydda människorna mot inte godtagbara bullerstörningar. Sålunda innehåller såväl miljöskyddslagen som hälsovårdsstadgan samt i viss mån byggnadslagstiftningen bestämmelser härom. De krav som dessa författningar ställer är emellertid allmänt hållna.

Utredningens normförslag kan liksom motsvarande förslag beträffande vägtrafikbuller betraktas som en konkretisering av innehållet i den nämnda lagstiftningen och torde därigenom komma att i hög grad underlätta tillämpningen av densamma. Anknytningen till lagstiftningen kan enligt utredningen bäst åstadkommas genom att normerna utfärdas som råd och anvisningar till denna. Härigenom nås eftersträvad fasthet vid tillämpningen utan den administrativa omgång med dispensprövningar o. d. som skulle följa med rättsligen bindande normer, utfärdade som föreskrifter till lagstiftningen.

Vid utfärdandet av normförslaget har utredningen utgått ifrån att normer behöver tillämpas i följande fall:

– Vid upprättande och fastställelse av plan samt vid byggnadslovsprövning, allt enligt byggnadslagstiftningen.

– Vid koncessionsprövning av flygplats enligt miljöskyddslagen.
– Vid prövning av tillstånd och föreskrifter för flygplats enligt luftfartslagstiftningen.
– Vid prövning enligt miljöskyddslagen och hälsovårdslagstiftningen av frågor om skyddsåtgärder m. m. inom den befintliga miljön.

Liksom i fråga om vägtrafikbuller föreslår utredningen att normerna utfärdas som anvisningar till byggnads- och hälsovårdslagstiftningen. De förutsätts härvid slå igenom även vid tillämpningen av miljöskyddslagen.

När det gäller ansvaret för bullerolägenheterna och därmed för att sådana åtgärder vidtas som fordras för att uppfylla de föreslagna immissionsnormernas krav, stöder sig utredningen främst på miljöskyddslagen. Enligt denna gäller att den som orsakar olägenhet genom miljöfarlig verksamhet skall vidta skäliga skyddsåtgärder eller tåla inskränkningar i den störande verksamheten. Miljöskyddslagen gäller endast störningar som härrör från fast egendom. Hit räknas även fasta trafikanläggningar som t. ex. flygplatser. Flygbuller kan sägas härröra från flygplatsen inte bara då det uppstår i samband med flygplanens förflyttning på själva flygplatsen utan även då det kommer från flygplan i luften om flygplanets färd kan sägas stå i direkt och omedelbar relation till verksamheten vid flygplatsen, dvs. utgörs av eller har samband med start- eller landningsförfarande. Ansvarig enligt miljöskyddslagen är den som driver flygplatsen.

Ansvaret för bullerolägenheterna kan aktualiseras som skyldighet att svara för kostnader för isoleringsåtgärder på byggnader eller att utge ersättningar för inlösen, intrång eller skada. Det kan också innebära skyldighet att inskränka flygtrafikens omfattning, att förändra dess dygnsfördelning, att modifiera in- och utflygningsvägarnas läge i sid- och höjdled e. d.

Den som ytterst ger upphov till bullerstörningarna är emellertid inte den som driver flygplatsen utan den som använder och drar nytta av densamma, dvs. trafikanten. Utredningen har därför funnit starka skäl tala för att trafikanten i princip bör vara den som slutligen har att vidkännas de kostnader, som en begränsning av bullerolägenheterna vid civila flygplatser medför.

Även om de åtgärder som aktualiseras i den befintliga miljön för att begränsa flygbullerstörningarna är betydligt mindre omfattande än vad fallet är exempelvis beträffande störningar från vägtrafiken, måste man räkna med att det kommer att ta viss tid innan alla åtgärder, som erfordras för att normernas krav skall uppfyllas i den befintliga miljön, blivit genomförda. Från omgivningshygienisk synpunkt otillfredsställande förhållanden kan därigenom komma att kvarstå i väntan på att åtgärder genomförs. I den mån så är förhållandet är det enligt utredningen angeläget att bullerbekämpningen genomförs med stor hänsyn till olägenheternas omfattning och att de svåraste störningarna undanröjs i första hand. För att underlätta att så sker föreslår utredningen att angelägenhetsgraderade program för åtgärdernas genomförande upprättas genom kommunernas försorg. Arbetet torde närmast falla på hälsovårdsnämn-

derna som ett led i deras skyldighet att verka för undanröjande och förebyggande av olägenheter genom störande buller. Programmen bör enligt utredningen upprättas i nära samråd med den som driver flygplatsen och bör då också kunna ligga till grund för en överenskommelse mellan denne och kommunen angående prioritering, utförande och finansiering av åtgärderna.

Finansiering

Det ligger inte inom utredningens direktiv att framlägga förslag rörande finansieringen av de åtgärder som utredningens förslag aktualiserar. Utredningen har emellertid angivit följande synpunkter på hur finansieringen kan tänkas ordnad.

Utredningens förslag till immissionsnormer kommer att för sitt förverkligande kräva utgifter om 15–20 milj. kronor per år under en tioårsperiod. Dessa kostnader kommer att i första hand belasta flygplatshållaren och då i huvudsak luftfartsverket som driver och förvaltar de största trafikflygplatserna. Den på verket fallande delen av kostnaderna – 9–12 milj. kronor – kan verket inte bära utan en ökning av verkets inkomster. I överensstämmelse med vad utredningen i olika sammanhang uttalat om att den som förorsakar buller också bör stå för kostnaderna för att begränsa bullerstörningarna bör kostnaderna i första hand finansieras genom avgifter som belastar flygverksamheten. Detta kan ske genom att en särskild avgift tas ut vid sidan om de avgifter som verket nu tar ut från flygverksamheten.

Den del av åtgärdskostnaderna som inte faller på luftfartsverket beräknas huvudsakligen avse militära flygplatser. Täckning av dessa kostnader torde få inräknas i försvarsbudgeten.

Vissa kostnader torde även komma att falla på kommunala och enskilda flygplatser. Dessa kostnader kan täckas genom särskilda avgifter. Utredningen anser det ligga närmast till hands att frågan härom avgörs av vederbörande flygplatshållare.

Planeringsanvisningar

Även om valmöjligheterna när det gäller att genom åtgärder begränsa flygbullrets spridning eller nivåer är mycket begränsade är alternativa åtgärder tänkbara i vissa situationer. Vid val av åtgärder bör givetvis den lösning väljas som med hänsyn till bullerreducerande effekt, kostnader, anpassning till miljön, trafiktekniska förutsättningar etc. framstår som fördelaktigast. De föreslagna immissionsnormerna har utformats på ett sådant sätt att det är möjligt att välja mellan olika åtgärder som kan komma ifråga. Utredningen har med hänsyn härtill funnit att särskilda anvisningar eller rekommendationer rörande vilka åtgärder som i olika situationer bör vidtas för att uppfylla immissionsnormernas krav inte bör utfärdas.

Utredningen har inskränkt sig till att i denna del i grova drag ange

ändamålsenliga planeringsprocedurer och anser att mera detaljerade anvisningar för beräkning av erforderliga skyddszoner och andra åtgärder bör utarbetas i anslutning till de anvisningar till byggnadsstadgan som utredningen föreslår att planverket skall utfärda.

Kontrollmetoder

Inom både nyplanerade områden och äldre befintlig miljö måste man kunna kontrollera om de i immissionsnormerna angivna kraven uppfylls. Detta kan ske med hjälp av såväl beräkningar som mätningar.

Utredningen anser att den mer detaljerade utformningen av kontrollmetoderna bör redovisas i de anvisningar som enligt utredningen bör fogas till byggnadsstadgan och hälsovårdsstadgan.

12.3 *Emissionsnormer*

De begränsade möjligheter som föreligger när det gäller att genomföra immissionsbegränsande åtgärder i fråga om flygbuller gör det angeläget att i möjligaste mån dämpa bullret redan vid källan, dvs. genom bullerreducerande åtgärder på flygplanet. På grund av flygtrafikens internationella karaktär är vi i Sverige i allt väsentligt hänvisade till att härvid tillämpa emissionsnormer som i huvudsak överensstämmer med dem som utarbetats inom de internationella organ som tillskapats härför och i vilkas arbete Sverige deltar.

Internationella normer beträffande högsta godtagbara bulleremission från civila flygplan har således utarbetats av FN-organet ICAO. Sådana normer redovisas i Annex 16 "Aircraft Noise" till Chicagokonventionen.

Hittills har bindande normer, s k Standards, antagits för nya jetdrivna flygplan avsedda för underljudsfart. Normerna avser såväl lätta som tunga flygplan. För nya, lätta propellerflygplan finns normer antagna som s k Recommended Practices.

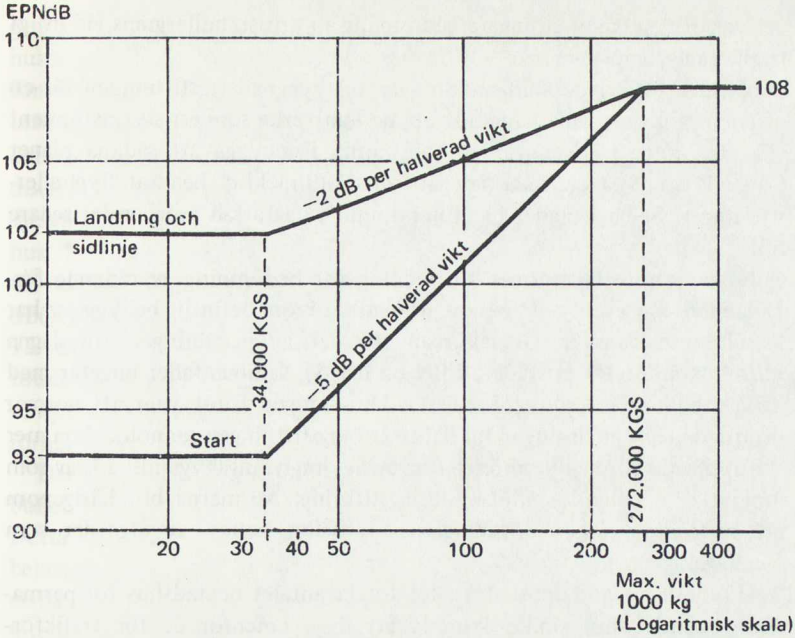
Inom ICAO pågår arbete med att dels utvidga tillämpningsområdet för Annex 16 i den takt överenskommelse härom kan nås, dels skärpa normernas krav. Således är normer för nya, tunga propellerflygplan under arbete och vidare övervägs att göra de för jetflygplan nu gällande normerna tillämpliga även på sådana jetflygplan av äldre typ, som tillverkats utan krav på bullerbegränsning. Ett förslag till skärpning av gällande normer för nya typer av jetflygplan behandlas även inom ICAO.

Luftfartsverket har utfärdat med Annex 16 sammanfallande föreskrifter om när jetflygplan, avsedda för underljudsfart, skall anses miljövärdiga från bullersynpunkt (se figur 12.1).

Utredningens förslag

Utredningen föreslår, som komplement till nuvarande svenska föreskrifter om miljövärdighet, följande

1. att fr. o. m. år 1978 begagnade jetflygplan, som tillverkats utan krav



Figur 12.1 Max ljudnivåer vid bullercertifiering av jetflygplan enligt Annex 16.

på bullerbegränsning, måste uppfylla nu gällande krav enligt Annex 16 för att kunna registreras i Sverige

2. att gällande föreskrifter avseende jetflygplan för underljudsfart utvidgas till att omfatta även överljudsflygplan
3. att av ICAO antagen rekommendation avseende normer för lätta propellerflygplan görs till svensk norm
4. att normerna för jetflygplan görs tillämpliga även på tunga propellerflygplan tillverkade efter år 1976 och att fr. o. m. år 1978 begagnade tunga propellerflygplan, tillverkade före år 1977, måste uppfylla nu gällande krav enligt Annex 16 avseende jetflygplan för att kunna registreras i Sverige.

Dessutom föreslår utredningen att resultatet av pågående internationellt arbete avvaktas innan ställning tas till normer för V/STOL-flygplan, inklusive helikoptrar, och för svenskregistrerade jetflygplan, som inte uppfyller kraven enligt Annex 16.

Föreslagna krav beträffande luftfartygs miljövärdighet i bullerhänseende föreslår utredningen rättsligt reglerade genom föreskrifter utfärdade av luftfartsverket.

12.4 *Belysning av förslagens konsekvenser*

Det i utredningens immissionsnormsystem angivna grundvärdet utomhus för bostäder, FBN 55 dB(A), motsvarar ungefär kritisk bullergräns. Vid livligt trafikerade flygplatser ligger FBN 55 dB(A) utanför kritisk bullergräns medan det motsatta förhållandet råder för de allra minsta flygplatserna. Allmänt sett kan grundvärdet FBN 55 dB(A) därför sägas vara

uttryck för en något strängare bedömning än kritisk bullergräns vid livligt trafikerade flygplatser.

Normer utfärdade som anvisningar till byggnadslagstiftningen får en officiell sanktion, vilket medför att de kan verka som ett styrinstrument vid planering. Härigenom kan normerna förebygga att sådana planer fastställs som på ett felaktigt sätt eller otillräckligt beaktat flygbullerstörningar. Sådana planer har förekommit i några fall även under senare tid.

Några immissionsnormer till ledning för bedömning av rådande förhållanden och eventuellt behov av åtgärder inom befintlig bebyggelse har hittills inte funnits. Gränskurvan för det av utredningen föreslagna utomhusvärdet för bostäder, FBN 65 dB(A), sammanfaller ungefär med kritisk bullergräns plus 15 dB(A). Utredningen förutsätter att normer utfärdade som anvisningar till hälsovårdslagstiftningen sannolikt kommer att uppfattas som en konkretisering av de omgivningshygieniska krav som innefattas i gällande miljöskyddslagstiftning. Normerna blir härigenom ett rättesnöre för bedömningarna av vilka behov av åtgärder som föreligger.

Utredningen har uppskattat det totala antalet bostadshus för permanent boende som skulle komma att ligga innanför de för trafikförhållandena år 1985 beräknade gränskurvorna för FBN 55 respektive 65 dB(A) vid de då i drift varande flygplatserna till 15 000–20 000 respektive 1 000–1 500. Denna bebyggelse förutsätts till övervägande delen bestå av hus av villakaraktär. De flerfamiljshus som finns kring flygplatserna ligger främst i den yttre delen av de studerade områdena, dvs mellan gränskurvorna för FBN 55 och 60 dB(A). Det totala antalet permanent boende innanför de för år 1985 beräknade gränskurvorna för FBN 55, 60 och 65 dB(A) kan uppskattas till ca 100 000, ca 25 000 respektive ca 5 000.

Andelen mycket störda vid FBN 55 dB(A) synes utgöra mindre än tio procent och motsvarande andel vid FBN 65 dB(A) 25–30 procent. Utredningens förslag innebär att någon permanent bosättning i princip inte bör förekomma innanför gränskurvan för FBN 65 dB(A). I området mellan gränskurvorna för FBN 65 och 55 dB(A) kan däremot bosättning i nu befintliga bostäder – med mindre nytillskott – godtas. Flertalet boende inom sistnämnda område torde med hänsyn till vad ovan nämnts om bebyggelsens struktur bo i områdets yttre delar, dvs mellan gränskurvorna för FBN 60 och 55 dB(A). De boende inom detta område bedöms berörda av flygbuller i relativt begränsad omfattning. Det har för utredningen därför framstått som riktigt att söka bevara här förekommande boendemiljöer. De förbättringar i bullerhänseende som skulle kunna uppnås bedöms inte stå i rimlig proportion till de uppoffringar, även i andra än ekonomiska hänseenden, som sådana förbättringar förutsätter. Utredningen har således funnit att här befintliga boendemiljöer med till dem knutna servicefunktioner i största möjliga utsträckning bör bevaras intakta.

Det är i allmänhet inte möjligt att genom byggnadsåtgärder begränsa flygbullernivåerna utomhus. Vad som kan göras inskränker sig till att

genom isoleringsåtgärder söka begränsa inomhusnivåerna. Så länge utomhusnivåerna inte överskrider det av utredningen för befintlig miljö föreslagna utomhusvärdet för bostäder, FBN 65 dB(A), bör det i stor utsträckning vara möjligt att utan särskilda isoleringsåtgärder innehålla det för samma miljö föreslagna inomhusvärdet för bostäder, FBN 40 dB(A). Isoleringsåtgärder torde emellertid i viss utsträckning få tillgripas, särskilt inom sådan bebyggelse som består av villor, radhus och liknande hus. Kostnaderna härför samt för inlösen medgiven på begäran av ägare till fastigheter belägna inom områden med högre flygbullernivå än 65 dB(A) har av utredningen beräknats uppgå till 150–200 milj kr eller ca 15–20 milj kr per år under en 10-årsperiod, motsvarande en diskonterad totalkostnad på drygt 100 milj kr. Dessa kostnader måste enligt utredningens bedömande anses som måttliga och återspeglar det ovan nämnda förhållandet att några djupa ingrepp i befintliga miljöer inte eftersträvas.

Det är utredningens principiella uppfattning att den som förorsakar buller också bör stå för kostnaderna för att begränsa bullerstörningarna. Detta innebär vad gäller flygbuller att det främst är flygtrafiken som bör belastas med de ovan nämnda kostnaderna. De kostnadsstegringar för den civila flygverksamheten som kan bli följden av utredningens förslag är inte av den storleksordningen att de tillmätts någon avgörande betydelse för utredningens ställningstaganden. Utredningen har inte haft i uppdrag att framlägga några förslag vad gäller finansieringssätt men som exempel kan nämnas att om de beräknade kostnaderna för bullerskyddsåtgärderna skulle läggas på flygpassagerarna, skulle det kunna innebära en höjning av den nuvarande passageraravgiften med ca 5 kr per utrikes avresande passagerare och med ca 1 kr per inrikes avresande passagerare.

För det militära flyget innebär utredningens förslag en kostnad av storleksordningen 5–6 milj kr per år under en tioårsperiod.

Gemensamt för hela immissionsnormsystemet gäller att det underlättar för samtliga berörda parter att arbeta med gemensamma referenser. Härigenom kan man nå fram till enighet i bedömningarna och samförstånd rörande lösningen av föreliggande problem.

Vad gäller utredningens förslag till emissionsnormer följer dessa som tidigare nämnts de internationella normer som här föreligger eller är under utarbetande.

De emissionsbegränsande åtgärder som dessa normer förutsätter och som delvis redan vidtas vid nytillverkning av flygplan kommer sannolikt att medföra att man trots flygtrafikens successiva ökning inte behöver befara någon ökning av den totala emissionen under den tid som utredningen vid utarbetandet av sina förslag beaktat eller fram till mitten av 1980-talet. Å andra sidan är inte realistiskt att räkna med någon påtaglig sänkning av emissionen under angiven tid med hänsyn till dels trafikens ökning, dels det förhållandet att en betydande del av de flygplan som i dag är i bruk har så lång livslängd att de sannolikt kommer att vara i trafik under i vart fall större delen av 1980-talet.

Bilaga A Prognoser avseende flygtrafikens utveckling m m

Tabell A:1 Flygtrafiken på svenska flygplatser år 1973 och prognos för åren 1980 och 1985
Källa: Luftfartsverket (1974-10-01)

	1973 (faktiskt)	1980	Årl ökn perioden 1973–1980 (%)	1985	Årl ökn perioden 1981–1985 (%)
Utrikes linjefart					
antal passagerare (ank+avr)	2 050 000	3 200 000	+ 6,5	4 600 000	+7,5
antal rörelser	55 600	71 000	+ 3,5	80 000	+2,5
andel på statliga trafikflygplatser (%)					
passagerare	100	100		100	
rörelser	100	100		100	
Inrikes linjefart					
antal passagerare (avr)	1 707 000	3 300 000	+10	5 100 000	+9
antal rörelser	131 800	177 000	+ 4	254 000	+7,5
andel på statliga trafikflygplatser (%)					
passagerare	98	97		97	
rörelser	93	92		91	
Utrikes chartertrafik					
antal passagerare (ank+avr)	1 743 000	3 240 000	+ 9	5 055 000	+9,5
antal rörelser	23 200	32 000	+ 4,5	43 200	+6
andel på statliga trafikflygplatser (%)					
passagerare	99	99		99	
rörelser	99	99		99	
Inrikes chartertrafik					
antal passagerare (avr)	34 000	46 600	+ 4,5	58 000	+4,5
antal rörelser	9 600	11 400	+ 2,5	12 600	+2
andel på statliga trafikflygplatser (%)					
passagerare	85	86		86	
rörelser	95	95		95	
Bruksflyg[a]					
antal rörelser	282 000	442 000	+ 6,5	544 000	+4
andel på statliga flygplatser (%)	20	16		16	
Övrigt allmänflyg[a]					
antal rörelser	1 032 000	1 198 000	+ 2	1 296 000	+1,5
andel på statliga flygplatser (%)	26	16		16	
Fraktgods (ton)[b]					
utrikes trafik (ank+avg)	50 300	87 000	+ 8	135 000	+9
inrikes trafik (avg)	12 200	15 000	+ 3	18 000	+3,5
Post (ton)[b]					
utrikes trafik (ank+avg)	5 700	7 600	+ 4	8 800	+3
inrikes trafik (avg)	9 200	13 500	+ 5,5	16 500	+4

[a] Med i Sverige registrerade flygplan.
[b] 100 % på statliga trafikflygplatser.

Tabell A:2 Antalet flygplansrörelser på svenska trafikflygplatser med linjefart (år 1974) under perioden 1960–1973 samt prognos för åren 1980–1985 med fördelning på trafikslag.
Källa: Luftfartsverket (1974-10-01).

I. *Statliga trafikflygplatser*

Göteborg – Torslanda (1960, 1965 och 1973) – Landvetter (1980, 1985)

År	Linjefart och charter		Allmänflyg[c]		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn[d]	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	13 800	38	34 500	2 350	48 300
1965	19 300	54	37 900	850	57 200
1973	30 800	86	56 050	4 700	86 850
1980	40 200	112	12 600[e]	6 600	52 800
1985	48 200	134	16 000	8 400	64 200

Halmstad

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	850	2	–	–	850
1965	2 400	7	–	–	2 400
1973	3 250	9	13 700	700	16 950
1980	3 750	10	16 800	1 000	20 550
1985	5 850	16	18 600	1 200	24 450

Jönköping

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	1 500	4	14 300	500	15 800
1965	3 050	8	18 300	750	21 350
1973	6 550	18	23 050	2 050	29 600
1980	8 600	24	28 500	2 900	37 100
1985	12 150	33	31 700	3 500	43 850

Kalmar

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	2 900	8	–	–	2 900
1965	2 950	8	–	–	2 950
1973	4 250	12	1 800	950	6 050
1980	4 800	13	2 400	1 400	7 200
1985	7 100	20	2 800	1 700	9 900

[c] Skol- och provflygningar med transportflygplan samt militära flygningar hänförs i denna tabell till allmänflyg.
[d] Härmed avses genomgående i tabellen antal rörelser per dygn i genomsnitt per år.
[e] Skol- och privatflyg i Göteborgsregionen flyttar till andra flygplatser.

Karlstad

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	1 550	4	10 800	650	12 350
1965	2 700	8	9 700	850	12 400
1973	2 700	8	14 400	1 850	17 100
1980	3 350	9	18 100	2 700	21 450
1985	5 050	14	20 200	3 300	25 250

Kiruna

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	1 150	3	7 050	150	8 200
1965	1 550	4	8 200	1 000	9 750
1973	1 550	4	6 950	1 100	8 500
1980	2 500	7	8 700	1 700	11 200
1985	3 050	8	9 800	2 100	12 850

Luleå – Kallax

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	2 750	8	–	–	–
1965	3 800	11	850	200	4 650
1973	8 600	24	2 950	250	11 550
1980	12 350	34	3 700	400	16 050
1985	15 700	44	4 100	500	19 800

Malmö – Sturup

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	15 700	44	21 400	1 850	37 100
1965	23 600	66	37 950	2 750	61 550
1973	14 250	40	26 750	6 050	41 000
1980	20 850	58	10 800*f*	4 800	31 650
1985	26 400	73	12 600	5 600	39 000

f Skol- och privatflyg i Malmöregionen flyttar till andra flygplatser.

Norrköping – Kungsängen

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	800	2	13 400	900	14 300
1965	2 100	6	19 750	1 850	21 850
1973	4 000	11	20 100	3 900	24 100
1980	5 450	15	27 500	5 500	32 950
1985	7 000	19	32 500	6 500	39 500

Ronneby

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	1 550	4	–	–	1 550
1965	2 600	7	–	–	2 600
1973	2 900	8	2 250	650	5 150
1980	3 550	10	2 900	1 000	6 450
1985	5 650	16	3 300	1 200	8 950

Skellefteå

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	–	–	–	–	–
1965	2 850	8	2 350	100	5 200
1973	4 400	12	5 900	250	10 300
1980	5 200	14	7 200	400	12 400
1985	7 650	21	8 000	500	15 650

Stockholm – Arlanda[g]

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	400	1	18 450	350	18 850
1965	23 600	66	15 200	150	38 800
1973	62 300	170	19 200	3 450	81 500
1980	118 600	325	53 000	28 000	171 600
1985	154 400	425	60 000	33 000	214 400

[g] Flygtrafiken på Bromma – dock ej skol- och privatflyg – har här förutsatts bli flyttad till Arlanda.

Stockholm – Bromma

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	40 500	113	17 150	5 400	57 650
1965	26 150	73	51 100	9 200	77 250
1973	28 550	79	81 100	19 650	109 650
1980	–	–	–	–	–
1985	–	–	–	–	–

Sundsvall – Härnösand

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	4 750	13	6 700	800	11 450
1965	5 250	15	15 850	1 150	21 100
1973	10 300	29	12 550	2 850	22 850
1980	13 800	38	15 900	4 100	29 700
1985	19 400	54	18 000	5 000	37 400

Umeå

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	–	–	–	–	–
1965	4 950	14	12 050	650	17 000
1973	9 150	25	16 350	950	25 500
1980	12 400	34	21 100	1 500	33 500
1985	18 850	52	24 400	1 800	43 250

Visby

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	5 300	15	10 500	550	15 800
1965	5 800	16	10 900	2 100	16 700
1973	6 400	18	16 150	4 500	22 550
1980	7 450	21	20 700	6 500	28 150
1985	10 650	30	23 500	7 900	34 150

Ängelholm

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	200	0	0	–	200
1965	1 350	4	–	0	1 350
1973	2 600	7	1 600	700	4 200
1980	3 250	9	2 100	1 000	5 350
1985	5 450	15	2 400	1 200	7 850

Örnsköldsvik

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	–	–	–	–	–
1965	3 450	10	4 250	400	7 700
1973	4 550	13	4 500	850	9 050
1980	6 000	17	5 700	1 200	11 700
1985	6 400	18	6 500	1 500	12 900

Östersund

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	1 200	3	0	0	1 200
1965	1 400	4	300	100	1 700
1973	2 600	7	850	100	3 450
1980	3 400	9	1 150	150	4 550
1985	5 700	16	1 300	200	7 000

II. *Kommunala trafikflygplatser*[h]

Borlänge

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	–	–	–	–	–
1965	450	1	650	50	1 100
1973	2 200	6	4 350	3 050	6 550
1980	..	..	..	..	..
1985	..	..	..	..	..

Gällivare

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	–	–	–	–	–
1965	–	–	–	–	–
1973	1 100	3	5 500	300	6 600
1980	..	..	..	..	..
1985	..	..	..	..	..

[h] Beträffande de kommunala trafikflygplatserna saknas prognos.

Gävle/Sandviken

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	–	–	–	–	–
1965	–	–	–	–	–
1973	2 000	5	2 900	1 650	4 900
1980	..	..	..	..	..
1985	..	..	..	..	..

Hultsfred

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	1 700	5	2 500	200	4 200
1965	850	2	2 150	150	3 000
1973	1 850	5	2 300	250	4 150
1980	..	..	..	..	..
1985	..	..	..	..	..

Kristianstad

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	300	1	–	–	300
1965	1 550	4	1 650	150	3 200
1973	1 850	5	1 150	400	3 000
1980	..	..	..	..	..
1985	..	..	..	..	..

Växjö – Uråsa

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	600	2	–	–	600
1965	–	–	–	–	–
1973	1 400	4	4 400	1 000	5 800
1980	..	..	..	..	..
1985	..	..	..	..	..

Kramfors/Ådalen

År	Linjefart och charter		Allmänflyg		Summa
	Antal rörelser per år	Antal rörelser per dygn	Antal rörelser per år	Därav bruksflyg	
1960	–	–	–	–	–
1965	–	–	–	–	–
1973	–	–	–	–	–
1980	..	..	..	..	..
1985	..	..	..	..	..

Bilaga B Utdrag ur Annex 16 till Chicagokonventionen

Chapter 2.–Subsonic jet aeroplanes

2.1.–Applicability

2.1.1 The Standards of this Chapter shall be applicable to all subsonic jet aeroplanes, other than aeroplanes which require a runway[1] length of 450 m (1 500 ft) or less at maximum certificated weights for airworthiness, which are either:

a) powered by engines with a by-pass ratio of 2 or more and for which a certificate of airworthiness for the individual aeroplane was first issued on or after 1 March 1972, or

b) powered by other classes of engines, and in respect of which either the application for certificate of airworthiness for the prototype was accepted or another equivalent prescribed procedure was carried out by the certificating authorities, on or after 1 January 1969.

2.1.2 The Standards of this Chapter, as adopted by the Council on 2 April 1971, shall also be applicable to all subsonic jet aeroplanes powered by engines with a by-pass ratio of less than 2 for which the application for a certificate of airworthiness of the prototype was accepted, or another equivalent procedure was carried out by the certificating authorities, prior to 1 January 1969 and for which a certificate of airworthiness for the individual aeroplane was first issued on or after 1 January 1976.

2.2.–Noise Evaluation Measure

2.2.1 The noise evaluation measure shall be the effective perceived noise level in EPNdB as described in Appendix 1.

2.3.–Noise Measurement Points

2.3.1 An aeroplane, when tested in accordance with the flight test procedures of 2.6, shall not exceed the noise levels specified in 2.4, at the following points:

a) Lateral Noise Measurement Point – the point on a line parallel to and 650 m (0.35 NM) from the runway centre line, or extended runway centre line, where the noise level is a maximum during take-off.

b) Flyover Noise Measurement Point – the point on the extended

[1] With no Stopway or Clearway.

centre line of the runway and at a distance of 6 500 m (3.5 NM) from the start of roll.

c) Approach Noise Measurement Point – the point on the ground, on the extended centre line of the runway, 120 m (394 ft) vertically below the 3° descent path originating from a point 300 m (984 ft) beyond the treshold. On level ground this corresponds to a position 2 000 m (1.08 NM) from the threshold.

2.4.–Maximum Noise Levels

2.4.1 The maximum noise levels, when determined in accordance with the noise evaluation method of Appendix 1, shall not exceed the following:

a) At Lateral and Approach Noise Measurement Points – 108 EPNdB for aeroplanes with maximum certificated takeoff weights of 272 000 kg (599 660 lb) or over, less 2 EPNdB per halving of the 272 000 kg (599 660 lb) maximum down to 102 EPNdB for maximum certificated weights of 34 000 kg (74 960 lb) or less.

b) At Flyover Noise Measurement Point – 108 EPNdB for aeroplanes with maximum certificated takeoff weights of 272 000 kg (599 660 lb) or over, less 5 EPNdB per halving of the 272 000 kg (599 660 lb) maximum down to 93 EPNdB for maximum certificated weights of 34 000 kg (74 960 lb) or less.

Note.–The maximum noise levels vary linearly with the logarithm of aeroplane weight between the weight limits specified above.

2.5.–Trade-offs

2.5.1 If the maximum noise levels exceeded at one or two measurement points:

a) the sum of any excesses shall not be greater than 4 EPNdB, except that in respect of four engined aeroplanes powered by engines with by-pass ratio of 2 or more and for which the application for certificate of airworthiness for the prototype was accepted or another equivalent prescribed procedure was carried out by the certificating authorities before 1 December 1969, the sum of any excesses shall not be greater than 5 EPNdB:

b) any excess at any single point shall not be greater than 3 EPNdB: and

c) any excesses shall be offset by corresponding reductions at the other point or points.

2.6.–Flight Test Procedures

2.6.1.–Take-off Test Procedure

2.6.1.1 Take-off thrust shall be used from the start of take-off to the point at which a height of at least 210 m (700 ft) above the runway is

reached and the thrust thereafter shall not be reduced below that thrust which will maintain a climb gradient of at least 4 per cent.

2.6.1.2 A speed of at least V_2+10 kts shall be attained as soon as practicable after lift-off and be maintained throughout the take-off test.

2.6.1.3 A constant take-off configuration (except for the position of the landing gear) selected by the applicant shall be maintained throughout the take-off noise certification demonstration test.

2.6.2.–Approach Test Procedure

2.6.2.1 The aeroplane shall be stabilized and following a 3°±0.5° glide slope.

2.6.2.2 The approach shall be made at a stabilized airspeed of not less than 1.3 V_S+ 10 kts, with thrust stabilized during approach and over the measuring point, and continued to a normal touchdown.

2.6.2.3 The configuration of the aeroplane shall be with maximum allowable landing flap setting.

Bilaga C Utdrag ur bestämmelser för civil luftfart(BCL) – M 2.2

Materielbestämmelser
Konstruktionsbestämmelser, Miljövärdighet

Utfärdade av luftfartsverket med stöd av 27 a § luftfartskungörelsen 1961:558 och på grundval av ICAO Annex 16, Aircraft Noise, att gälla från och med den 1 februari 1974.

1. *Begreppsförklaringar*

Begreppsförklaringar finns intagna i BCL – M O.

2. *Tillämpning*

2.1 Dessa bestämmelser äger i den omfattning som närmare framgår nedan tillämpning vid konstruktion och tillverkning av luftfartyg inom landet samt vid import av i annat land tillverkat luftfartyg.

3. *Allmänt*

3.1 Den som ansöker om typgodkännande för inom landet konstruerad och tillverkad luftfartygstyp skall redovisa och dokumentera att de i denna bestämmelse intagna kraven för miljövärdighet är uppfyllda för luftfartygstypen ifråga.

3.2 Vid import av luftfartyg skall importören redovisa och dokumentera att de nedan angivna kraven för miljövärdighet är uppfyllda.

4. *Miljövärdighetsbevis*

4.1 För varje luftfartygsindivid som omfattas av dessa bestämmelser och som vid luftfartsinspektionens granskning visat sig uppfylla i denna bestämmelse intagna krav för miljövärdighet utfärdar luftfartsinspektionen ett miljövärdighetsbevis.

Anm: Miljövärdighetsbeviset innehåller upplysning om:

a) Registreringsland
b) Luftfartygets tillverkningsnummer
c) Luftfartygets typbeteckning

d) Uppgift om de modifieringar som eventuellt erfordras för att uppfylla kraven för miljövärdighet

e) Uppgift om den högsta flygvikt som är tillåten för att kraven för miljövärdighet skall vara uppfyllda.

4.2 Miljövärdighetsbevis utfärdas att gälla utan tidsbegränsning. Luftfartyget är emellertid inte att anse som miljövärdigt med mindre det underhålls så att dess utförande i avseende på miljövärdighet vidmakthålls i överensstämmelse med det godkända typunderlaget.

4.3 Vid modifiering av luftfartyg för vilket miljövärdighetsbevis utfärdats skall luftfartyget även efter modifieringen uppfylla kraven på miljövärdighet. Sådan modiering skall granskas och godkännas enligt bestämmelserna i BCL – M 1.6.

5. *Miljövärdighetskrav för jetflygplan avseende buller*

5.1 Allmänt

5.1.1 Miljövärdighetskraven avseende buller i denna BCL sammanfaller med vad som anges i ICAO Annex 16, Aircraft Noise.

5.1.2 Miljövärdighetskraven gäller för jetflygplan avsedda för flygning med underljudfart och som kräver banlängder över 450 meter vid högsta tillåten startvikt samt är försedda med motorer enligt följande alternativ.

a) jetmotorer med by-pass-förhållande på 2 eller mer och där luftvärdighetsbevis för flygplanet utfärdats första gången 1 mars 1972 eller senare;

b) andra jetmotorer och där ansökan om typcertifikat eller motsvarande för flygplantypen inlämnats den 1 januari 1969 eller senare;
eller

c) jetmotorer med by-pass-förhållande lägre än 2 och där ansökan om typcertifikat för flygplantypen inlämnats före den 1 januari 1969 och vars individuella luftvärdighetsbevis oavsett nationalitet utfärdas första gången den 1 januari 1976 eller senare.

5.2 Mätpunkter

5.2.1 I följande mätpunkter får de i moment 5.3 nedan angivna bullernivåerna ej överskridas:

a) Mätpunkt vid sidan om flygplatsen belägen på en linje (sidlinje) parallell med och på ett avstånd av 650 meter från startbanans centrumlinje, där den högsta bullernivån erhålls vid start.

b) Startmätpunkt belägen på förlängningen av startbanans centrumlinje och på ett avstånd av 6 500 meter från startbanans början.

c) Landningsmätpunkt belägen på förlängningen av landningsbanans centrumlinje och 120 meter vertikalt under en glidbana med vinkeln 3°.

Anm.: Vid plan mark innebär detta att mätpunkten är belägen 2 000 meter från banans landningströskel.

5.3 Högsta tillåtna bullernivåer

5.3.1 De högsta tillåtna bullernivåerna varierar med flygplanets högsta tillåtna startvikt enligt nedanstående tabell:

Max tillåten startvikt	Max tillåten ljudnivå, EPNdB		
	Sidlinje	Start	Landning
272 000 kg eller däröver	108	108	108
34 000 kg eller därunder	102	93	102

För startvikter mellan angivna värden varierar den högsta tillåtna bullernivån linjärt med logaritmen av den högsta tillåtna startvikten i enlighet med bild 1. (Ej med här – se fig. 5.3.)

5.4 Mätmetod

5.4.1 Vid bestämning av bullernivåer för jetflygplan skall de flygprocedurer och de mätmetoder tillämpas som anges i ICAO:s Annex 16 »Aircraft Noise». Därvid får även nyttjas den i annexet angivna metoden för utjämning av bullernivåer (trade-off) om ett överskridande görs i någon mätpunkt.

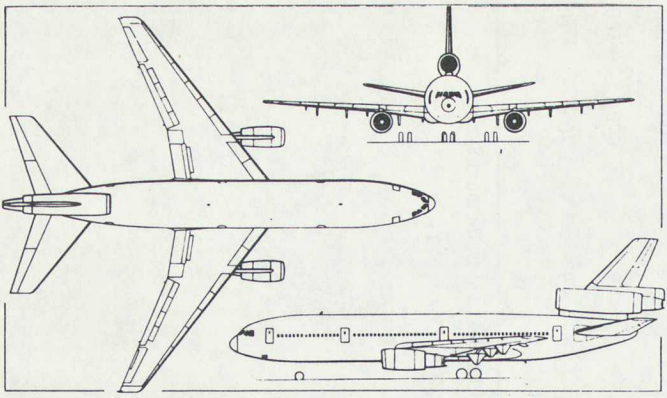
Bilaga D Tekniska data för och illustrationer av olika flygplanstyper i trafik under 1970-talet

Tabell D:1. Tekniska data (ur Jane's All the Worlds Aircraft)

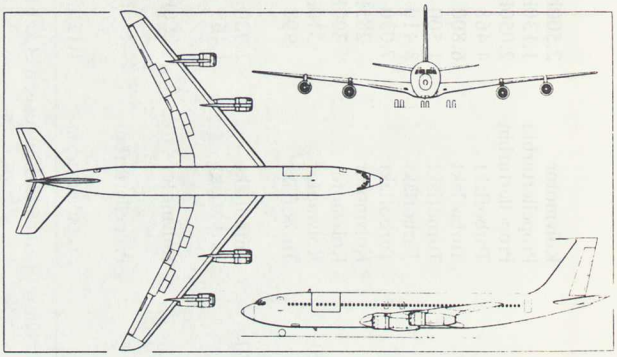
Flygplanstyp	I trafik år	Storlek spänn-vidd m	Max till-låten startvikt ton	Antal motorer och typ motorer	typ	Motordriv-kraft kp	By-pass-förhål-lande	Last antal passagerare	Räckvidd med max last km	Ban-längds-behov* m
1 *Långdistans*										
Douglas DC-8-33	1959	43,4	142,9	4/JT4A	Turbojet	7.620	–	132–169	5 500	3 200
Douglas DC-8-62	1966	45,2	152,0	4/JT3D	Turbofläkt	8.150	1,40	144–189	9 600	3 000
Douglas DC-8-63	1967	45,2	161,0	4/JT3D	Turbofläkt	8.600	1,43	196–269	7 200	3 500
Boeing 707-320B	1960	44,4	152,4	4/JT3D	Turbofläkt	8.600	1,40	189	9 700	3 240
Ilyushin IL-62	1969	43,2	162,0	4/NK8	Turbofläkt	10.500	1,02	114–186	6 650	3 250
Boeing 747B	1970	59,6	351,5	4/JT9D	Turbofläkt	21.300	5,0	350–490	7 200	3 330
Douglas DC-10-30	1972	50,3	251,7	3/GE CF6	Turbofläkt	23.100	4,4	250–345	7 200	3 120
BAC/Sud Concorde	1976	25,6	175,0	4/RR593	Turbojet	17.260	–	128–144	6 400	3 000
Turpolev Tu-144	1976	27,0	180,0	4/NK144	Turbofläkt	20.000	1,2	120–140	6 500	3 000
2 *Medeldistans*										
Sud SE-210 (Caravelle)	1959	34,3	46,0	2/RA29	Turbojet	5.050	–	64– 81	1 700	1 860
Douglas DC-9-41	1968	28,4	51,7	2/JT8D	Turbofläkt	6.800	1,03	99–125	1 900	2 600
Boeing 727-200	1968	32,9	78,0	3/JT8D	Turbofläkt	6.800	1,03	163–189	1 820	2 600
Boeing 737-200	1968	28,4	52,4	2/JT8D	Turbofläkt	6.800	1,03	115–125	1 900	2 700
Hawker Siddeley Tri-dent 2 E	1968	29,9	65,0	3/RB163	Turbofläkt	5.400	0,7	91–149	3 000	2 750
Turpolev Tu-154	1970	37,5	90,0	3/NK8	Turbofläkt	9.500	1,02	128–164	2 500	2 100
Douglas DC-10-10	1972	47,5	186,0	3/GE CF6	Turbofläkt	18.140	6,2	250–345	4 000	2 500
Lockheed L-1011	1972	47,3	185,5	3/RB211	Turbofläkt	18.415	5,0	244–345	5 300	3 000
Airbus A-300B2	1974	44,8	137,0	2/GE CF6	Turbofläkt	23.100	4,4	251–281	1 800	2 000

3 *Kortdistans*										
Convair CV-440 (Metropolitan)	1956	32,1	22,3	2/R2800	Kolvmotor	2.500HP	–	56	480	1 575
Nord 262	1966	21,9	10,6	2/Bastan	Propellerturbin	1.130HP	–	26	1 050	1 240
Fokker F-27	1959	29,0	19,7	2RRDa	Propellerturbin	2.050HP	–	48	1 270	1 750
Fokker F-28	1969	23,6	28,1	2/RB183	Turbofläkt	4.468	1,0	65	1 800	1 520
Douglas DC-9-21	1969	28,4	44,4	2/JT8D	Turbofläkt	6.800	1,03	85	1 700	1 750
Yakovlev YAK-40	1968	25,0	16,0	3/AI-25	Turbofläkt	1.500	2,0	27–32	600	950
VFW-Fokker VFW-614	1975	21,5	18,6	2/M45H	Turbofläkt	3.410	2,85	36–44	650	1 100
Dassault Mercure	1974	30,6	49,5	2/JT8D	Turbofläkt	7.030	1,03	134–155	650	2 060
Beech B-58 (Baron)	1969	11,5	2,4	2/IO-520	Kolvmotor	285HP	–	6	2 000	450
Piper PA-31 (Navajo)	1967	12,4	2,8	2/IO-540	Kolvmotor	300HP	–	6	2 000	650
Cessna 414	1969	12,1	2,9	2/TSIO-520	Kolvmotor	310HP	–	7	2 000	720
Cessna C-500 (Citation)	1971	13,3	4,7	2/JT15D	Turbofläkt	998	3,2	5	2 500	900
Dassault Mystère 20 (Falcon)	1966	16,3	13,0	2/GE CF-70	Turbofläkt	1.930	1,9	10	3 500	1 710
Dassault Falcon 10	1974	13,1	8,3	2/TFE731	Turbofläkt	1.465	2,82	7	3 500	1 190
Britten-Norman BN-2A (Islander)	1967	14,9	2,9	2/0-540	Kolvmotor	260HP	–	9	670	500
De Havilland Canada DHC-6 (Twin Otter)	1966	19,8	5,6	2/PT6A	Propellerturbin	579HP	–	19	1 200	610
De Havilland Canada DHC-7	1977	28,4	18,6	4/PT6A	Propellerturbin	1.120HP	–	48	850	470

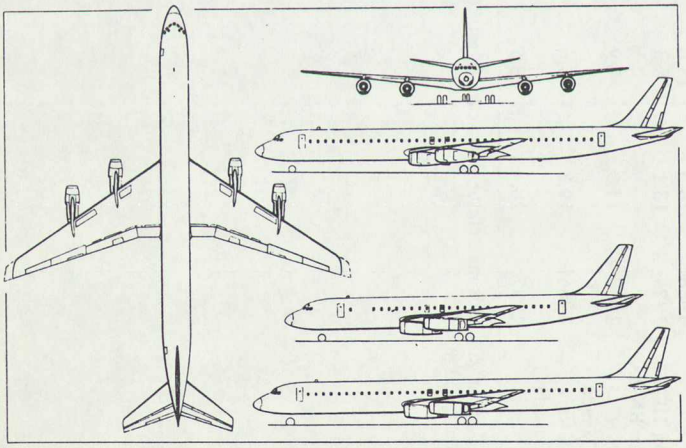
* Angivna banlängder gäller för max-vikter. För korta flygsträckor kan banbehovet reduceras. Som exempel kan anges att DC-9-41 vid trafik inom Sverige kräver endast ca 1 800 m.



DC-10-30

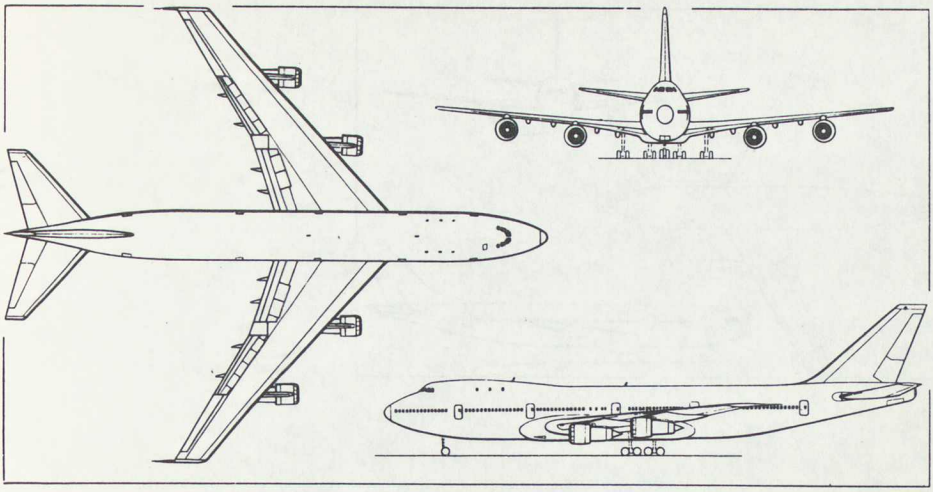


B-707-320

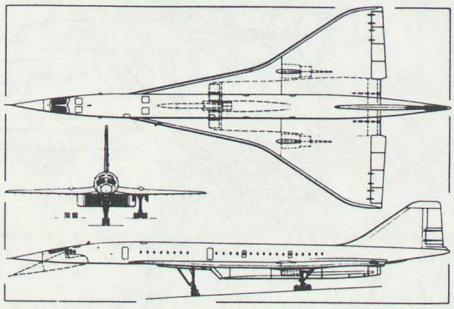


DC-8-62 och -63

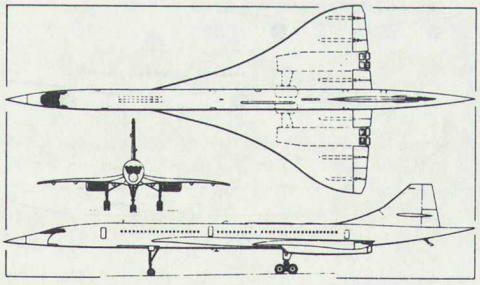
Figur D:1 Långdistansflygplan (skala 1:1 000)



B-747

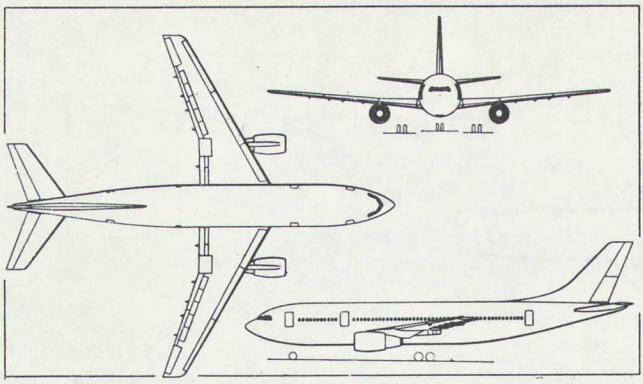


TU-144

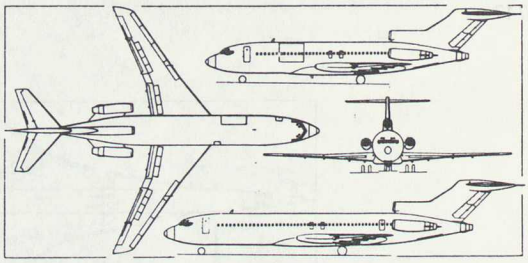


Concorde

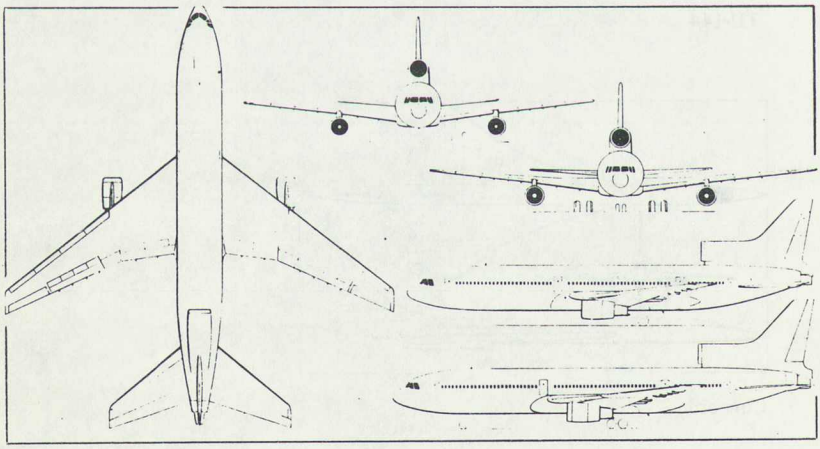
Figur D:2 Långdistansflygplan (skala 1:1 000)



A-300B

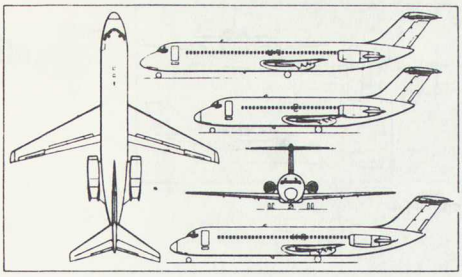


B-727-100 och -200

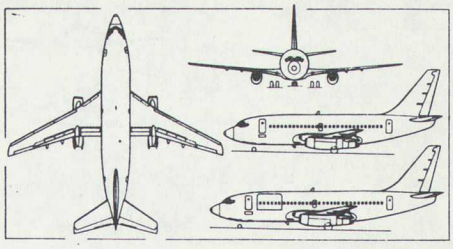


L-1011

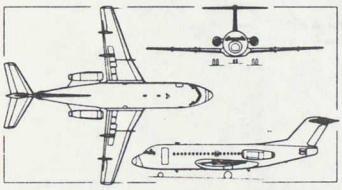
Figur D:3 Medeldistansflygplan (skala 1:1 000)



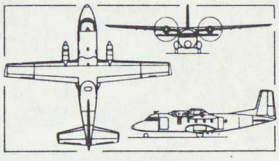
DC-9-20, -30 och -40



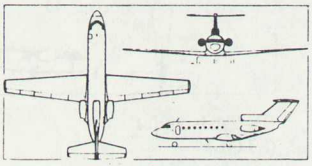
B-737-100 och -200



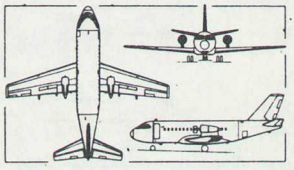
F-28 Fellowship



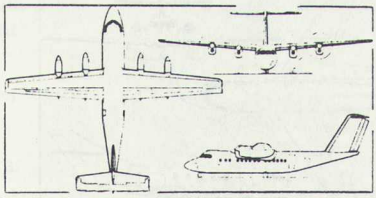
N-262



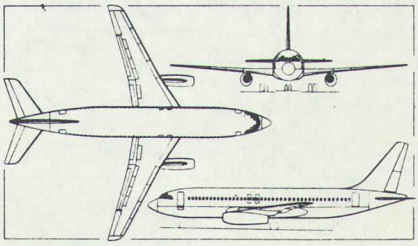
YAK-40



VFW-614

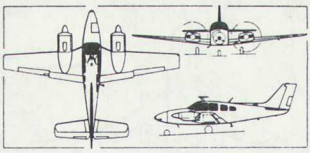


DHC-7 (STOL)

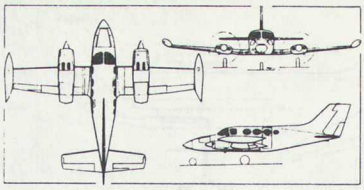


Mercure

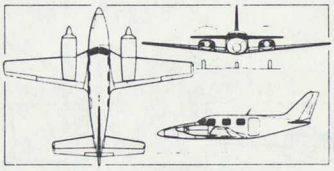
Figur D:4 Kort- och medeldistansflygplan (skala 1:1 000)



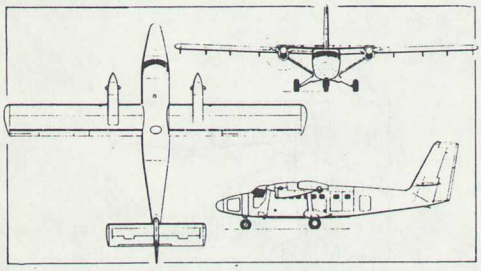
Beech -58



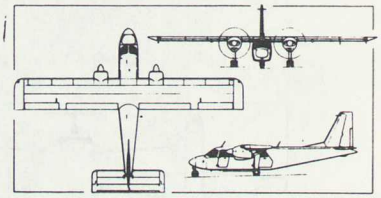
Cessna 414



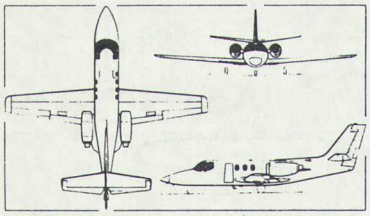
Piper Navajo



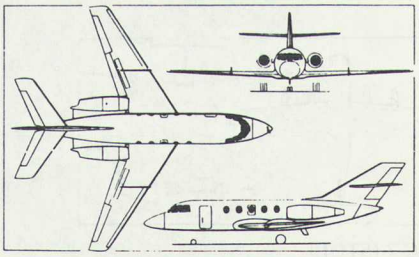
DHC-6 Twin Otter
(STOL)



BN-2A-Islander
(STOL)



Cessna Citation



Fan Jet Falcon

Figur D:5 Allmänflygplan m m (skala 1:500)

Bilaga E Bullerreducerande åtgärder vid start och landning

Åtgärd – syfte/möjlig bullerreduktion	Nackdelar	Anm
1. *Förbud under hela (endast b) eller viss del av dygnet mot* a) all flygtrafik b) användning av vissa start- och/eller landningsriktningar Härigenom undviks att flygbuller förekommer under vissa särskilt känsliga tider eller drabbar vissa särskilt känsliga områden.	1) Flygplatsens kapacitet minskar. 2) Bullerkoncentrationer uppstår i regel i anslutning till förbudstidens början och slut. 3) Vid förbud enligt 1 a) måste försenade flygplan med planerad landningstid strax före förbudstiden omdirigeras. 4) Vid förbud enligt 1 b) kan de från flygoperativ synpunkt bästa start- och landningsriktningarna inte alltid utnyttjas.	Förbud enligt 1 a) innebär som regel större ekonomiskt avbräck än enligt 1b). Vid förbud enligt 1 b) blir nackdel 2) som regel inte så markant.
2. *Inskränkning av tillåten flygfrekvens* Inskränkningen kan vara total eller endast beröra vissa start- och/eller landningsriktningar. Härigenom minskas antalet bullerexponeringar.	1) Flygplatsens kapacitet minskar. 2) Vid inskränkning som endast berör vissa riktningar ökar frekvensen i övriga.	
3. *Förbud mot vissa flygplanstyper* Förbudet kan t ex omfatta jetflygplan, vissa typer av jetflygplan eller flygplan över viss vikt. Härigenom undviks att särskilt höga momentana bullernivåer förekommer.	1) Flygplatsens kapacitet kan minska. 2) Ev kan investering i ny flygplats för förbjudna flygplan erfordras. 3) Ökade kostnader och minskad service för allmänheten p g a att lämpligaste flygplanstyp inte kan användas.	

Åtgärd – syfte/möjlig bullerreduktion	Nackdelar	Anm
4. *Reducering av flygplanens startvikt* Medför att rullsträckan blir kortare samt att brantare stigning eller större motoravdrag efter start kan utföras. Härigenom kan bullret under utflygningen efter start reduceras. Ex på möjlig vinst: Hålls en stiggradient av 4 % efter motoravdrag ger en reducering av startvikten med 10 % en minskning av bullret med ca 4 EPNdB.	Flygplanens nyttiga last eller bränslelast måste reduceras. Det förstnämnda innebär en kapacitetsminskning, det senare att extra mellanlandning för påfyllning av bränsle kan bli nödvändig.	
5. *Val av start- och landningsbana* Möjligheterna att välja den från bullersynpunkt lämpligaste banan – dvs att undvika särskilt bullerkänsliga områden – påverkas bl a av: – vindförhållandena – bankonditionerna – landningshjälpmedlen – terrängförhållandena – kapacitetsförhållandena. Vid nyanläggning av start- och landningsbanor bör vid bestämmandet av riktningen även hänsyn tas till belägenheten av bullerkänsliga områden.	1) För trafikavveckling lämpliga procedurer kan försvåras. 2) Flygväg och körsträcka på marken kan förlängas. 3) Nyanläggning av start- och landningsbanor kan fördyras p g a byggnadstekniska faktorer.	Enligt internationella normer får 1) bullerhänsyn inte medföra att bana med dåliga konditioner (t ex dålig bromsverkan) anbefalls 2) bana med sidvinds- och/eller medvindskomposant överstigande 15 resp 5 knop (i båda fallen innefattande vindbyar) inte anbefallas.
6. *Flyttning av bantröskel* Flygplanets sättpunkt kan förskjutas in på banan varigenom flygplanets höjd över området före banan blir högre. Möjlig bullerreduktion 2 000 m från banans början (reduktionen minskar med avståndet från banan) är vid flyttning av tröskeln 250 m 0,5 EPNdB, vid flyttning 500 m 0,9 och vid flyttning 1 000 m 2,1 EPNdB.	1) Hela banans längd utnyttjas ej. 2) Som regel kan inte samma flyttning utnyttjas för alla flygplanstyper vilket medför krav på flera landningshjälpmedel.	Enligt internationella normer får inte bantröskeln flyttas längre in än att resterande bana är tillräcklig för att medge fullt säker landning under alla förekommande förhållanden.

Åtgärd – syfte/möjlig bullerreduktion	Nackdelar	Anm
7. *Motoravdrag efter start* Motoravdraget utförs som regel efter en första brant stigning och i samband med att stigvinkeln minskas. Avdraget resulterar å ena sidan i att flygplanets bulleremission minskar men å den andra i ökad stigtid. Genom motoravdrag kan bullernivån i ett bullerkänsligt område reduceras, under förutsättning att avdragspunkten bestämts med hänsyn till belägenheten av detta område. Nedan visas exempel på reduceringens storlek i EPNdB vid motoravdrag som motsvarar 4 % stiggradient.	1) Genom att såväl bullermattans längd som bullrets varaktighet ökar får stora områden högre buller. 2) Innebär avsteg från normalförfarandet.	Enligt internationella normer bör 1) motoravdrag inte anbefallas samtidigt med att sväng påbörjas 2) motoravdrag inte anbefallas under 210 m alternativt 300 m *Anm* En höjning till 450 m övervägs. 3) motoravdrag ej vara större än att 4 % stigning erhålls (dvs en stighastighet av ca 2,5 m/sek) och att hastigheten hålls vid för flygplanstypen normal banfart i stigning direkt efter start 4) motoravdrag ej heller vara större än att betryggande hinderfrihet erhålls i stigningen.

Antal motorer	Ren jetmotor	Fläktmotor	
		Bypassförh 2:1	Bypassförh 5:1
2	6–9	5–6,5	3,5–5
4	1,5–6	2–3	1,5–3

8. *Brant stigning efter start* För att reducera bullermattans längd kan brant stigning efter start tillämpas. Moderna konventionella transportflygplan stiger normalt brant upp till ca 300 m höjd. Högre höjd kan dock anbefallas.	1) Bullernivån i flygplatsens närhet blir högre i de fall större motoreffekt erfordras. 2) Kan innebära krav på reducerad last.	Enligt internationella normer bör max stigvinkel inte överstiga 15° och farten skall kunna hållas vid min V_2 + 20 km/h.
9. *Vingklaffutslag under start* Stigningens utseende kan varieras med hjälp av vingklaffarna. Normalt innebär stort klaffutslag kort rullsträcka och därmed högre höjd i flygplatsens omedelbara närhet (ut till ca 4 km från flygplatsens mitt), medelutslag lägre höjd i flygplatsens närhet men högre	Ett klaffutslag som avviker från det normala kan innebära ökade risker, främst vid start med max startvikt.	Enligt internationella normer bör klaffutslag som avviker från det normala anbefallas endast i undantagsfall.

Åtgärd – syfte/möjlig bullerreduktion	Nackdelar	Anm
inom området 4 – ca 8 km från flygplatsen och ett litet utslag (det normala) lägre höjd ut till ca 8 km men därefter högre. Ett stort klaffutslag kan sänka de momentana bullernivåerna i särskilt känsliga områden, dock högst 1–2 EPNdB.		
10. *Sväng efter start* Efter start kan sväng utföras för att undvika särskilt bullerkänsliga områden eller för att – genom att flygplanen beordras svänga olika mycket och/eller åt olika håll – sprida bullret. Svängradien är beroende av flygplanstypen (farten).	1) För trafikavveckling lämpliga procedurer kan försvåras. 2) Åtgärden kan kräva utökat antal navigeringshjälpmedel.	Enligt internationella normer bör 1) sväng inte anbefallas förrän flyghöjden är 150 m och den kan bibehållas med tillräcklig fartmarginal, 2) bankningsvinkeln under svängen inte överstiga 15°. *Anm 1* Under i övrigt gynnsamma förhållanden kan dock en bankningsvinkel av max 30° tillåtas. *Anm 2* Bankningsvinkel 15° innebär vid här aktuella farter en svängradie av ca 4,5 km och 30° bankningsvinkel en radie av ca 2,5 km.
11. *Sväng före landning* Före inflygning till landning kan sväng utföras för att undvika särskilt bullerkänsliga områden eller för att – genom att flygplanen beordras flyga in från olika håll – sprida bullret.	Samma som vid åtgärd 10.	1) För att inte belasta besättningen orimligt före landning tillämpas f n min 10 km rakbana före landning. Framtida landningshjälpmedel kan dock medföra att inflygningslinjen blir krökt. 2) Sväng kan utföras med maximalt 30° bankning, vilket innebär en svängradie av ca 2,5 km.
12. *Ändring av planébana före landning* 1) Planébanan görs brantare varigenom bullermattans längd reduceras. Brant planébana kan dock normalt användas endast av lätta allmänflygplan och/eller av flygplan med STOL-egenskaper.	1) Landningen försvåras. 2) Före landning måste flygplanet tas upp på högre höjd, vilket kan innebära krav på högre landningsminimum. 3) Särskilda landningshjälpmedel erfordras.	Enligt internationella normer bör planébanans lutning icke överstiga 3°.

Åtgärd – syfte/möjlig bullerreduktion	Nackdelar	Anm
2) Anslutning till planébanan sker på högre höjd samtidigt som landningsställ och klaff inte fälls ut förrän på ca 450 m höjd. Härigenom reduceras bullret i området utanför 8–10 km från bantröskeln.	För trafikavveckling lämpliga procedurer kan försvåras.	Förordas av IATA som standardförfarande vid bullerreducerande landning.
3) Anslutning till planébanan sker ovanifrån genom plané från 1 000–1 500 m höjd med en planévinkel av 4°–7°. Härigenom reduceras bullret i området utanför 5–6 km från bantröskeln.	Kostnadskrävande kompletteringar av landningshjälpmedlen erfordras. För trafikavveckling lämpliga procedurer kan försvåras.	Tillämpas bl a vid Los Angeles internationella flygplats.
13. *Anbefallande av minimihöjd* För att reducera bullernivån i ett känsligt område kan viss minimihöjd anbefallas. Detta kan innebära att brant stigning måste utföras före passage av området och att anflygningen mot glidbanan före landning inte får ske under viss höjd.	1) För trafikavveckling lämpliga procedurer kan försvåras. 2) Start- och/eller landningsproceduren kan försvåras.	
14. *Restriktioner för reversering* Reversering innebär att motordragkraften i samband med motorpådrag omlänkas framåt under utrullningen efter landning. Motorpådraget ger en plötslig och kraftig ökning av bullernivån. Genom restriktioner för reversering reduceras bullernivån särskilt vid sidan av aktuell landningsbana.	Restriktioner för reversering kan innebära avsevärt förlängd utrullningssträcka.	Enligt internationella normer får 1) tomgångsreversering aldrig förbjudas, 2) reversering inte förbjudas om bankonditionerna (t ex halka) kan misstänkas medföra svårigheter att i tid stoppa flygplanet. *Anm 1* Tomgångsreversering innebär hög beredskap för full reversering. *Anm 2* Reverseringen är effektivast vid hög fart, dvs i början av utrullningen.

Bilaga F Beräkning av flygbullernivå runt en flygplats

Av *Sten Wahlström*

1 *Måttstorhet för buller*

För att fysikaliskt ange styrkan hos buller eftersträvar man internationellt att i första hand använda storheten *ljudnivå* med enheten dBA. Många andra sätt har prövats under årens lopp men man har funnit att ljudnivån i dBA förenar enkelhet vid mätningen med noggrannhet vid bedömningen av bullerstörningen. För en ljudnivå som varierar i tiden har vidare *ekvivalentnivån,* grundad på ljudnivån, funnits bäst svara mot störningsupplevelsen av bullret.

För ljud som pågår under dygnets alla timmar har det i vissa fall befunnits lämpligt att göra en viss uppräkning av det fysikaliska bullermåttet under kvällstid och nattetid.

På dessa fakta bygger den metod för beräkning av *flygbullernivå, FBN,* härrörande från flygtrafiken på och intill en flygplats, som presenteras i det följande. Metoden gör det möjligt att med kännedom om bulleravgivningen från de i flygtrafiken ingående flygplanstyperna, deras rörelser och flygvägar och fördelning på dygnets timmar beräkna ett fysikaliskt mått på flygbullret.

Kurvor sammanbindande punkter med samma flygbullernivå kan användas för att illustrera bullersituationen kring en flygplats.

2 *Beskrivning av buller från flygplan*

Då ett flygplan passerar en punkt på markytan kommer det buller som registreras i punkten att variera i styrka. Om bullrets fysikaliska styrka anges med *ljudnivån,* L_A, i enheten dBA, kan förloppet grafiskt återges enligt fig 1. Figurerna är samlade i slutet av bilagan.

Från en bakgrundsnivå på platsen, bestämd av andra bullerstörningar, t ex vägtrafik, ökar ljudnivån till ett värde, *högsta ljudnivå,* L_{Ah}, för att därefter åter avta ned till bakgrundsnivån. Av betydelse för störningsupplevelsen av bullret är icke blott högsta ljudnivå utan även den tid bullerstörningen varar. Ett sätt att ange denna tid är att mäta hur länge bullret överstiger bakgrundsnivån.

Därmed kommer emellertid tiden att bli beroende av den bakgrundsnivå som för tillfället rådet på mätstället. Ett annat mera reproducerbart sätt är att ange hur lång tid bullret överskrider högsta ljudnivån minus

10 dB, dvs $L_{Ah}-10$. Denna tid benämnes *varaktigheten* och betecknas T. Varaktigheten blir därmed oberoende av bakgrundsnivån på platsen i fråga.

Den konstanta ljudnivå som under tiden T ger samma ljudenergi, samma bullerdos, som förloppet enligt fig 1, kallas den *ekvivalenta ljudnivån för tiden T* och betecknas L_{AqT}. Den kan uttryckas som [1]

$$L_{AqT} = L_{Ah} - 3{,}6 \text{ dBA} \qquad (1)$$

om förloppet antas beskrivet av en triangel med höjden L_{Ah} och basen T. Detta villkor har visats uppfyllas med god noggrannhet av de allra flesta praktiska fall.

L_{AqT} och T beskriver alltså den bullerdos som flygplanshändelsen åstadkommer. Dosen är då fördelad på tiden T men kan naturligtvis fördelas på godtycklig tidslängd. Om den fördelas på tiden 1 timme, 1 h, erhålles

$$L_{Aq1h} = L_{AqT} - 10 \lg \frac{3600}{T} \text{ dBA} \qquad (2)$$

Fig 2 och 3 visar schematiskt hur denna omräkning utföres. Observera betydelsen 1h = 1 timme till skillnad från den i (1) använda betydelsen "högsta".

3 *Beräkning av den till en timme normaliserade ekvivalentnivån för en flygplanshändelse*

Bestämning av L_{Aq1h} kan ske med varierande kombinationer av mätningar och beräkningar, i huvudsak enligt följande tre alternativ:

alt. 1) Mätningar kan utföras för att exakt bestämma utseendet av bullerförloppet. Är förloppet triangelformat erhålles L_{Aq1h} ur (1) och (2). Avviker formen från triangelform kan exakt värde erhållas genom integrering enligt definitionen på ekvivalent ljudnivå.

alt. 2) De bullermattor som hittills använts, t ex vid beräkning av *kritisk flygbullergräns* [2], visar högsta ljudnivå på marken runt en flygplanshändelse. Vad som saknas för beräkning av bullerdosen är varaktigheten, T. Denna bestäms främst av flygplanets hastighet. Genom kombination av teoretiskt härledda och empiriskt funna värden har det varit möjligt att ställa upp ett samband för beräkning av T för olika avstånd till flygplanets väg. Metoden beskrives i avsnitt 6. Genom kombination av bullermattorna och dessa beräkningar av T kan bullerdosen beräknas.

alt. 3) Med kännedom om flygplanets bulleralstring och flygprocedurer kan slutligen bullerdosen beräknas helt teoretiskt.

Det första alternativet medför ett omfattande mätarbete. Det andra alternativet innebär ett omfattande räknearbete men kan utföras utan särskilda räknehjälpmedel medan det tredje är så omfattande att det måste utföras med dator. De största räknesvårigheterna erbjuder därvid flygplansrörelser i krökta banor. Flygbuller från krökta banor som berör

flygbullerberäkningar förekommer vid större flygplatser.

Som namn på de kurvskaror som anger ekvivalentnivåerna normerade till 1 h för en given flygplanshändelse föreslås *dosbullermattor* för att skilja dem från de tidigare använda bullermattorna, som visar högsta ljudnivå vid flygplanspassage.

Exempel på en dosbullermatta, bestämd enligt alternativ 2, visas i fig 4.

4 *Bestämning av bidraget till flygbullernivå från en upprepad flygplanshändelse*

En given flygplanshändelse, start eller landning, förutsättes upprepad flera gånger per dag, kväll och natt. Därvid kan följande indelning av dygnet antas gälla:

dag:	kl 07–19
kväll:	kl 19–22
natt:	kl 22–07

Antalet händelser av samma slag under dessa tider kallas n_D, n_K resp n_N. Händelserna stör i olika hög grad beroende på under vilken tidpunkt på dygnet de inträffar. Det har ansetts att *en* händelse på kvällen från störningssynpunkt motsvarar *tre* händelser som inträffar på dagen och att *en* händelse på natten motsvarar *tio* händelser på dagen. Detta kan också uttryckas så att bullret från en händelse på kvällen bedöms 5 dB strängare och bullret från en händelse på natten 10 dB strängare än om händelsen skulle ha inträffat på dagen.

Summeras doserna från antalet händelser av samma slag under ett helt dygn, 24 h, erhålles bidraget från denna typ av händelse som

$$L_{Aqi} = L_{Aq1h} + 10 \lg \frac{n_D + 3\,n_K + 10\,n_N}{24} \text{ dBA} \qquad (3)$$

där n_D, n_K och n_N är medelvärden per dygn. Det är här lämpligt att definiera antal *dygnshändelser* som

$$n_{DKN} = n_D + 3\,n_K + 10\,n_N \qquad (4)$$

Därmed kan alltså dosbullerbattorna korrigeras med hänsyn till dygnstrafiken och på så sätt kan vid en given flygplats bidraget från en aktuell flygplanshändelse erhållas.

I samband med kritisk bullergräns användes begreppet *störningsekvivalent dagfrekvens för år,* SED. För SED tillämpades samma uppräkning för kvälls- och nattrafik men med andra tidsgränser för dygnets delar:

dag:	kl 07–18
kväll:	kl 18–23
natt:	kl 23–07

Om emellertid skillnaden i trafik med de olika tidsindelningarna är liten, mindre än 10 %, kan, med bibehållen noggrannhet hos slutresul-

tatet, skrivas

$$n_{DKN} = \frac{SED}{365} \qquad (5)$$

Vid bestämning av L_{Aqi} kan man alltså vid sådana fall utgå från SED varvid

$$L_{Aqi} = L_{Aq1h} + 10 \lg \frac{SED}{365 \cdot 24} \text{ dBA} \qquad (6)$$

Dygnsfördelningens inverkan på L_{Aqi} framgår av nomogrammet, fig 5. Av figuren framgår att en dygnsfördelning med 65 % dag-, 25 % kvälls- och 10 % nattrafik ger en flygbullernivå som med 3,8 dB överstiger den som skulle ha erhållits med all trafik förlagd till dagtid. Det högsta tillägg som kan uppnås, 10 dB, erhålles med all trafik förlagd till natt.

Vid normal trafikfördelning rör sig kvällens inverkan om ca 2 dB.

5 *Summering av bidrag från olika flygplanshändelser*

Flygtrafiken vid en flygplats är vanligen sammansatt av flygplanshändelser, i st olika, från flera flygplanstyper, j st olika.

För att erhålla flygbullernivån, FBN, skall bidragen summeras enligt

$$FBN = 10 \lg \sum_i \sum_j 10^{\frac{L_{Aqij}}{10}} \text{ dBA} \qquad (7)$$

6 *Beräkning av varaktighet enligt schablonmetod*

Om uppgifter genom mätningar ej föreligger för varaktigheten T vid resp flygplanshändelse tillämpas en schablonmässig beräkning av varaktigheten enligt följande.

Varaktigheten vid avståndet x_0 vinkelrätt från flygbanan och flyghastigheten v_0 sättes till T_0.

På det godtyckliga avståndet x vinkelrätt från flygbanan erhålles varaktigheten T vid hastigheten v enligt

$$T = T_0 \cdot \frac{v_0}{v} \cdot b^{\left(\frac{\lg x/x_0}{\lg 2}\right)} \qquad (8)$$

Vid sfärisk ljudutbredning från en punktformig ljudkälla och utan tillsatsdämpning hos luften är b = 2. I verkligheten blir dock b<2. Tabell 1 visar empiriskt funna värden på b liksom uppgifter på konstanterna v_0 och T_0 att användas vid en schablonmässig beräkning.

Värdena avser i första hand civila jettrafikflygplan. För det militära flygplan 37 Viggen kan de med acceptabel noggrannhet användas med konstanten b = 1,4 för start och b = 1,4 för landning.

De i tabell 1 angivna värdena är hämtade ur en amerikansk skrift [3]

Tabell 1 Värden på konstanter i ekv (8)

Konstant	Vid start	Vid landning	Enhet
b	1,7	1,6	–
x_0	100	100	m
v_0	70	60	m/s
T_0	5	4,5	s

och justerade med empiriska svenska data.

Sambandet (8) åskådliggöres i diagram, fig 6 och 7, för start resp landning. Där kan också avläsas korrektionen

$$k = 3{,}6 + 10 \lg \frac{3600}{T} \text{ dB} \qquad (9)$$

vilket är det värde som skall dras ifrån de värden på högsta ljudnivå, L_{Ah}, som t ex erhålles ur bullermattorna.

$$L_{Aq1h} = L_{Ah} - k \qquad (10)$$

7 *Beräkning av dosbullermatta för krökt flygbana*

Inflygning för landning på en flygplats sker vanligen på en rak bana inom det område som berörs av flygbuller. Vid start är det emellertid vanligt att flygplanet följer krökta banor för att ansluta till luftleder eller för att undvika bullerstörningar över särskilt känsliga områden.

Då flygplanet följer en krökt bana kommer, till skillnad från högsta ljudnivå, dosbullermattan ej att vara symmetrisk kring flygvägen. Enklast inses detta om man studerar förhållandena i banans krökningscentrum. Avståndet till flygplanet är där konstant så länge flygplanet rör sig på samma cirkelbana och på samma höjd. Följaktligen kommer L_{Ah} att vara konstant under den tid planet rör sig i denna bana. Bullerförloppet kommer ej längre att beskrivas av en triangel. Förhållandena belyses av ett exempel.

Fig 8 visar banan för ett startande flygplan, Fokker F 28, som utför en sväng efter starten. Från kurvorna över högsta ljudnivåer, bullermattorna, erhålles de olika ljudnivåerna, L_{Ah}, vid olika tidpunkter efter start i punkterna A D enligt fig 9.

I närheten av flygvägens krökningscentrum erhålles störst ökning av bullrets varaktighet i jämförelse med start i rak bana. Närmare flygvägen och utanför detta centrum ansluter sig förloppet alltmer till den sedvanliga triangelformen. Förloppet följer naturligtvis ej exakt de räta linjerna men figurerna belyser schematiskt vad som sker. De ur figurerna beräknade bullerdoserna är angivna vid resp figur.

Den symmetriskt böjda dosbullermattan måste följaktligen korrigeras med ledning av dessa beräkningar. Fig 10 visar en sådan korrigerad dosbullermatta för en sväng på 90°. Med ökande vinkel ökar också den bullerdos som matas in i innerkurvan medan ytterkurvans bidrag minskar.

Den symmetriskt krökta dosbullermattan är antydd med streckade

kurvor i figuren.

Med viss vana kan man uppnå tillfredsställande noggrannhet även vid en approximativ bedömning av svängarnas inverkan på dosbullermattan.

8 *Exempel på beräkning av flygbullernivå runt en flygplats*

8.1 Förutsättningar

Beräkningarna i det följande grundar sig på uppgifter rörande förhållandena vid Umeå flygplats och tidpunkten avser år 1985.

Två flygplanstyper är aktuella på flygplatsen, Fokker F 28 och Douglas DC 9–41. Som exempel på de tidigare använda bullermattorna visas sådana för dessa flygplanstyper, gällande för start och med angiven stigprofil, fig 11, 12 och 13. För F 28 redovisas två olika mattor, den ena ett normalförfarande, den andra en särskild bullerreducerande procedur, NAP, noise abatement procedure, procedur 2. En liknande procedur är inbyggd i normalförfarandet för DC 9 och tillämpas alltså vid alla starter med denna plantyp medan den för F 28 tillämpas endast i särskilt bullerkänsliga startriktningar.

De med ledning av dessa bullermattor och stigprofiler beräknade dosbullermattorna visas i fig 14, 15 och 16. Därvid har också de enligt avsnitt 6 beräknade värdena på varaktigheten kommit till användning.

De vägar flygplanen följer vid starter och landningar framgår av fig 17. Olika plantyper har också olika radier vid svängarna. I detta fall följer alla starter krökta banor medan landningarna alltid sker efter raka banor inom det område som berörs av flygbullerberäkningar.

Alla flygvägarna har fått bokstavbeteckningar, A–M.

Antalet starter och landningar per år till och från olika platser framgår av tabell 2. De på grundval av dessa uppgifter och tidpunkter beräknade dygnshändelserna, n_{DKN}, anges i tabell 3, varvid använts approximationen enligt (5).

Banfördelningen, tabell 4, anger i vilken omfattning de två banriktningarna utnyttjas. Detta bestämmes huvudsakligen av vindförhållandena på platsen. Bana 14 innebär därvid att start och landing sker i riktning

Tabell 2 Antal starter och landningar per år med angivna destinationer och med hänsyn till dygnsfördelning, Umeå flygplats 1985.

Tid, kl	Fpltyp	Destination		
		Skellefteå	Sundsvall	Stockholm
07–19	F 28	1200	800	2500
	DC 9	100	–	100
19–22	F 28	750	500	1350
	DC 9	40	–	40
22–07	F 28	175	–	375

Tabell 3 Beräknad SED för olika destinationer, Umeå flygplats 1985.

Flptyp	Starter			Landningar, samtliga
	Skellefteå	Sundsvall	Stockholm	
F 28	5200	2300	10350	17850
DC 9	230	–	230	460

Tabell 4 Banfördelning.

Rörelse	Bana nr	
	14	32
Start	65 %	35 %
Landning	55 %	45 %

Tabell 5 Trafikmönster vid Umeå flygplats 1985

Flygväg	Flp-typ	Rörelse	Bana	Bananv. %	Anm.	SED	$10 \lg \frac{SED}{365 \cdot 24}$ dB
A	F 28	landn	32	45		8033	– 0,4
A	DC 9	landn.	32	45		207	– 16,3
B	DC 9	start	14	65		150	– 17,7
C	F 28	start	14	65		6728	– 1,2
D	F 28	start	14	65		1495	– 7,7
E	F 28	start	32	35	Proc. 2	3623	– 3,8
F	DC 9	start	32	35		81	– 20,3
G	F 28	start	32	35	Proc. 2	805	– 10,4
H	F 28	landn.	14	55		9818	+ 0,5
H	DC 9	landn.	14	55		253	– 15,4
J	DC 9	start	32	35		81	– 20,3
K	F 28	start	32	35	Proc. 2	1820	– 6,8
L	F 28	start	14	65		3380	– 4,1
M	DC 9	start	14	65		150	– 17,7

140° och bana 32 motsvarande i 320°. Detta är ett internationellt sätt att ange banorna på en flygplats.

En sammanställning av dessa uppgifter för olika flygplanshändelser, flygplanstyper, flygvägar m m, återfinns i tabell 5.

8.2 Summering av bidrag från olika flygplanshändelser

Enklast utförs denna summering för en flygväg i taget. Först uppritas på ett genomskinligt papper de olika flygplanshändelsernas dosbullermattor, varvid särskilt beaktas de approximationer som måste göras för krökta flygbanor.

Här visas som exempel bidragen från de på bana 14 startande

flygplanen F 28, flygväg C och D, fig 18.

På dosbullermattorna har införts de korrektioner som erhållits ur tabell 5, rad 4 och 5. Dessa dosbullermattor skall nu läggas samman enligt (7) och de linjer som sammanbinder FBN 55, 60 resp 65 dBA uppritas. Detta måste utföras genom passning.

På samma sätt beräknas de övriga flygvägarnas flygbullernivåer, varefter slutligen de olika flygvägarnas bidrag adderas. Vid denna addition får man en klar bild över vilka flygplanstyper som kommer att bestämma de slutliga konturerna. Vid Umeå finner man att FBN i dominerande utsträckning bestäms av bullret från F 28, vilket också direkt framgår av korrektionerna i tabell 5 för DC 9-41. Rörelsernas antal med den senare typen är endast 3,7 % av den totala trafiken.

Resultatet av beräkningarna för Umeå flygplats år 1985 visas i fig 19.

8.3 Databehandling av beräkningarna

Att för hand räkna fram flygbullernivåer runt en flygplats är ett tämligen omfattande arbete. Många av räkneoperationerna lämpar sig att utföra med dator. För Umeå har en sådan beräkning utförts av Flygtekniska försöksanstalten [4] på basis av samma material som i föreliggande exempel.

Kurvorna för FBN = 55 dBA, beräknade enligt avsnitt 8 och enligt datorprogram, visar god överensstämmelse, fig 20. Skillnaderna motsvarar ljudnivåskillnader mindre än 2 dB. Det framgår vidare att de besvärliga krökarna endast i ringa grad har påverkat slutresultaten.

Det har alltså visats möjligt att på ett stegvis uppbyggt system beräkna storheten flygbullernivå, FBN, med stöd av idag kända data för flygbullret kombinerade med schablonmässigt bestämda värden på varaktigheten.

8.4 Spridning av flygriktningarna

För noggranna beräkningar kan det vara nödvändigt att ta hänsyn till att flygplanen ej exakt följer de angivna flygvägarna. Spridningen anges som en vinkel från flygbanan där vinkelns spets är belägen i en punkt på ett visst avstånd från startbanans begynnelse. Spridningsvinkeln gäller upp till en viss maximal spridning i sidled som begränsas av att flygplanet sedan har att hålla sig inom en bestämd luftled.

Vid landning anges spridningen från ett visst avstånd till bantröskeln.

Inom spridningsområdet är trafiken normalfördelad med tyngdpunkten på flygvägen.

Vid landning anges spridningen från ett visst avstånd till bantröskeln.

Inom spridningsområdet är trafiken normalfördelad med tyngdpunkten på flygvägen.

Spridningen påverkar i första hand flygbullernivåer i utflygningsriktningar på längre avstånd från flygplatsen, dvs låga nivåer och flygbullernivåer vid flygplatser som trafikeras av flygplan med långsträckta bullermattor.

Datorberäkningar av spridningens inverkan medför inga svårigheter

medan det vid handräkningar krävs vissa förenklingar. Man kan t ex fördela rörelserna på några få riktningar som ger samma resultat som en statistiskt slumpartad fördelning.

8.5 Jämförelse mellan kritisk bullergräns och flygbullernivå

Det kan vara av intresse att konstatera att kurvorna för FBN = 55 dBA och kritisk bullergräns i stort överensstämmer. Gjorda uträkningar visar att vid större flygplatser ligger FBN = 55 dBA utanför kritisk bullergräns medan motsatsen gäller för flygplatser med mindre eller lättare trafik. Vidare motsvarar en förändring på 10 dB i FBN en ändring av 15 dB i kritisk bullergräns. FBN = 65 dBA motsvarar alltså ungefär kritisk bullergräns +15 dBA. I synnerhet i flygplatsers närhet blir dock terrängens inverkan större på flygbullernivån än på kritiska bullergränsen varför noggranna beräkningar kräver att hänsyn tas till denna faktor.

9 *Framtida kompletteringar av flygbullerdata*

Efterhand som ytterligare mätresultat tas fram för olika flygplanshändelser bör dessa resultat användas för att förbättra precisionen i den angivna metoden för att beräkna varaktigheten. Detta leder till att dosbullermattorna får större noggrannhet. Speciellt i området bakom flygplanet vid start råder osäkerhet om dosbullermattornas exakta utseende.

Flygbullerdata för aktuella flygplanstyper bör hållas aktuella och tillgängliga, vad gäller civila flygplan av luftfartsverket och vad gäller militära av flygvapnet, så att samma underlag kommer till användning vid de bullerberäkningar som utföres.

10 *Metoder för kontroll av flygbullernivå*

Det kan, t ex sedan en flygplats färdigställts, bli aktuellt att på lämpligt sätt kontrollera utförda beräkningar av flygbullernivån. Den beräkningsmetod som här beskrivs bygger på såväl bullerdata från flygplanen som data rörande trafiken. En första kontroll bör alltså avse om de givna förutsättningarna för trafiksammansättning, tidtabeller osv följes. Därnäst bör flygbullret direkt undersökas med mätningar. För att beräkna bullerdosen måste såväl högsta ljudnivå som varaktighet bestämmas. Detta kan ske med någon form av registrerade instrument, t ex en nivåskrivare. Vid mer omfattande undersökningar kan en till det mätande instrumentet kopplad dator avsevärt underlätta beräkningsarbetet. Med en sådan kan lätt programmeras beräkningar för bestämning av ekvivalentnivån från den enstaka flygplanshändelsen. Ett stort mätmaterial kan snabbt behandlas.

Utrustningen bör vara lätt flyttbar och därmed tillåta insamling av mätvärden från många ställen runt en flygplats. Alternativt kan en dator anslutas till ett flertal mätstationer. Därmed kan flygbullernivån samtidigt och fortlöpande bestämmas i flera punkter. De mätinstrument som användes skall ha egenskaper i överensstämmelse med gällande interna-

tionell standard [5].

Meteorologiska data från mättillfällena bör samtidigt registreras på lämpligt sätt.

11 *Förteckning över definitioner och terminologi*

Nr.	Storhets-beteckning	Storhet	Enhets-beteckning
11.1	L_A	Ljudnivå, ögonblicksvärde av ljudnivå	dBA
11.2	L_{Ah}	Högsta ljudnivå vid en flygplans-händelse	dBA
11.3	$\overline{L_{Ah}}$	Genomsnittlig högsta ljudnivå, medelvärde för en viss upprepad flygplanshändelse med en flyg-planstyp	dBA
		$\overline{L_{Ah}} = 10 \lg \frac{1}{i} \sum_i 10^{\frac{L_{Ahi}}{10}}$	
11.4	L_{Aq}	Ekvivalent ljudnivå, ekvivalentnivå, allmän symbol, enligt definitionen	dBA
		$L_{Aq} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt$	
11.5	T	Varaktighet för flygplanshändelse, varaktighet för buller som över-skrider högsta ljudnivå minus 10 dB, dvs $L_{Ah}-10$ dB.	s
11.6	L_{AqT}	Ekvivalentnivå för flygplanshändelse med varaktigheten T	dBA
11.7	L_{Aq1h}	Ekvivalentnivå för flygplanshändelse normerad till tiden 1 timme, 1 h	dBA
11.8	k	Korrektion, allmän symbol	dB
11.9	n_P	Antal flygplanshändelse under angiven tidsperiod per dygn Period Tid D dag kl 07–19 K kväll kl 19–22 N natt kl 22–07	
11.10	n_{DKN}	Antal dygnshändelser, $n_{DKN} = n_D + 3\, n_K + 10\, n_N$	
11.11	L_{Aqi}	Ekvivalentnivå från den i:te typen av flygplanshändelse per dygn	dBA
		$L_{Aqi} = L_{Aq1h} + 10 \lg \frac{n_{DKN}}{24}$	

11.12 FBN Flygbullernivå dBA

$$FBN = 10 \lg \sum_{i} \sum_{j} 10^{\frac{L_{Aqij}}{10}}$$

i antal typer av flygplanshändelser
j antal flygplanstyper

11.13 SED Störningsekvivalent dagfrekvens, definierad i 1956 års flygbullerutredning: antal dagstarter + 3 x antal kvällsstarter + 10 x antal nattstarter.
Avser värden per år.
Tidsindelning:
Dag kl 07–18, kväll kl 18–23, natt kl 23–07.

Anmärkning:
I denna bilaga har som beteckning för enheten decibel -A konsekvent använts skrivsättet dBA vilket föreslås ersätta det tidigare gängse dB(A).

12 *Litteratur*

1. Stockholms miljö- och hälsovårdsförvaltning, rapport 4:1974. Flygbuller runt Bromma flygplats. I.
2. Statens offentliga utredningar 1961:25. Flygbuller som samhällsproblem.
3. D.E. Bishop and R.D. Horonjeff 1967. Procedures for developing noise exposure forecast areas for aircraft flight operations. Technical Report DS-67-10. Contract No. FA67WA-1705. Dep. of transportation, federal aviation adm. Aircraft Development Service, Washington, D.C. 20590, U.S.A.
4. Flygtekniska försöksanstalten 1975. Rapport HU-1758. Beräkning av bullergränser vid Umeå flygplats år 1985.
5. IEC Publication 179, 1965. Precision sound level meters.

13 *English summary*

Calculation of the flight noise level around an aerodrome

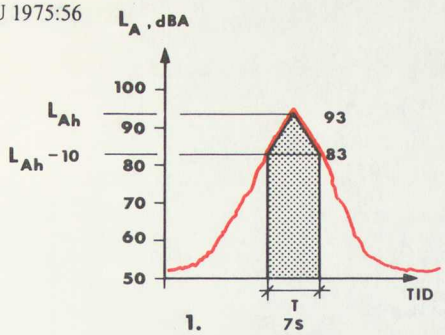
This report describes the different steps to be taken at the calculation of the new quantity, the Flight Noise Level, FBN, which shows the noise situation around an aerodrome. The method will be proposed by the Swedish Traffic Noise Committee.

Necessary for the calculation are the noise footprints of the different aeroplanes, the flight paths and movements and the duration of the noise, defined as the level, 10 dB below the highest level. The combination gives noise dose footprints that, together with facts related to the traffic, can give FBN.

As an example the method is applied to the aerodrome of Umeå.

A complete translation of the entire text is separately obtainable.

Text of figures and tables:

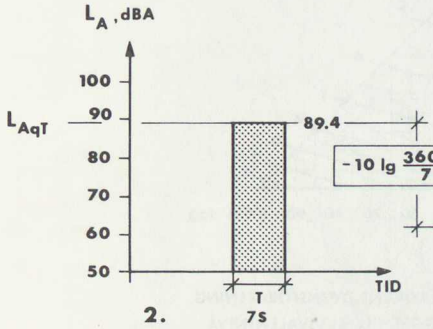


BERÄKNING AV EKVIVALENTNIVÅ FÖR 1 TIMME FRÅN EN ENSTAKA FLYGPLANSHÄNDELSE.

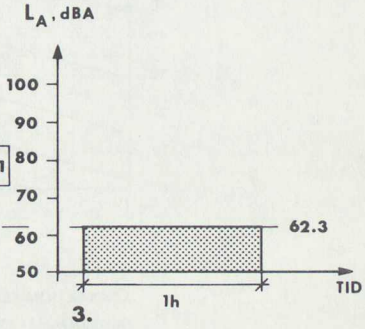
FIG. 1 SCHEMATISK BESKRIVNING AV BULLERFÖRLOPPET.

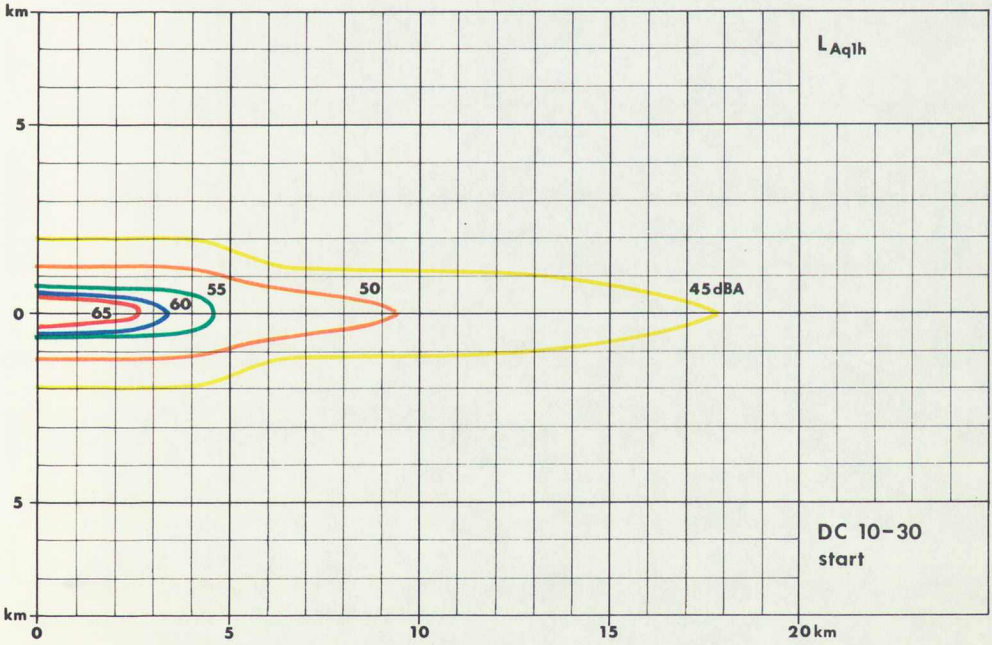
FIG. 2 OMRÄKNING TILL EKVIVALENTNIVÅ FÖR VARAKTIGHETEN T.

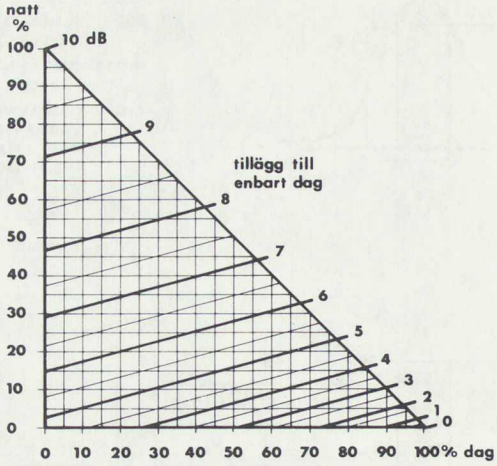
FIG. 3 OMRÄKNING TILL EKVIVALENTNIVÅ VARAKTIGHETEN 1 h. DENNA FIG. HAR ANNAN TIDSSKALA ÄN FIG. 1 OCH 2.



$$-10 \lg \frac{3600}{7} = -27.1$$







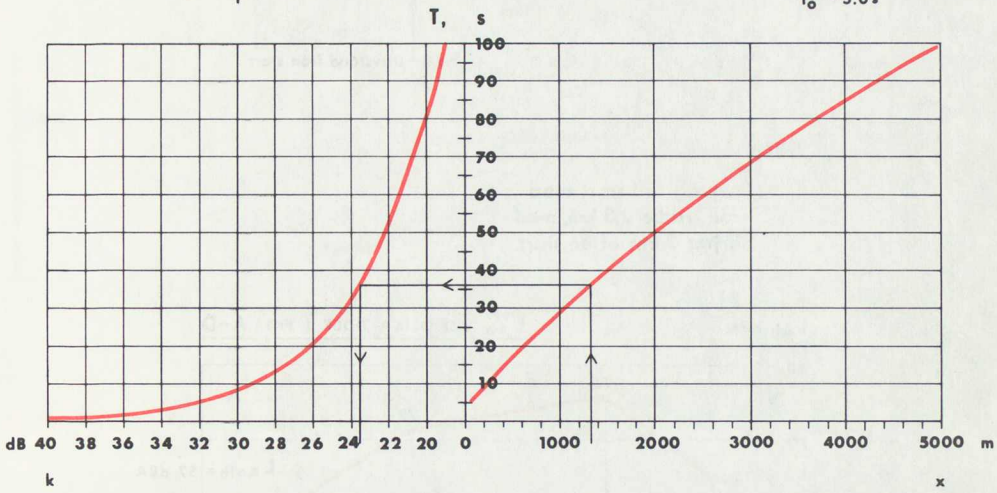
KORREKTION FÖR FLYGTRAFIKENS DYGNSFÖRDELNING. DIAGRAMMET GER TILLÄGGET TILL EKVIVALENTNIVÅ FÖR DYGN FRÅN ALL TRAFIK FÖRLAGD TILL DAGTID, FÖR ATT ERHÅLLA FLYGBULLERNIVÅ, FBN, VID OLIKA TRAFIKFÖRDELNINGAR.

$$T = T_o \cdot \frac{v_o}{v} \cdot b^{\frac{\lg x/x_o}{\lg 2}}$$

$$k = 3{,}6 + 10 \lg \frac{3600}{T} \text{ dB}$$

START

$b = 1.7$
$x_o = 1000$ m
$v = v_o = 70$ m/s
$T_o = 5.0$ s

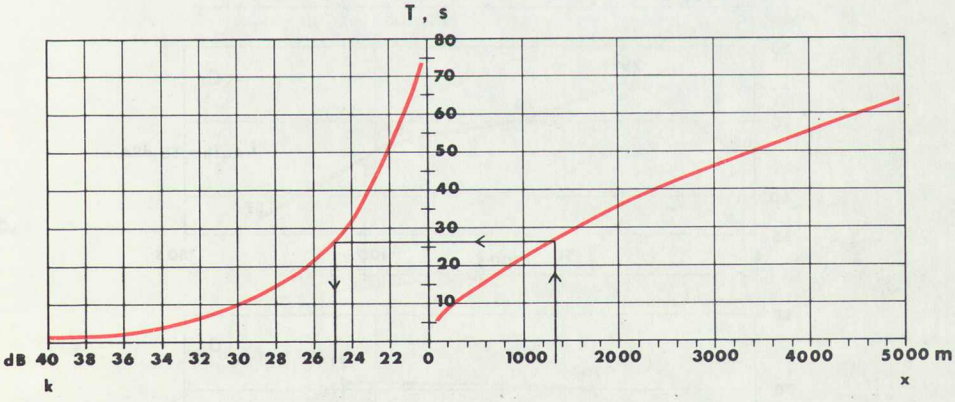


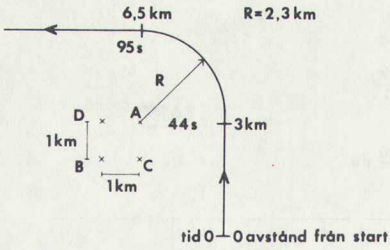
$$T = T_o \cdot \frac{v_o}{v} \cdot b^{\frac{\lg x/x_o}{\lg 2}}$$

$$k = 3{,}6 + 10 \lg \frac{3600}{T} \text{ dB}$$

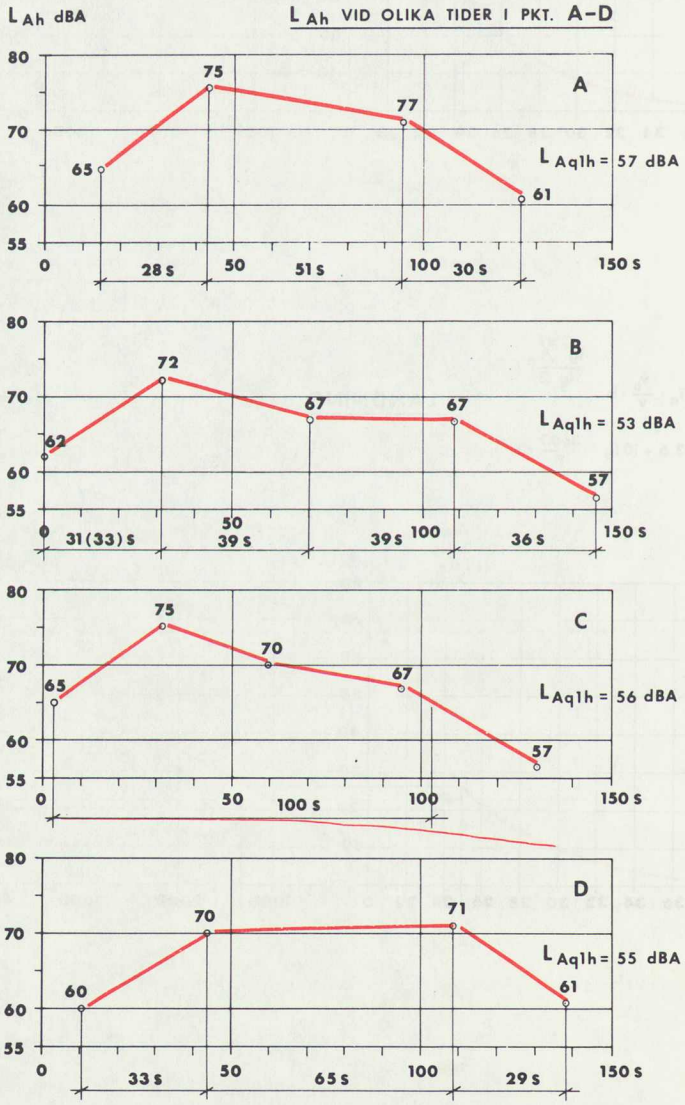
LANDNING

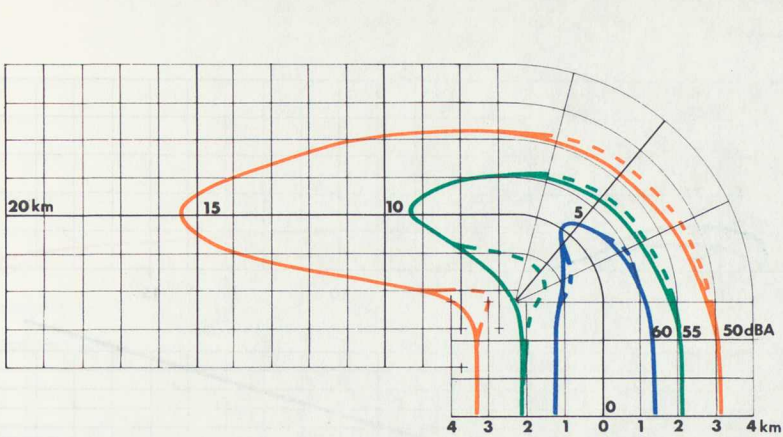
$b = 1.6$
$x_o = 100$ m
$v = v_o = 60$ m/s
$T_o = 4.5$ s





Flygväg vid start med krök, radie 2,3 km, med början 3 km efter start.

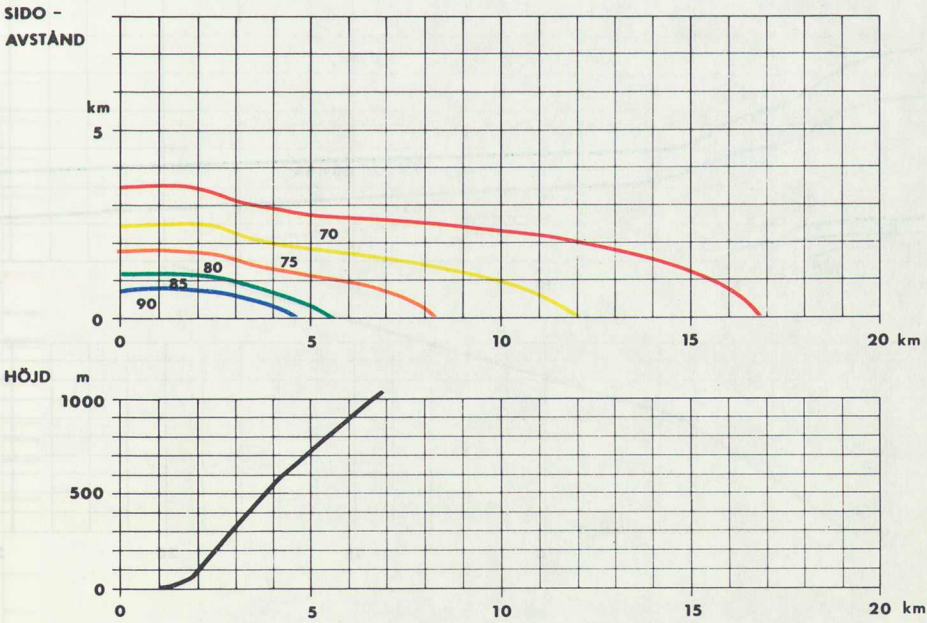


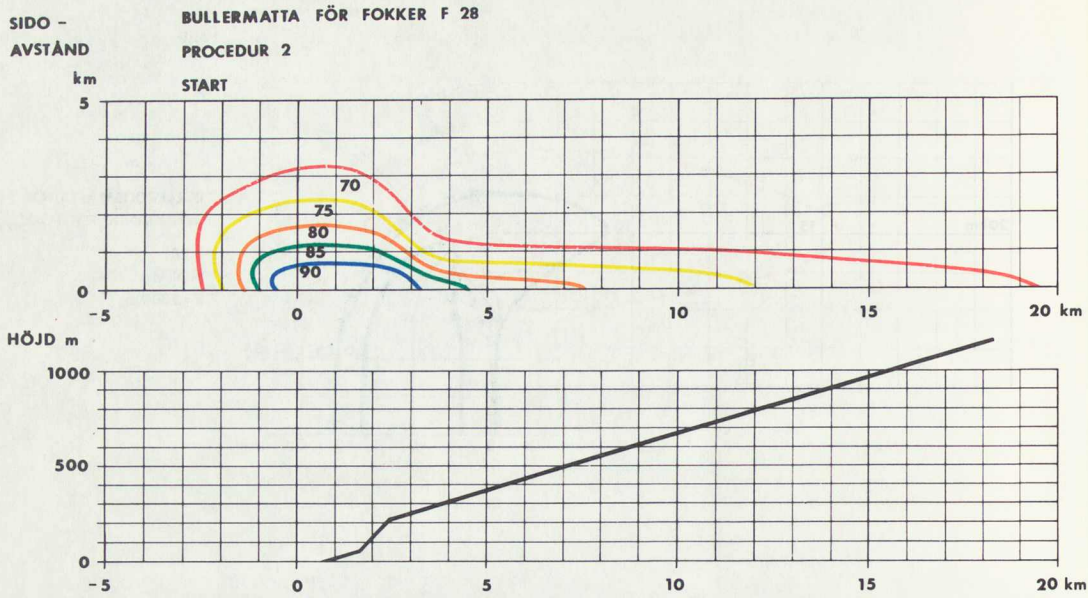


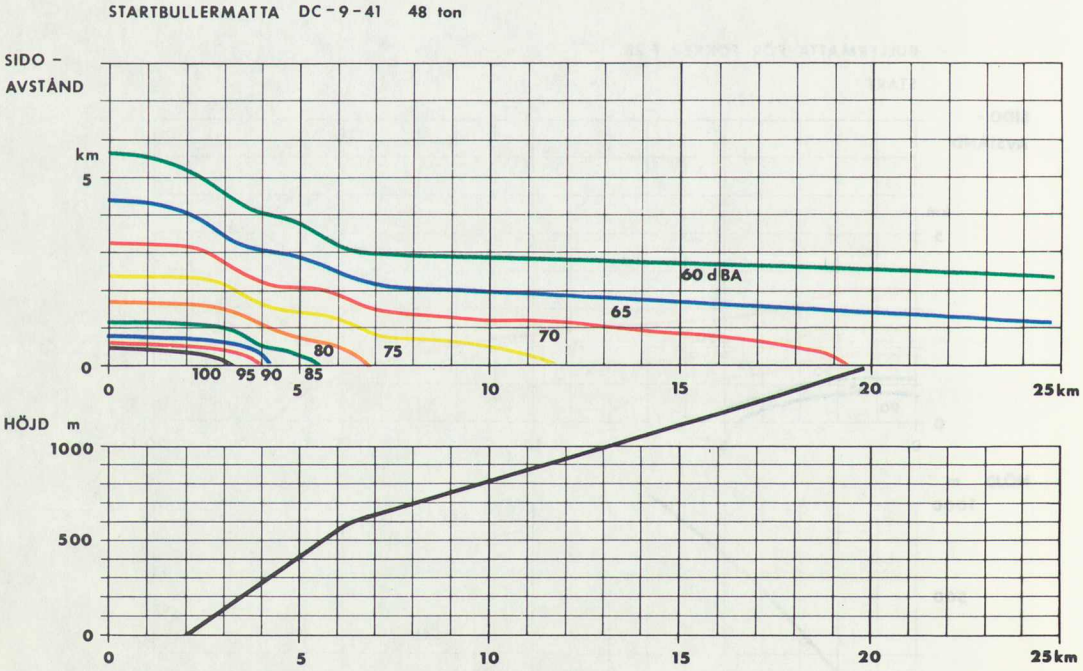
BULLERDOSMATTA FÖR SVÄNGANDE FLYGPLAN.

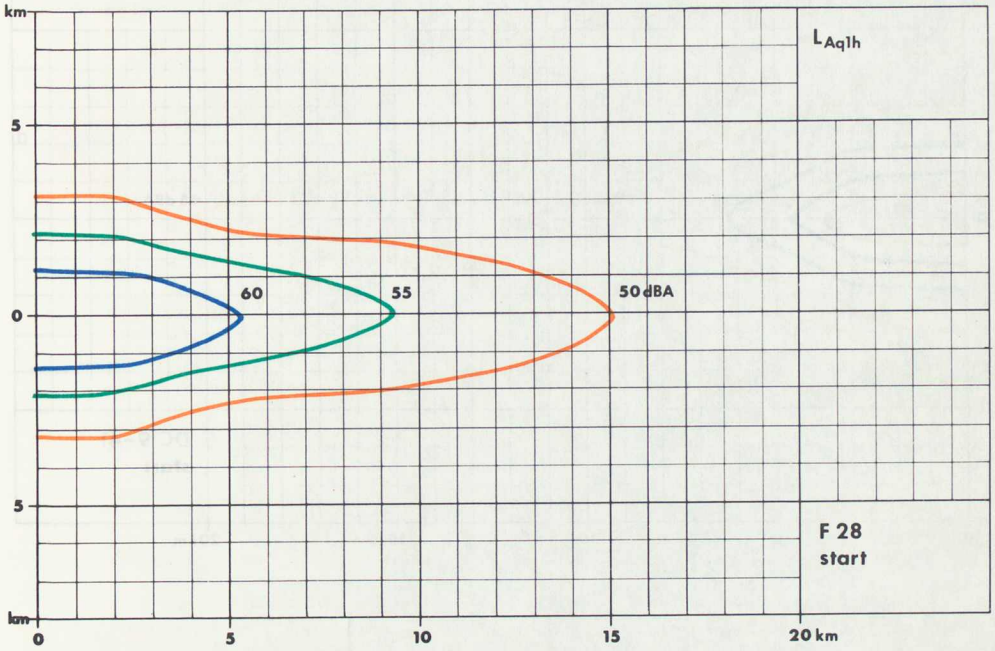
F 28
NORMAL START
R = 2300 m

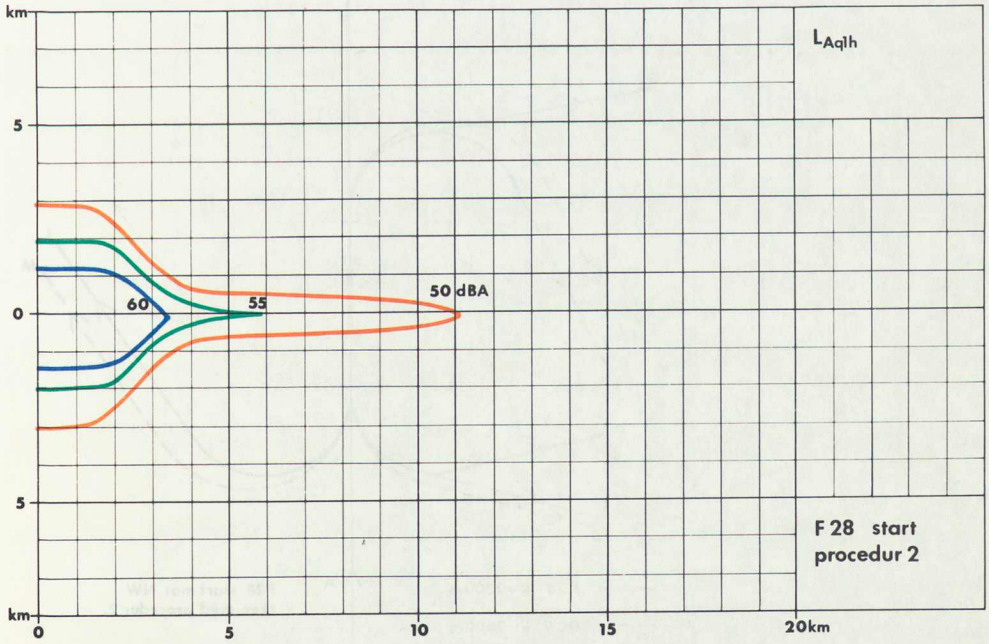
BULLERMATTA FÖR FOKKER F 28
START

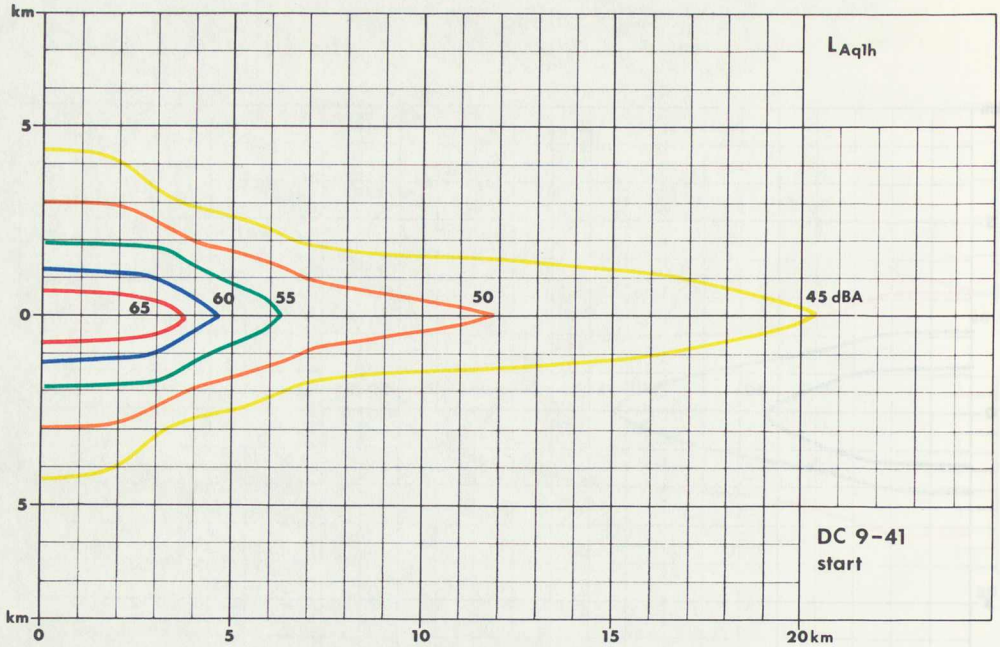


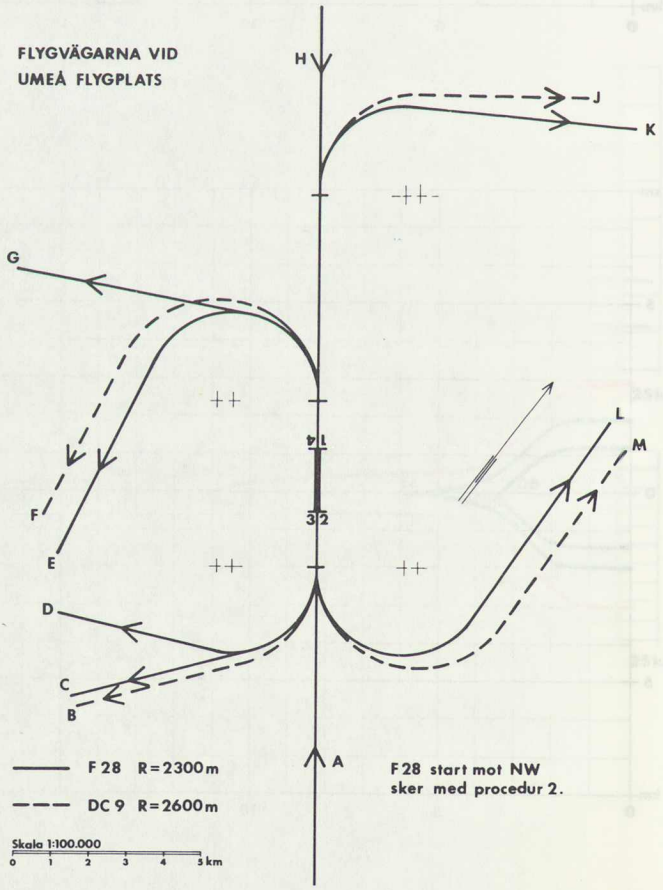

SIDO - AVSTÅND
BULLERMATTA FÖR FOKKER F 28
PROCEDUR 2
START
km
5
0
70
75
80
85
90
-5
0
5
10
15
20 km
HÖJD m
1000
500
0
-5
0
5
10
15
20 km

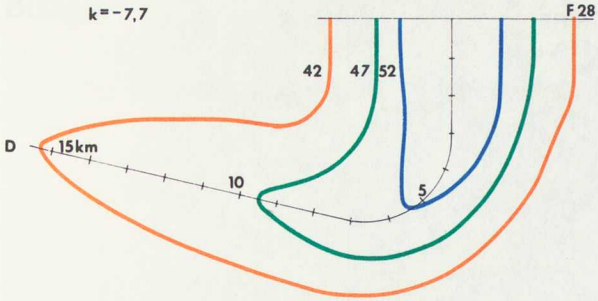

STARTBULLERMATTA DC-9-41 48 ton
SIDO - AVSTÅND
km
5
0
60 dBA
65
70
75
80
100
95
90
85
0
5
10
15
20
25km
HÖJD m
1000
500
0
0
5
10
15
20
25km

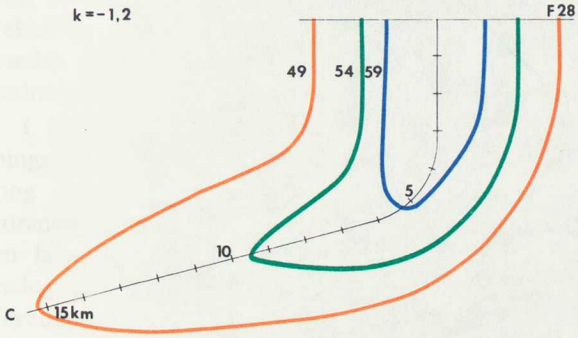

km
5
0
5
km
0
5
10
15
20 km
L_{Aq1h}
60
55
50 dBA
F 28
start

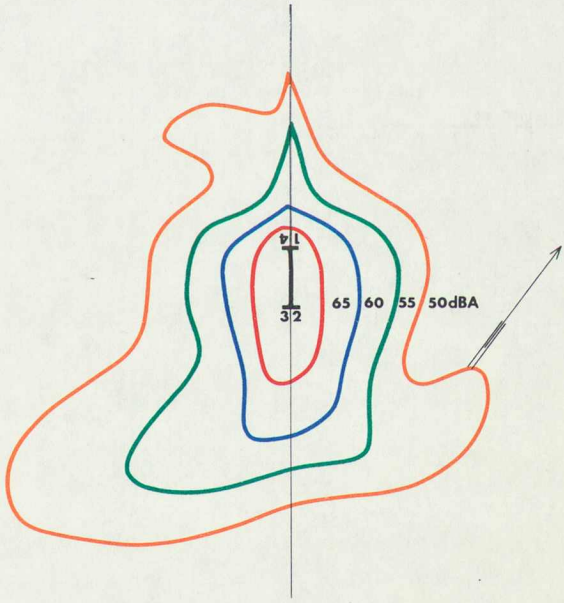

km
5
0
5
km
0
5
10
15
20km
L_{Aq1h}
60
55
50 dBA
F 28 start
procedur 2


km
5
0
5
km
0
5
10
15
20km
L_{Aq1h}
65
60
55
50
45 dBA
DC 9-41
start


FLYGVÄGARNA VID
UMEÅ FLYGPLATS
H
J
K
G
L
M
F
E
D
C
B
A
F 28 R=2300m
DC 9 R=2600m
F28 start mot NW
sker med procedur 2.
Skala 1:100.000
0 1 2 3 4 5 km



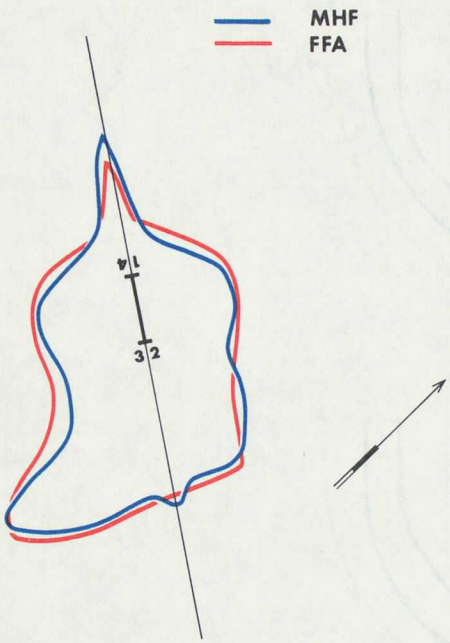


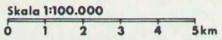


FBN, dBA
Umeå

Skala 1:100.000
0 1 2 3 4 5 km

Flygbullernivå, FBN, 55 dBA, för Umeå flygplats.





Bilaga G Bestämning av medicinsk-hygienisk flygbullergräns (Den skandinaviska flygbullerundersökningen)

Av *Ragnar Rylander, Stefan Sörensen, Anders Kajland*[1]

1 *Inledning*

Bullerstörningar runt flygplatser är ett omgivningshygieniskt problem av stor betydelse. För att åstadkomma en begränsning av störningarna med tekniska eller planåtgärder erfordras kunskaper rörande sambandet mellan tekniska karakteristika hos ljudet och expositionens effekt på individen.

I föreliggande rapport belyses förekomst och utbredning av störningsreaktioner bland befolkningen runt flygplatser till följd av exponering för flygbuller. Inledningsvis redogöres för tidigare erfarenheter rörande störningar till följd av flygbullerexponering. Därefter redovisas en fältundersökning företagen runt flygplatser i Skandinavien. Vidare redogöres för undersökningar, där resultaten från tidigare utomlands företagna undersökningar reanalyserats. I ett sista avsnitt analyseras och diskuteras de erhållna resultaten bl a mot bakgrunden av olika metoder för att uttrycka flygbullerexponering.

Huvuddelar av de undersökningar som utförts i Skandinavien samt reanalyser av tidigare undersökningar har publicerats i internationella facktidskrifter enligt nedan angivna referenser:

Kajland, A.: Variations in aircraft noise near Arlanda airport. J. Acoust. Soc. Am. 1973, 56:329–331.

Rylander, R., Sörensen, S. and Kajland, A.: Annoyance reactions from aircraft noise exposure. J. Sound Vibration 1972, 24:419–444.

Rylander, R., Sörensen, S., Alexandre, A. and Gilbert, Ph.: Determinants for aircraft noise annoyance – a comparison between French and Scandinavian data. J. Sound Vibration 1973, 28:15–21.

Rylander, R. and Sörensen, S.: Aircraft noise determinants for the extent of annoyance reactions. Proceedings of the Int. Congr. on Noise as a Public Health Problem, Dubrovnik 1973, EPA 550/9-73-008.

Sörensen, S., Berglund, K. and Rylander, R.: Reaction patterns in annoyance response to aircraft noise. Proceedings of the Int. Congr. on Noise as a Public Health Problem. Dubrovnik 1973, EPA 550/9-73-008.

Rylander, R., Sörensen, S. and Berglund, K.: Reanalysis of aircraft noise annoyance data against the dB(A) peak concept. J. Sound Vibration 1974, 36(3):399-406.

[1] Omgivningshygieniska avdelningen, statens naturvårdsverk och hygieniska institutionen, karolinska institutet.

2 *Flygbuller som störningskälla*

2.1 Exponeringseffekter

Exponering för buller kan hos människan ge upphov till permanent eller temporär hörselnedsättning samt neurovegetativa reaktioner i form av förändringar i blodtryck, puls, andning etc.([1,2,3]). Beträffande hörselnedsättningar har sådana inte konstaterats vid de bullernivåer som normalt är aktuella i samband med flygbullerexponering i samhället. För de neurovegetativa reaktionerna föreligger inte studier som tillfredsställande belyser förändringarnas relevans ur medicinsk synpunkt, särskilt i vad avser eventuell uppkomst av kronisk sjukdom efter längre tids exponering. Data är inte tillräckliga för att denna typ av reaktioner skall kunna användas som kriterier i fältundersökningar.

Bullerexponering kan vidare ge upphov till störningar av aktiviteter som t. ex. produktivt arbete, maskera samtal eller störa sömn([4-9]). Exponeringen kan i sådana fall upplevas som en olägenhet([10,11]).

Olägenhet kan definieras som en känsla av obehag relaterad till ett agens i omgivningen som individen anser eller tror kan påverka honom negativt. Vid exponering för enstaka bullerstimuli kan den direkta reaktionen definieras som akut olägenhet och vid exponering för ett större antal bullerstimuli under en längre tid som kronisk olägenhet.

Utbredningen av olägenhet eller störningar i en befolkning till följd av buller beror förutom på den direkta bullerexponeringen också på andra faktorer såsom socioekonomiska förhållanden och attityder([12]). Attitydens betydelse för störningsreaktioner vid flygbullerexponering har studerats i fältförsök, varvid visats att en påverkan av attityden kan leda till en förändrad störningsupplevelse([13]).

För att studera förekomsten av störningsreaktioner till följd av exponering för olika miljöfaktorer utgår man i regel från de exponerades subjektivt meddelade reaktioner i intervjuundersökningar. Ur vetenskaplig synpunkt korrekt utförda sådana undersökningar har visats ge reproducerbara resultat och metoden kan ge ett tillförlitligt mått på denna typ av exponeringseffekt([14]).

I intervjuundersökningarna är vissa metodproblem av betydelse. För att förhindra att respondenten medvetet över- eller underskattar sina besvär måste undersökningens syfte maskeras([15]). Frågor rörande flygbuller ställs blandat med frågor om andra potentiella störningskällor. Vidare måste speciell vikt fästas vid val av uttryck för störningsreaktionen.

Utvärderingen av resultaten kan ske med olika metoder. Olika grader av störning kan utvärderas från svaret på frågan "hur mycket störs Ni av flygbuller?" med i frågan inbyggd gradering. Störningsreaktionen kan också utvärderas genom en vägning av en eller flera delfrågor som behandlar störningar av aktiviteter etc. Olika sådana skalor eller störningsindex har konstruerats. I jämförelse med den enkla frågan "Hur mycket störs Ni?" vilken ger uttryck för en total värdering av störningen innebär konstruktionen av komplicerade störningsindex endast marginel-

la förbättringar i precision beträffande undersökningar av befolkningsgrupper medan däremot säkerheten hos svaret från enskilda individer kan öka.

I vissa sammanhang har klagomålsfrekvensen hos hälsovårdande myndigheter eller antal personer som skrivit på protestlistor ansetts utgöra underlag för en bedömning av graden av olägenhet i en befolkningsgrupp. Erfarenheten visar dock att detta inte är ett relevant uttryck för förekomsten av störningsreaktioner([16]). Aktioner i form av direkta klagomål eller undertecknande av listor är mycket beroende av faktorer som inte har med själva bullerexponeringen att göra såsom möjlighet att klaga, pågående massmediaaktiviteter, individens attityd och uppfattning huruvida det lönar sig att klaga samt lojalitet till grannar eller vänner inför själva klagoaktionen. Förekomst av klagomål eller listaktioner i ett område kan sålunda inte anses som ett mått på olägenhet utan endast betraktas som en indikation på att en ur medicinsk-hygienisk synpunkt otillfredsställande exponeringssituation kan föreligga.

2.2 Tidigare erfarenheter

Ovan beskrivna intervjuteknik för kartläggning av störningsreaktioner har använts i ett flertal fältundersökningar där förhållandet mellan flygbullerexponering och störningsreaktioner studerats. Förslag till standardformulär har utarbetats av OECD och utgjort underlag för de formulär som använts i många av de nedan angivna undersökningarna.

1954 och 1961 redovisades omfattande undersökningar rörande störningsreaktioner till följd av flygbullerexponering runt civila och militära flygplatser i USA([17,18]). Flygbullerexponeringen bestämdes med tre olika exponeringsindex. I ett av dessa sammanvägdes antalet överflygningar och bullernivåer över 60 dB(A). I ett annat index togs därjämte hänsyn till överflygningens varaktighet. I ett sista index bestämdes den totala tiden varunder samtalsmaskeringsnivån översteg 60 SIL. Vid denna nivå störs konversation på ca 1 m avstånd. Exponeringseffekten bestämdes genom att studera aktivitetsstörningar, graden av subjektivt uttryckt störning samt attityder till flygbuller i allmänhet.

Resultaten visade att exponeringseffekterna var korrelerade till graden av exponering samt att den högsta korrelationen erhölls för index för den samtalsmaskerande effekten. Resultaten visade vidare att personer som var rädda för flygolyckor eller som ansåg att flygplatsen var av mindre betydelse för samhället var mera störda. De personer som var störda var också känsligare för buller från trafik. Tecken på tillvänjning kunde inte noteras utan störningsgraden ökade snarare för personer som varit bosatta i området en längre tid.

Med hänsyn till att undersökningarna nu är relativt gamla, att de delvis företogs runt militära flygbaser samt var avsedda att belysa vissa förhållanden typiska för USA, har resultaten från undersökningarna numera sitt största värde i att de systematiskt belyser flygbullers inverkan på olika aktiviteter samt på störningsupplevelsen. De lämpar sig inte som underlag för upprättande av dos-effektsamband.

I Sverige utfördes 1958 en mindre undersökning runt ett militärt flygfält ([19]). Undersökningens syfte var i huvudsak att belysa huruvida data från ovan nämnda amerikanska undersökningar kunde tillämpas på svenska förhållanden. Tre bostadsområden vid olika bullerexponeringsnivåer studerades runt flygfältet och inom varje område intervjuades ca 50 personer. Resultaten visade att för de flygförhållanden som förelåg ca 20 % uppgav sig starkt störda vid i genomsnitt 8 överflygningar under dagtid om bullernivån inom området i genomsnitt uppgick till 85 db(A) för enskild överflygning.

1961 utfördes runt Heathrow (London) en omfattande studie för att undersöka utbredning av störningsreaktioner till följd av flygbullerexponering([20]). Undersökningen utfördes inom ett område med 15 km radie runt flygplatsen, och ett urval på 1 900 personer av en population på 1 400 000 intervjuades. Exponeringseffekten utvärderades med hjälp av en störningsskala och bullerexponeringen mättes i PNdB, antal överflygningar per 24 timmar samt överflygningens varaktighet. Med hjälp av korrelationsberäkningar påvisades att störningarnas utbredning samvarierade med bullernivå och överflygningsfrekvens. I den undersökta befolkningen varierade bullernivå och överflygningsfrekvens kontinuerligt. För utvärderingen gjordes en indelning i 3 klasser för vardera bullernivå och överflygningsfrekvens. Få överflygningar vid hög bullernivå och stort antal överflygningar vid låg bullernivå var dock underrepresenterade i materialet. Genom statistisk anpassning av ett index som sammanväger bullernivå och överflygningsfrekvens till befintliga data erhölls NNI-index för bullerexponeringen:

$$NNI = PNdB + 15 \log N - 80$$

Det förhållandet att antalet undersökta personer i områden med vissa kombinationer av bullernivå och överflygningsfrekvens var litet och att enheterna såsom de studerades i denna undersökning inte kan anses som oberoende variabler begränsar möjligheterna att dra slutsatser ur materialet. Den i undersökningsgruppen ingående sociologiska expertisen påpekade också detta i sin delrapport([21]), och underströk att NNI-index med hänsyn till materialets bristfällighet måste betraktas som osäkert.

1963 utfördes en undersökning runt Schiphols flygplats (Amsterdam)([22]). 1 000 personer intervjuades i 4 områden belägna 1,75, 3, 4 samt 6,5 km från slutet på startbanan. Dessutom studerades ett område där den väsentligaste bullerbelastningen hänförde sig till buller från varmkörning av motorer.

På grundval av olika frågor rörande aktivitetsstörningar och förekomst av olägenhet utarbetades en störningsskala. Bullernivåerna i de olika områdena samt överflygningsfrekvensen sammanvägdes enligt principerna för beräkning av NNI-index. I index ingående konstanter utvärderades genom att anpassa de olika områdenas bullerbelastning till störningsskalans värden för resp område. Det slutliga bullerindex fick följande matematiska formulering:

$$B = 20 \log \Sigma (n \cdot 10^{L/15}) - 157$$

där "n" betecknar en vägning för antalet exponeringar som gavs värden från 1–10 beroende på under vilken tid av dygnet som exponeringen inträffade och L den maximala ljudnivån i dB(A) för varje överflygning. Dygnsvägningen var utarbetad på helt teoretisk bas varför den biologiska validiteten inte kan bedömas. Skillnaderna mellan det experimentellt anpassade index och det ursprungliga NNI-index är relativt små.

1965–1966 utfördes en undersökning runt 4 franska flygplatser – Paris–Orly, Paris–Le Bourget, Marseille och Lyon([23]) Avsikten var att studera exponeringseffekter i vad avser påverkan på aktivitet, sömn och olägenhet samt att studera sambandet mellan bullerexponeringens omfattning och störningarnas utbredning. Runt flygplatserna utvaldes 20 områden med en överflygningsfrekvens varierande mellan 2 och 200 och en bullernivå varierande mellan 90 och 112 PNdB. Sammanlagt utfördes 2 000 intervjuer (Orly 8 områden, Le Bourget 5, Lyon 4 och Marseille 3 områden).

För att fastställa bullerexponeringen utarbetades ett exponeringsindex som sammanvägde bullernivå i PNdB och antalet överflygningar:

$$R = PNdB + 10 \log N - 30$$

För att bestämma bullerexponeringseffekten konstruerades en störningsskala på grundval av i intervjun ställda frågor rörande exponeringens effekt på aktiviteter och subjektivt upplevd störning. Den aktivitet som stördes i största utsträckning befanns vara konversation och att lyssna på radio/TV.

Resultaten visade att korrelationen mellan störningens omfattning och bullernivå i PNdB var relativt hög i samtliga områden (multipel korrelationskoefficient 0,82). Sambandet mellan antalet överflygningar och störningens utbredning var lägre (0,64). Det enligt ovan konstruerade bullerindex R uppvisade en något högre korrelation med störningsutbredningen i de olika områdena (0,93).

Till följd av trafikförhållanden vid de olika flygplatserna med jämförelsevis få nattstarter var det inte möjligt att experimentellt belysa inverkan av olika fördelning av trafiken under dygnet.

I USA utfördes 1967 en omfattande undersökning bland befolkningen bosatt runt 4 större flygplatser (Atlanta, Dallas, Denver och Los Angeles)([24]). 4 212 intervjuer utfördes i områden med olika bullerexponering som beräknades enligt indexen NNI, CNR, NEF och CNI. Dessutom bestämdes den kumulativa tiden under dygnet under vilken talinterferensnivån översteg ett visst värde.

Bullernivåerna bestämdes i varje stad under en tremånaders period omedelbart före intervjuerna. På vissa ställen gjordes bullermätningar på platsen och på andra beräknades bullervärdet med hjälp av extrapolering från kända data för andra områden. Utbredningen av olägenheter bestämdes genom en störningsskala där förutom den subjektivt uttryckta störningen också vissa aktivitetsstörningar ingick. Analys av sambandet mellan bullerexponering och utbredning av störningsreaktionerna visade att CNR- och NNI-enheterna var likvärdiga. Studierna avsåg också att belysa vilka sociologiska och psykologiska förhållanden som påverkade

utbredningen av störningarna. Analys av sambandet mellan bullerexponering och störningsutbredning visade att sambandet var mest stabilt i förhållandet till variation av de socialpsykologiska faktorerna om bullerexponeringen uttrycktes med enheten CNR.

1971 publicerades en sammanfattning av resultatet från en andra studie runt flygplatsen Heathrow företagen 1967([25]). Med ledning av erfarenheterna från den första undersökningen inriktades undersökningen bl a på att jämföra 1961 och 1967 års undersökningar i vad avser sambandet mellan bullernivå och störningsreaktioner samt att specialstudera inverkan av antalet överflygningar, varaktigheten hos flygplansbullret, betydelse av dygnsfördelning samt skillnad mellan landande och startande flygplan. För undersökningen utvaldes 4 699 personer över 21 års ålder bosatta högst 24 km från flygplatsen. 3 118 av dessa bodde inom det område som omfattades av 1961 års undersökning. Bullermätningar utfördes på 126 platser inom det område där de undersökta personerna var bosatta.

För varje undersökningsområde fastställdes bullernivå i PNdB, antal överflygningar över 80 PNdB, antal överflygningar totalt, deras medelvaraktighet samt förhållandet mellan antal landande flygplan och totala antalet flygplansrörelser. För utvärdering av störningsreaktionen användes en störningsskala konstruerad på grundval av olika subjektivt angivna reaktioner.

Sambandet mellan bullerexponering och störningsreaktioner i olika områden utvärderades med hjälp av multipel regressionsanalys. Man fann bl a att den i NNI-enheten ingående delkomponenten för flygplansrörelser uppvisade en bättre korrelation till störningsreaktionerna om en ologaritmerad form användes. I jämförelse med 1961 års data är den multipla korrelationskoefficienten mellan ljudnivå, överflygningsfrekvens och störningsreaktioner av samma storleksordning men analysen visade att betydelsen av antalet överflygningar hade minskat. Korrelationskoefficienten befanns vara relativt okänslig för ändringar av vägningsfaktorn för log N i NNI-enheten. Man drog härav slutsatsen att värdet 15 som tidigare föreslagits bara kunde betraktas som ett exempel på flera konstanter som alla kunde användas med samma grad av säkerhet.

Överflygningens varaktighet var korrelerad till utbredningen av störningen på så sätt att en kortare exponeringstid gav upphov till mera störningar. Resultaten från reanalys av materialet kunde inte förklara detta oväntade fynd.

Resultaten visade vidare att den väsentliga ökning av antalet flygplansrörelser som ägt rum sedan föregående undersökning inte svarade mot en motsvarande ökning av störningsgraden. Nattflygningarnas betydelse kunde inte belysas på grund av de stränga restriktioner som råder beträffande nattrafik på Heathrow.

En sammanställning av resultaten från de franska, holländska och den första Heathrowundersökningen har utförts av Alexandre([26]) som redovisar sambandet mellan NNI och störningsutbredningen, angiven i en mellan de olika undersökningarna likställd störningsskala. Sambandet mellan bullerexponering och störningsreaktioner i undersökningarna från

de olika länderna befanns vara av samma storleksordning.

1970 utfördes undersökningar runt flygplatserna Osaka och Yokota i Japan([27]). I princip var uppläggning och genomförande likartat det som använts i övriga refererade undersökningar. I Osaka var dock principerna för urval av respondenter avvikande. Också i dessa undersökningar påvisades ett starkt samband mellan bullerexponering och störningar av samtal samt lyssnande på radio och TV. Sambandet mellan NNI och aktivitetsstörningar var av liknande styrka som i andra undersökningar.

2.3 Kommentar

I de ovan refererade undersökningarna rörande sambandet mellan flygbullerexponering och utbredning av störningsreaktioner har flygbullerexponeringen uttryckts med ett index där såväl bullernivå som överflygningsfrekvens sammanvägts. De olika vägningsfaktorerna i index har bestämts genom en statistisk anpassning till befintliga resultat rörande utbredning av störningsreaktionen.

För att ett på så sätt konstruerat index skall anses som generellt tillämpbart måste det grundas på primärdata där de olika i index ingående variablerna för bullerexponering är oberoende samt föreligger i tillräckligt antal kombinationer. Ingen av de ovan refererade undersökningarna uppfyller detta kriterium.

Metoden att genom anpassning till befintliga data utveckla ett index för bullerexponering är inte heller tillfredsställande ur metodologisk synpunkt. Detta framgår också av variationen hos de vägningsfaktorer som har föreslagits för de använda index beräknade för olika undersökningar. Sålunda har de båda undersökningarna runt Heathrow resulterat i olika vägningsfaktorer varför man som ovan nämnts drar slutsatsen att de föreslagna vägningsfaktorerna endast kan betraktas som exempel på många olika värden. Denna slutsats bekräftas av data från en ännu opublicerad schweizisk undersökning där man som vägningsfaktor i NNI-enheten föreslår 6.

De korrektioner för starternas fördelning över dygnet som införts i olika index är teoretiskt beräknade och relevansen av de värden som föreslagits har inte kunnat belysas.

Med anledning av ovanstående brister i befintligt material utfördes 1969–1972 en omfattande fältundersökning i Skandinavien med målsättningen att studera förhållandet mellan flygbullerexponering och störningsreaktioner för att erhålla ett underlag att reglera flygbullerexponering med optimal säkerhet.

3 *Uppläggning och genomförande av fältundersökningar*

3.1 Principer

Målsättningen för fältundersökningarna har varit att studera sambandet mellan flygbullerexponering och störningsreaktioner bland befolkningen i områden med en väl definierad expositionsnivå som varierar mellan olika områden.

Exponeringen för flygbuller uttrycktes som två av varandra oberoende variabler – bullernivån för varje enskild överflygning, dB(A) max – och antalet överflygningar. Utredningen av störningsreaktioner studerades med hjälp av medicinsk-hygieniska intervjuundersökningar. Resultaten analyserades som doseffektsamband med utgångspunkt från exponeringsvariablerna.

3.2 Urval av undersökningsområden

Som underlag för bestämning av flygbullerexponeringen i undersökningsområdena användes standardbullermattor för de olika flygplanstyper som trafikerade det aktuella flygfältet. Beroende på variationer i startvikten användes ibland olika bullermattor för samma flygplanstyp.

Vid varje flygplats förekommer ett stort antal olika flygplanstyper. Typer med en frekvens som understeg 1/dygn uteslöts, likaså mindre propellerflygplan med hänsyn till deras väsentligt lägre ljudnivå. I regel kom härvid ca 70 % av alla flygplansrörelser vid de olika flygplatserna att representeras i de bullermattor som utgjorde underlag för uttagningen av undersökningsområden.

Undersökningsområdena utvaldes så att startbullret från olika flygplanstyper på nivåerna 70, 80 respektive 90 dB(A) sammanföll och begränsades så att man erhöll en högsta avvikelse på ± 2 dB(A) från värdet i den valda punkten. Samma variation accepterades i de fall området exponerades för buller från andra banor eller i andra startriktningar. Tillvägagångssättet för fastställande av undersökningsområden har illustrerats i figur 1.

Förutom de områden där bullernivån från olika flygplanstyper sammanföll studerades också områden exponerade för olika bullernivåer. I vissa områden berodde denna variation på att bullernivå från olika startbanor skilde sig mer än 4 dB(A), i andra områden på olikheter i bullernivå från olika flygplanstyper i det undersökta området.

Flygfrekvensen fördelad på olika flygplanstyper samt överflygningarnas fördelning över dygnet i de olika undersökningsområdena bestämdes genom flygplansrörelseuppgifter insamlade från trafikledningen. Ursprungligen angavs flygfrekvensen som det totala antalet startöverflygningar. Efter en primäranalys av resultaten som visade att utbredningen av störningar var låg vid bullernivån <70 dB(A) samt att inga skillnader i reaktion kunde påvisas mellan områden exponerade för start- respektive landningsbuller modifierades beräkningsgrunden till att omfatta flygplanstyper som i det aktuella undersökningsområdet gav bullernivåer

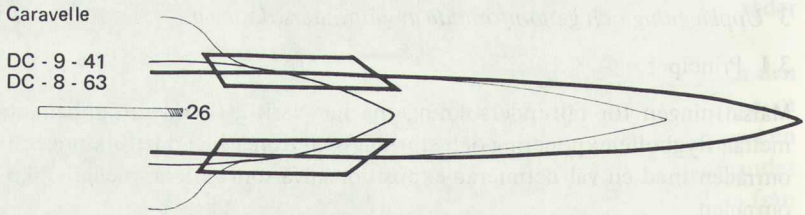


Fig 1. Uttagning av ett undersökningsområde på flygplats som trafikeras med Caravelle, DC-9-41 och DC-8-63.

Tabell 1 Medelvärde i dB(A) och spridning för flygplanstyper i 90 dB(A)-området

Flygplanstyp	Antal mätningar	Beräknat värde	Medelvärde	Standard-avvikelse
DC-9	762	90	90,2	3,9
Caravelle	312	91	92,6	4,1
DC-8	62	90	91,8	5,3

⩾ 70 dB(A) varvid både starter och landningar ingick. Bestämningen av antalet flygrörelser utfördes under en tvåmånaders period i stort sett under samma tid som intervjuundersökningarna pågick.

Data från flygplansrörelsernas fördelning över dygnet visar att fördelningen var i stort sett identisk i de undersökta områdena med ca 20 % kvällsstarter (17–21) och ca 10 % nattstarter (21–05).

För att studera speciella bullerexponeringsförhållanden gjordes undersökningar i områden exponerade för landningsbuller, buller från propellerflygplan, militära flygplan, sportflygplan samt buller från provflygningsverksamhet runt en flygindustri.

Med hänsyn till att bullerexponeringen i de olika undersökningsområdena fastställdes på grundval av standardiserade bullermattor utfördes bullermätningar för att verifiera riktigheten av beräkningarna. Mätningar företogs inom ett 90 dB(A)-område under en 6-månaders period och ett 70 dB(A)-område under en 4-veckors period. Flygbullret registrerades på band med en konventionell mätutrustning och analyserades.

En analys av mätdata visade att medelvärdet för de flygplanstyper vars bullermatta utgjort underlag till områdets placering väl överensstämde med det kalkylerade. En sammanställning av resultaten för 90 dB(A)-området redovisas i tabell 1. Likartade resultat erhölls för 70 dB(A)-området, men det statistiska materialet var här avsevärt mindre.

3.3 Medicinsk-hygieniska intervjuundersökningar

I undersökningen studerades områden runt flygplatserna Arlanda (ARN), Billund (BLL), Bromma (BMA), Bulltofta (MMA), Norrköping (F13), Norrtälje (NRT), Fornebu (OSL), Kastrup (CPH), Linköping (LIN), Torslanda (GOT) och Visby (VBY). Sammanlagt studerades 30 områden runt 11 flygplatser.

Utbredningen av störningsreaktioner till följd av flygbullerexponering studerades genom en medicinsk-hygienisk intervjuundersökning där frågeformuläret i huvudsak var upprättat enligt av OECD föreslagen standard. Populationen inom varje område definierades som samtliga personer i åldern 18–75 år boende i det utvalda området och inflyttade senast ett år tidigare. I Oslo där befolkningsregister inte var tillgängliga användes röstlängder och populationen kom därigenom att definieras som personer i åldern 21–75 år och med minst ett års boendetid i

området. Ur de sålunda definierade populationerna utvaldes genom ett slumpmässigt urvalsförfarande ca 100 intervjupersoner.

Maskering av undersökningens syfte erhölls genom att intervjun presenterades som en allmän undersökning av respondenternas bostads- och levnadsförhållanden. Inledningsvis ställdes vissa frågor rörande bakgrundsvariabler samt allmänna bostads- och levnadsförhållanden. Frågor rörande bullerproblem från flygfältet ställdes blandat med frågor rörande andra buller- samt luftföroreningskällor inom området. De insamlade uppgifterna har utnyttjats för att analysera den störande verkan av flygbullret.

En analys av de social-epidemiologiska bakgrundsdata visar att befolkningen i områdena var i stort sett likvärdig i vad avser fördelning på kön, ålder, socialgrupp, förvärvsarbete, familjestorlek, utbildning, boendetid samt attityd till flygbuller.

4 *Resultat*

4.1 Analys av störningsreaktioner

4.1.1 Befolkningskarakteristika

För de olika i undersökningen ingående områdena har en analys av vissa social-epidemiologiska data utförts. Härvid har befolkningen i områdena jämförts i vad avser fördelning på kön, ålder, socialgrupp, förvärvsarbete, familjestorlek, utbildning. boendetid samt attityd till flygbuller.

Av analysen framgick att undersökningsområdena samt de olika flygplatserna i stort sett är likvärdiga men att skillnader föreligger i ett par avseenden. Könsfördelningen visar en liten övervikt för män i områdena OSL 3, OSL 6 samt GOT 1 och undervikt i område MMA 2.

Beträffande ålder föreligger viss variation mellan de olika områdena. Den yngsta åldersgruppen förekommer i relativt liten omfattning i områdena OSL 1–OSL 6 medan den äldsta åldersgruppen framför allt finns i MMA 1 och MMA 2 samt i OSL 3, 4 och 6.

Beträffande socialgrupp har ett stort antal personer inte kunnat klassificeras beroende på oklara definitioner. I gruppen övriga förekommer framför allt hemmafruar. En i förhållande till övriga områden relativt sett stor övervikt av socialgrupp 1 förekommer i områdena OSL 1–OSL 6. Beträffande utbildning kan noteras att personer i områdena OSL 1–OSL 6 har en relativt sett högre utbildningsnivå än i övriga områden.

Beträffande boendetid i området avviker område BLL 1 som har en hög procent nyinflyttade.

Beträffande attityder är förhållandena i områdena runt de olika flygplatserna också i huvudsak likartade. Övervägande negativa attityder förekommer bland ca 20 % av befolkningen. I områdena CPH 4 och 5 samt OSL 3 utgör andelen ca 30 % och i områdena CPH 1, BLL 2 och GOT 1 10 % eller mindre.

I tabell 2 redovisas andelen personer i undersökningsområdena som lägger märke till olika typer av störningskällor i omgivningen.

Tabell 2 Procentuella andelen respondenter som lägger märke till:

Område	Flyg-buller	Industri-buller	Trafik-buller	Buller från grannar	Av-gaser	Damm och sot	Dålig lukt
OSL 1	64	0	28	12	17	32	61
OSL 2	90	0	51	6	30	37	22
OSL 3	98	1	41	6	13	27	26
OSL 4	98	0	31	8	34	42	24
OSL 5	92	9	53	3	45	49	41
CPH 1	55	7	10	8	4	28	20
CPH 2	58	0	5	9	1	7	11
CPH 3	46	1	9	8	7	8	18
CPH 5	90	13	22	3	13	14	25
CPH 6	75	0	13	8	8	39	36
GOT 1	91	2	17	10	10	26	13
BLL 1	12	1	4	0	0	0	1
MMA 1	28	6	76	7	37	46	22
OSL 6	99	0	28	6	12	15	20
CPH 4	82	2	16	22	26	40	56
BLL 2	24	1	6	5	3	12	0
MMA 2	44	2	56	6	28	29	11
MMA 3	89	1	45	13	18	19	12
MMA 4	41	22	28	9	13	14	8
MMA 5	55	1	14	24	4	21	4
BMA 1	64	4	48	13	25	37	18
BMA 2	71	0	46	17	22	38	11
LIN 1	91	2	17	5	5	14	9
LIN 2	78	6	42	23	23	43	24

Det framgår av tabellen att för alla områden utom MMA 1 och MMA 2 flygbuller är den störningskälla som flest respondenter lägger märke till. Motsvarande data redovisas inte från MMA 6 och VBY 1 på grund av vissa avvikelser i de frågeformulär som användes i de orienterande undersökningarna.

4.1.2 Bullrets störverkan

Störningsreaktionen utvärderas enklast som det kvalitativa svaret på frågan "Hur mycket störs Ni av flygbuller?" (Inte störd, mycket störd).

Tabell 3 Sambandet mellan störningsgraden och aktivitetsstörningar. Procent av antalet respondenter inom varje störningsgrad.

	Störs ej särskilt mycket	Störs ganska mycket	Störs mycket
Svårt att somna	18	24	37
Skräms	11	13	22
Väcks	28	45	58
Svårt att höra Radio/TV	52	64	79
Vibrerar huset	36	46	61
Telefonsamtal hindras	27	50	64
Vanligt samtal hindras	24	59	71
Vila/avkoppling störs	21	40	52

På grundval av i intervjuformuläret ingående frågor rörande aktivitetsstörningar, attityder etc kan också mera komplicerade störningsindex utarbetas.

För att belysa sambandet mellan den enkla klassificeringen av störningsgraden och ett mera komplicerat index analyserades sambandet mellan det enkla störningsmåttet och olika i tidigare använda störningsindex ingående delkomponenter.

I tabell 3 redovisas sambandet mellan störningsgraden och olika aktivitetsstörningar.

Det framgår av tabellen att ett starkt samband föreligger mellan ökning av störningsgraden uttryckt i det enkla störningsmåttet och utbredningen av olika typer av aktivitetsstörningar.

I tabell 4 redovisas sambandet mellan olika störningsgrader och spontant omnämnande av flygbuller som störningskälla i omgivningen.

Av tabellen framgår att vid en högre störningsgrad en större större andel individer spontant nämner flygbuller som en källa till missnöje inom bostadsområdet.

Sambandet mellan störningsgraden och hur ofta störningen förekommer framgår av tabell 5.

Som framgår av tabellen föreligger ett samband mellan störningsgraden och störningsfrekvensen.

Vidare har sambandet mellan attityd och störningsgrad studerats. Respondenterna har delats upp i tre attitydgrupper med utgångspunkt från svaren på den attitydskala som ingick i intervjuformuläret. Respondenter som på skalan erhöll 53–85 poäng klassades som positiva, de som erhöll 45–52 poäng som neutrala och de som erhöll 17–45 poäng som negativa. Attitydens samband med störningsgraden framgår av tabell 6.

Tabell 4 Procentuell andel respondenter inom olika störningsgrader som spontant nämner flygbuller som störningskälla i omgivningen.

Märker ej	1
Märker, ej störd	8
Störs ej särskilt mycket	13
Störs ganska mycket	37
Störs mycket	49

Tabell 5 Sambandet mellan störningsgrad och hur ofta störning förekommer. Procent av respondenterna inom varje störningsgrad.

	Störs ej särskilt mycket	Störs ganska mycket	Störs mycket
Störs dagligen	53	72	85
Störs varje vecka	40	26	12
Störs varje månad	7	2	3

Tabell 6 Sambandet mellan attityd och störningsgrad. Procent av respondenterna i varje attitydgrupp.

	Positiv attityd	Neutral attityd	Negativ attityd
Ej störd	77	67	53
Störd (oavsett grad)	23	33	47
därav mycket störd	8	12	25

Det framgår av tabellen att personer med en positiv attityd är mindre störda av flygbullret än de med en negativ attityd.

Av ovanstående framgår att ett starkt samband föreligger mellan störningarna uttryckta som andel mycket störda och olika andra effekter till följd av exponeringen. Respondenten har sålunda i sin värdering av om och hur mycket han är störd tagit hänsyn till relevanta exponeringseffekter.

Teoretiska möjligheter föreligger att med utnyttjande av olika mått på störningsgrad konstruera ett sammanvägt störningsindex som skulle ge ett totalt mått på flygbullrets störningsgrad. Med hänsyn till det samband som här visats mellan andelen mycket störda och andra effekter av flygbuller är det inte troligt att ett sådant mera komplicerat index kan erbjuda annat än marginella fördelar. Andelen mycket störda som man erhåller på den direkta frågan "Hur mycket störs Ni" ingående i en strukturerad intervju med syfte att kartlägga olika olägenhetersfaktorer i omgivningen kan alltså betraktas som ett relevant mått på olägenheternas utbredning. I den fortsatta analysen av störningsreaktioner till följd av

Tabell 7 Procent mycket störda individer för olika populationskarakteristika.

Karakteristika	Variabel	Störs mycket
Kön	Män	13
	Kvinnor	12
Ålder	18–30 år	7
	31–50 år	14
	51–75 år	14
Socialgrupp	I	20
	II	11
	III	8
	Övriga	15
Bostadstyp	Villa/radhus/tvåfamiljsvilla	16
	Övrig bostadstyp	8
Byggnadsmaterial	Bostad i trä	23
	Bostad i sten	4
	Bostad i tegel	11
	Övrigt material	20
Boendetid	1900–59	16
	1960–66	11
	1967–69	6
	1970–	4

flygbullerexponering kommer därför enbart den procentuella andelen "mycket störda" att redovisas.

4.1.3 Individkarakteristika hos störda personer

I tabell 7 redovisas sambandet mellan frekvensen mycket störda och olika karakteristika hos respondenterna. De individkarakteristika som studerats utgörs av vissa bakgrundsvariabler såsom boendetid i området, bostadstyp samt variabler av demografisk natur.

Det framgår av tabellen att åldersgrupperna 31–50 och 51–75 år uppvisar en större andel mycket störda individer än åldersgruppen 18–30 år. Vidare är antalet störda individer korrelerade till socialgrupp så att socialgrupp 1 innehåller relativt sett flera störda individer än socialgrupp 2 och 3.

Personer bosatta i villa/radhus/tvåfamiljshus är mer störda än de som är bosatta i övriga typer av bostäder. Beträffande byggnadsmaterialet framgår av tabellen att personer bosatta i stenhus är förhållandevis mindre störda än personer bosatta i trähus. Beträffande inflyttningsår är personer inflyttade 1900–1959 mer störda än de som bott kortare tid i området.

4.2 Samband mellan bullerexponering och störning

I tabell 8 redovisas flygbullerexponering och andelen mycket störda för undersökningsområden där bullernivån utgjorde 70, 80 respektive 90 dB(A).

En bedömning av det i tabellen redovisade materialet visar att sambandet mellan störningsutbredning och antalet exponeringar var dåligt. Beträffande bullernivå föreligger, bortsett från tre områden, ett starkt samband mellan dB(A)-nivå och utbredningen av störningar ($r = 0{,}99$). I dessa områden varierade överflygningsfrekvensen mellan 54 och 174. Vid en närmare analys framgår att de tre områden som avviker i jämförelse med de övriga är exponerade för ett färre antal överflygningar (2, 9 och 36).

Tabell 8 Flygbuller och andelen mycket störda i undersökningsområden exponerade för 70, 80 respektive 90 dB(A).

Område	Antal exponeringar	Bullernivå	% mycket störda
OSL 1	54	70	6
OSL 2	63	79	23
OSL 4	63	92	39
CPH 1	2	70	1
CPH 2	163	71	7
CPH 3	163	71	6
CPH 5	174	90	35
CPH 6	174	80	21
GOT 1	36	85	3
BLL 1	9	80	0

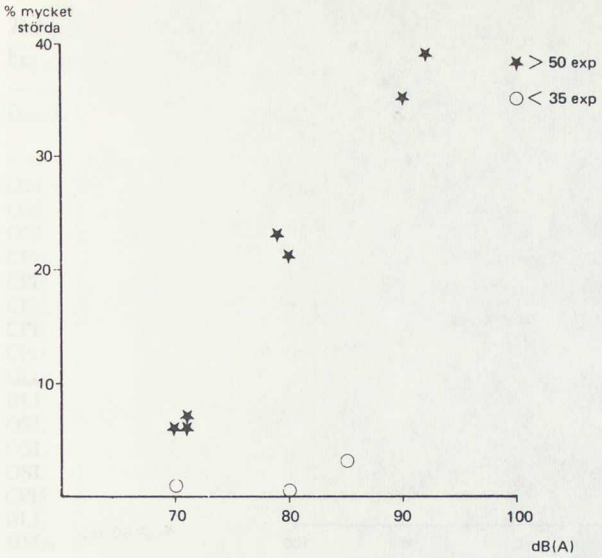


Fig 2. Sambandet mellan störningsutbredning och bullernivå för områden exponerade för >50 och för <35 överflygningar/24 timmar.

För den fortsatta analysen har en uppdelning skett av de undersökta områdena i sådana utsatta för ett lågt antal exponeringar (≤ 35/24 tim) och ett högt antal (≥ 50/24 timmar). Resultaten från tabell 8 redovisas i figur 2. Det framgår av figuren att för områden exponerade för >50 överflygningar/24 timmar ett starkt samband föreligger mellan utbredning av störningar och bullernivån i dB(A).

Resultaten från områden utsatta för olika bullernivåer redovisas i tabell 9.

Flygbullerexponeringen inom de i tabellen redovisade områdena avviker från den experimentmodell som tillämpats i undersökningen. En prövning av olika bullerexponeringskriterier för att erhålla bästa anpassning till det befintliga dos-effekt-sambandet i figur 2 visar att områden med totalt >50 exponeringar/dygn skall karakteriseras av den högsta ljudnivån vilket gäller även då den högsta bullernivån förekommer endast ett par ggr per dygn. Motsvarande anpassning av områden med en

Tabell 9 Flygbuller i områden med olika bullernivåer. Siffror inom parentes anger antal exponeringar för respektive bullernivå.

Område	Antal exponeringar	Maximal-buller dB(A)	Sekundär-buller dB(A)	% mycket störda
OSL 3	63	80 (24)	75 (39)	18
OSL 5	63	90 (24)	85 (39)	32
OSL 6	63	95 (24)	70 (39)	42
CPH 4	144	92 (3)	79 (141)	39
CPH 7	~100	84 (~15)	70–87 (~85)	24
BLL 2	9	89 (5)	82 (4)	3
MMA 1	8	75 (3)	70 (5)	3
MMA 2	18	79 (11)	70 (7)	3
MMA 3	29	90 (17)	70 (12)	8
MMA 6	18	80 (11)	75 (7)	8

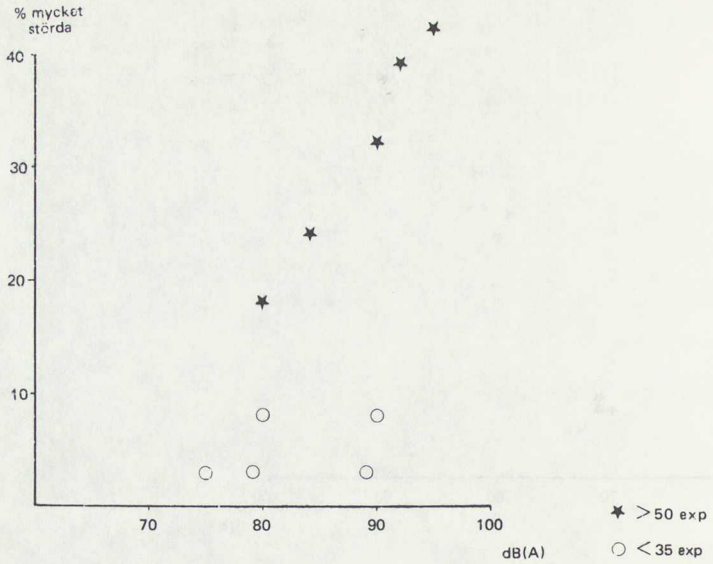


Fig 3. Samband mellan störningsutbredning och bullernivå för områden utsatta för olika bullernivåer.

exponeringsfrekvens ≤ 35/dygn visar också en god överensstämmelse med de övriga tre områdena. Resultaten redovisas i figur 3.

Resultaten från de områden där speciella bullerexponeringsförhållanden studerats redovisas i tabell 10.

Resultaten har jämförts med dos-effektmönstret i de tidigare redovisade resultaten. Det framgår då att resultaten från undersökningar i specialområden i stort sett överensstämmer med det tidigare funna mönstret men att ett område har en hög andel störda trots att det exponeras för ≤ 35 överflygningar. Bullernivån i detta fall är 95 dB(A) vilket tyder på att störningsutbredningen ökar också i lågexponerade områden vid höga bullernivåer.

De båda områdena exponerade för 45 överflygningar/dygn befinner sig mellan låg- och högexponerade områden.

Tabell 10 Flygbuller och andelen mycket störda i områden med speciella bullerförhållanden.

Område	Exposi-tionskarak-teristika	Antal exponeringar	Maximal-buller dB(A)	% mycket störda
BMA 1	Propeller	26	75	1
BMA 2	Propeller	26	80	4
ARN 2	Landning	45	76	9
ARN 3	Landning	45	85	21
MMA 5	Landning	20	80	1
VBY 1	Militärt/civilt	14	80	4
F13 1	Militärt	17	80	11
NRT 1	Sportflyg	5	80	10
LIN 1	Provflygning	18	95	20
LIN 2	Provflygning	12	87	2

Tabell 11 Andelen mycket störda i olika områden samt olika index beräknade för totalbullret (utom CPH 7 och MMA 6)

Område	$dB(A)_{max}$	$PNdB_{max}$	EPNdB	L_A	NNI	CNR	Mycket störda
OSL 1	70	77	83	47	26	87	6
OSL 2	79	89	94	56	36	96	23
OSL 4	92	98	106	68	40	105	39
CPH 1	70	79	85	44	15	79	1
CPH 2	71	80	86	53	32	89	7
CPH 3	71	79	85	53	31	89	6
CPH 5	90	100	103	72	52	110	35
CPH 6	80	89	94	61	43	101	21
GOT 1	85	94	100	59	33	95	3
BLL 1	80	91	96	52	26	96	0
OSL 3	80	87	92	52	28	89	18
OSL 5	90	99	102	65	46	112	32
OSL 6	95	103	108	68	42	105	42
CPH 4	92	102	104	61	41	103	39
BLL 2	89	99	102	58	34	104	3
MMA 1	75	87	89	46	25	85	3
MMA 2	79	91	95	57	27	90	3
MMA 3	90	102	104	61	38	102	8

Sammanfattningsvis visar resultaten att såväl antalet överflygningar (expositionsfrekvensen) som bullernivån är av betydelse för störningsutbredningen i ett område. Expositionsfrekvensen klassificerar ett område i olika kategorier.

Inom varje kategori bestäms sedan störningens utbredning av den maximala bullernivån, här uttryckt som medelvärdet av bullret från mest bullrande flygplanstyp. I högexponerade områden råder ett lineärt samband mellan störningens utbredning och bullernivå mellan 70 och 95 dB(A). I lågexponerade områden är störningsutbredningen låg upp till bullernivåer på över 90 dB(A).

För att jämföra de nya utvärderingsprinciperna med tidigare använda bullerindex har sådana beräknats för undersökningsområdena i tabell 8 och 9.

Resultaten redovisas i tabell 11.

Tabell 12 Korrelationen (r_{xy}) mellan olika bullerindex och störningsutbredning (mycket störda).

Exponerings-index	Samtliga områden	⩾50 exponeringar/dygn
$dB(A)_{max}$	0,69	0,99
NNI	0,63	0,75
NNI_S	0,75	0,80
CNR	0,68	0,87
CNR_S	0,68	0,90
NEF	0,69	0,88
L_{EPN}	0,69	0,86
LA	0,81	0,90
LA_S	0,82	0,91

Korrelationsberäkningar har utförts för sambandet mellan de olika bullerindex och andelen "mycket störda". Resultaten redovisas i tabell 12. De värden som beräknats även med hänsyn till sekundärt buller (bakåtbuller och buller från andra banor) har betecknats med s.

Av tabellen framgår att korrelationskoefficienten mellan störning och olika flygbullerindex samt dB(A) max varierar mellan 0,63 och 0,82 om alla i undersökningen ingående områden behandlas.

För områden utsatta för >50 exponeringar/dygn erhålles en hög korrelation mellan störningsgrad och dB(A) max. För dessa områden ökar också korrelationen för tidigare använda index men den överstiger aldrig 0,91.

För vissa undersökningsområden har områdets belägenhet i förhållande till kritisk bullergräns uttryckt i det antal dB(A) som området ligger från kritisk bullergräns beräknats. Resultatet redovisas i tabell 13.

Resultaten har illustrerats i figur 4.

Det framgår att sambandet mellan kritisk bullergräns och störningsutbredning är relativt dåligt. Sålunda kan man enligt det samband som illustreras i figur 4 vid eller strax innanför kritisk bullergräns finna en utbredning av andelen "mycket störda" som varierar mellan 1 och 17 %. Det framgår också av figuren att andelen "mycket störda" vid kritisk flygbullergräns ligger väl under 10 %.

I figur 5 illustreras sambandet mellan störningsutbredning och en annan enhet – ekvivalentnivån i dB(A), LA_q. Det framgår av figuren att också denna enhet ger ett oexakt förhållande mellan bullerexponering och störning.

Tabell 13 Undersökningsområdenas belägenhet i förhållande till kritisk bullergräns uttryckt som det antal dB(A) som området ligger från kritisk bullergräns. (+ anger att området ligger innanför och – utanför kritisk bullergräns.)

Område	dB(A)	% mycket störda
CPH 6	+ 10	21
ARN 3	+ 7	21
OSL 2	+ 5	23
BMA 2	+ 5	4
GOT 1	+ 4	3
OSL 3	+ 2	18
BLL 2	+ 2	3
MMA 2	0	3
CPH 3	0	6
BMA 1	0	1
VBY 1	0	4
CPH 2	– 2	7
ARN 2	– 2	9
CPH 1	– 5	1
BLL 1	– 6	0

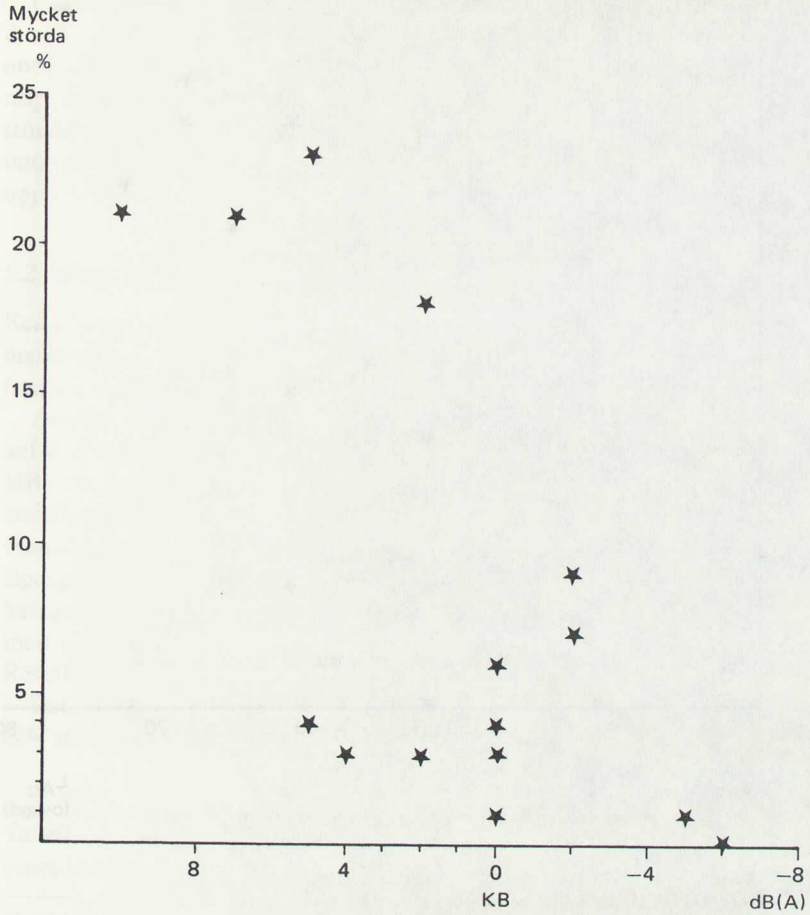


Fig 4. Undersökningsområdenas belägenhet i förhållande till kritisk bullergräns uttryckt som det antal dB(A) som området ligger från kritisk bullergräns (+ innanför, – utanför kritisk bullergräns).

4.3 Kommentar

Av de redovisade resultaten framgår att bullerindex baserade på lika energiprincipen inte optimalt uttrycker sambandet mellan flygbullerexponering och störningsutbredning. Ett väsentligt bättre samband erhålles om antalet överflygningar används för att klassificera området i olika exponeringskategorier, varefter bullernivån i dB(A) från den mest bullrande flygplanstypen relateras till utbredningen av störningar.

Utvecklingen av de nya principerna representerar delvis en anpassning av befintliga data till en viss hypotes i enlighet med tillvägagångssättet för den anpassning av olika bullerexponeringsindex som tidigare utförts för olika utländska undersökningar. Om den nya principen för samband mellan exponering för flygbuller och utbredning av störningar är generellt giltig måste den sålunda kunna påvisas också i andra undersökningar. I detta syfte har en reanalys företagits av data från utländska flygbullerundersökningar.

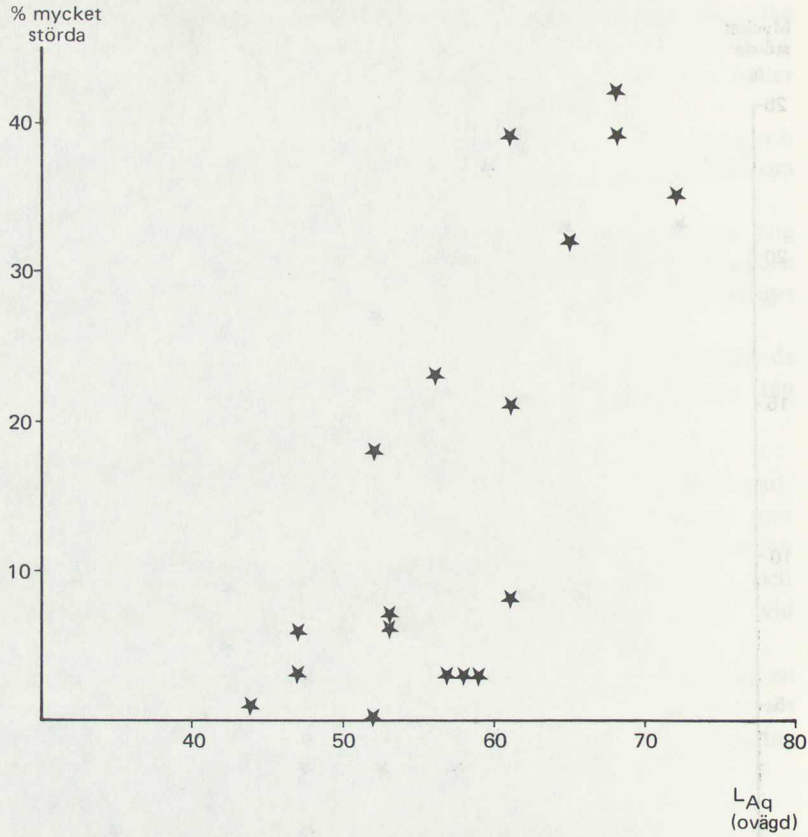


Fig 5. Sambandet mellan bullerexponering uttryckt i LA_q, ekvivalentnivå i dB(A), och störningsutbredning för det skandinaviska materialet.

5 *Reanalyser av utländska data*

5.1 Principer

Målsättningen för reanalyserna har varit att pröva om det reaktionsmönster som påvisats för sambandet mellan bullerexponering och störning i den skandinaviska undersökningen gäller också för utländska data. Reanalyser har företagits av en fransk, en holländsk, en tysk och en japansk flygbullerundersökning tidigare refererade i kapitel 1. Reanalyserna har inneburit att informationen om antal överflygningar och medelbullernivån vid enskild överflygning, vilka ej tidigare redovisats explicit, har framtagits.

För varje område har med ledning av uppgifter rörande antalet överflygningar en klassificering gjorts i exponeringskategorier. För varje område har sedan bullernivån bestämts med hjälp av standardiserade bullermattor för den i området mest bullrande flygplanstypen.

För utvärdering av störningsreaktioner ingick i den franska intervjuundersökningen frågor rörande störningsgrad som var identiska med de frågor vilka använts i den skandinaviska undersökningen. En direkt jämförelse mellan resultaten från de båda undersökningarna var således möjlig.

I de holländska, tyska och japanska undersökningarna ingick inte den direkta frågan rörande störningsgrad. För en jämförelse med dessa undersökningar var det i stället nödvändigt att använda sig av andelen respondenter i respektive undersökningsområde som angav att flygbullret störde vanligt samtal – en reaktion som i analysen av den skandinaviska undersökningen befunnits vara nära korrelerad med den totala störningsupplevelsen.

5.2 Resultat

Resultaten från bestämningar av bullerexponeringen uttryckt som dB(A) maximalnivå samt antalet överflygningar för de olika områdena i den franska undersökningen redovisas i tabell 14.

Antalet exponeringar i den franska undersökningen har uttryckts som antal överflygningar överstigande 80 dB(A) på grund av de tekniska kriterier som tillämpats vid mätningarna. Eftersom kriteriet för antalet överflygningar inte överensstämmer med vad som tillämpades i den skandinaviska undersökningen är frekvensgränserna mellan hög- och lågexponerade områden inte direkt jämförbara. De områden som blivit kategoriserade som högexponerade skulle emellertid ha blivit det även med utgångspunkt från kriterierna i den skandinaviska undersökningen. Resultaten har illustrerats i figur 6.

Det framgår av figuren att det förhållande mellan bullerexponering och störningsutbredning som påvisats för områden exponerade för mer

Tabell 14 Flygbullerexponering och utbredning av störningar i olika områden studerade i den franska flygbullerundersökningen.

Område	dB(A)	Exponeringar (> 80 dB(A))	% mycket störda
ORY 1	98	170	59
ORY 2	88	155	40
ORY 3	80	90	25
ORY 4	80	36	24
ORY 5	84	40	25
ORY 6	81	36	6
ORY 7	82	14	10
ORY 8	<60	2	4
LBG 1	94	50	52
LBG 2	90	40	21
LBG 3	83	32	13
LBG 4	75	17	6
LBG 5	76	5	11
MRS 1	97	37	28
MRS 2	80	34	7
MRS 3	66	10	11
LYS 1	96	17	22
LYS 2	90	12	6
LYS 3	77	3	3
LYS 4	<60	1	0

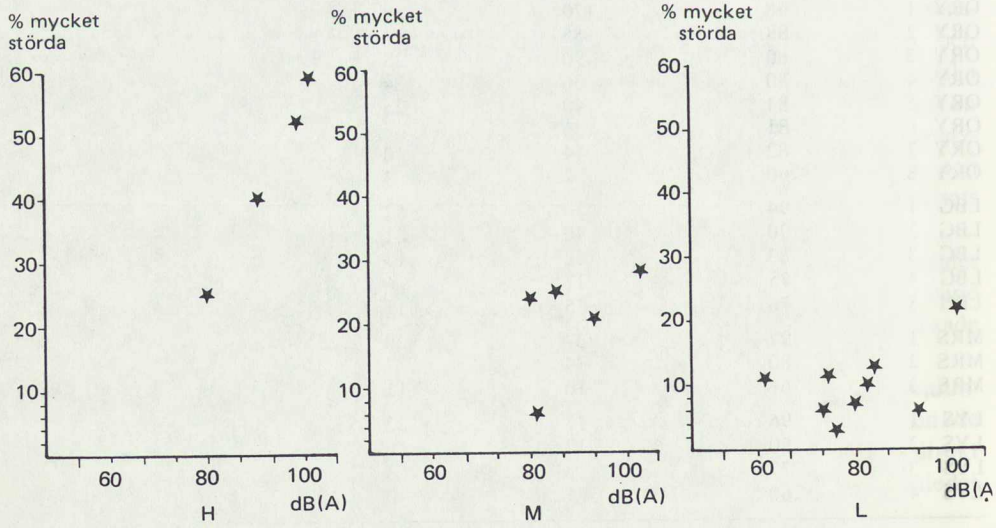
Tabell 15 Flygbullerexponering och utbredning av samtalsstörning i holländska, tyska och japanska flygbullerundersökningar.

Område	dB(A)	Exponeringar	% samtalsstörning
AMS 1	95	>50	66
AMS 2	97	>50	70
AMS 3	102	>50	89
AMS 4	101	>50	91
AMS 5	86	>50	37
AMS 6	83	>50	31
MUC 1	90	85	48
MUC 2	94	85	62
MUC 3	101	85	82
MUC 4	104	85	85
YOT 1	76	>50	12
YOT 2	88	>50	40
YOT 3	96	>50	80
YOT 4	106	>50	85

än 50 överflygningar/24 tim är identiskt med det som påvisats i den skandinaviska undersökningen. För områden exponerade för mindre än 35 överflygningar/dygn överensstämmer också reaktionsmönstret med resultaten från den skandinaviska undersökningen. Områden som exponerats för mellan 35 och 50 överflygningar/24 tim ligger mellan de tidigare nämnda huvudgrupperna.

Sambandet mellan flygbullerexponering och utbredning av samtalsstörning för de holländska, tyska och japanska flygbullerundersökningarna redovisas i tabell 15.

Fig 6. Sambandet mellan utbredning av störningar och bullerexponering i franska undersökningar
H. exponerade för >50 överflygningar
M. exponerade för 50–35 överflygningar
L. exponerade för <35 överflygningar



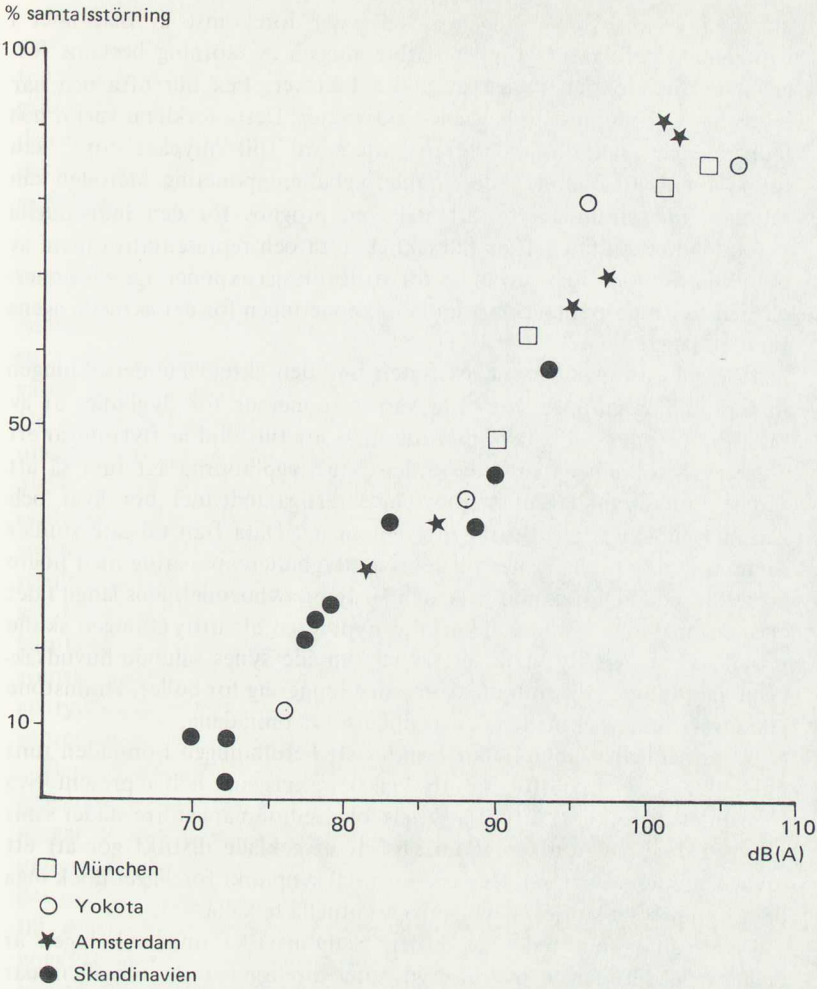


Fig. 7. Sambandet mellan samtalsstörningar och bullerexponering i de holländska, tyska och japanska flygbullerundersökningarna.

Det framgår av tabellen att alla områden i dessa undersökningar var exponerade för mer än 50 överflygningar. En detaljerad bestämning av antalet överflygningar kunde inte göras beträffande de holländska och japanska undersökningarna. I bägge fallen låg dock antalet exponeringar väl över 50/24 tim. Resultaten från tabell 15 har illustrerats i figur 7.

Det framgår av figuren att även för dessa undersökningar var sambandet mellan bullerexponering och utbredning av effekt i den exponerade befolkningen likartat som tidigare visats för den skandinaviska undersökningen.

6 *Diskussion*

6.1 Metodik

Den i undersökningen använda metoden för bestämning av störningsreaktionernas utbredning är internationellt vedertagen för att studera effekter

av olika agens i omgivningen i vad avser förekomst av olägenhet i exponerade befolkningsgrupper. Utbredningen av störning bestäms förutom av bullerexponeringen av andra faktorer, t ex hur ofta och när individen är hemma samt pågående aktiviteter. Detta förklarar varför hos individer alla reaktionsgrader från "inte störd" till "mycket störd" kan förekomma i ett område med samma flygbullerexponering. Metoden kan sålunda inte användas för att ställa en prognos för den individuella reaktionen. Resultaten från tillräckligt stora och representativa urval av befolkningen kan dock användas för att förutsäga exponeringsreaktionerna i en liknande population som där exponeringen för det aktuella agens varat en längre tid.

Möjlighet att generalisera resultaten från den aktuella undersökningen till befolkningsgrupper som inte varit exponerade för flygbuller är av väsentlig betydelse. Det kan inte uteslutas att till följd av flyttningar ett urval av befolkningen runt de undersökta flygplatserna ägt rum så att endast mot flygbuller mera motståndskraftiga individer bor kvar och känsliga individer inte flyttar in i områdena. Data från tidigare studier rörande störningsreaktioner till följd av flygbullerexponering med högre nivåer än de här förekommande och analyser av boendetidens längd i det aktuella materialet stöder dock inte hypotesen att utflyttningen skulle påverkas([13]). Att flytta till ett annat område synes sålunda huvudsakligen vara bundet till andra faktorer än exponering för buller, åtminstone i de nivåer som är aktuella i de här undersökta områdena.

Ur principiell synpunkt bör beaktas att befolkningen i områden runt olika flygplatser i och för sig inte kan betraktas som helt representativa för landets befolkning. Flygplatsernas lokalisation nära större städer samt utbyggnad av flygtrafiken inom särskilt utvecklade distrikt gör att ett urval kommer still stånd. Ur experimentell synpunkt föreligger dock inga data som belyser storleken av denna eventuella felkälla.

De resultat som redovisas i den skandinaviska undersökningen är begränsade till den bebyggelsetyp som föreligger i de områden där undersökningarna utförts. Det är möjligt att andra reaktionsmönster kan erhållas i bebyggelse av fritidstyp eller om områdena domineras av arbetsplatser, t ex kontor eller industrier.

Metoden för bestämning av flygbullerexponering i de aktuella undersökta områdena baserar sig på teoretiska beräkningar. De bullermattor som använts representerar standardiserade väder- och flygförhållanden. Resultaten från kontrollmätningarna i 70 och 90 dB(A)-området visar dock att tillförlitligheten av de teoretiska beräkningarna är hög. Bullerniváerna erhållna med standardiserade bullermattor kan därför anses utgöra ett relevant medelvärde för bullerexponeringen under en längre tid.

Antalet exponeringar som anges för olika områden representerar också en viss approximering av den verkliga exponeringssituationen och måste ses som ett index på flygfrekvens för de olika flygvägarna. Beräkningarna representerar medelvärden för längre tidsperioder varvid hänsyn inte tas till en eventuell ojämn fördelning i tiden av flygfrekvensen på en viss bana till följd av väderleksförhållanden etc.

Beträffande starternas fördelning över dygnet medger det föreliggande materialet inte någon analys av dennas betydelse. De slutsatser som framlägges beträffande sambandet mellan störning och bullerexponering gäller således endast för flygplatser med likartad dygnsfördelning som den i undersökningsområdena förekommande och gäller vidare endast för det flygmönster och de väderlekstyper som förekommer vid de undersökta flygplatserna.

6.2 Resultat

Andelen "mycket störda" vid kritisk bullergräns utgjorde i undersökningen 1–8 % i motsats till enligt 1956 års flygbullerutrednings förmodade värde på ca 20 %. Denna avvikelse kan förklaras av flera olika faktorer. Ur principiell synpunkt skulle olikheten mellan de formulär och de utvärderingsprinciper beträffande störningsreaktionen som användes 1958 i jämförelse med den aktuella undersökningen kunna orsaka skillnaden. En jämförelse mellan formulären och utvärderingen av störningsbegreppet har vid kontrollundersökningar emellertid gett samma resultat beträffande andelen mycket störda. En annan förklaring kan vara att det empiriska underlaget för kritisk bullergräns förutom erfarenheter hämtade från amerikanska undersökningar utgjorde en relativt liten svensk undersökning. Denna gjordes runt ett militärt flygfält varför attitydförhållanden, socioekonomiska förhållanden etc kan ha påverkat utbredningen av störningsreaktionerna vid denna flygplats.

Beräkningar av sambandet mellan tidigare använda flygbullerexponeringsindex och andelen "mycket störda" visar i olika utländska undersökningar en relativt hög korrelation trots att resultaten från här redovisade undersökningar visar att lika energiindex inte optimalt uttrycker sambandet mellan bullerexponering och utbredning av störningar. En anledning till detta är att tidigare utförda undersökningar företrädesvis omfattat högexponerade områden där skillnaden mellan lika energiindex och högsta bullernivå blir jämförelsevis liten. I materialet i den franska undersökningen har också bullernivå och antalet överflygningar kommit att bli korrelerade så att områden med högre antal överflygningar alltid utmärkts av högre bullernivåer. Detta förhållande stärker korrelationen till ett lika energiindex, och visar vanskligheten av att dra generella slutsatser av ett experimentmaterial, där de ingående exponeringsfaktorerna inte varieras på ett systematiskt sätt.

De nya principerna för sambandet mellan flygbullerexponering och utbredning av störningar är giltiga endast för flygplatser med en dygnstrafikfördelning som motsvarar den som gäller för den skandinaviska undersökningen. I stort sett motsvarande dygnsfördelning har förelegat också för de undersökningar som legat till grund för reanalyserna. Data tillåter inte att några säkra slutsatser dras rörande dos-responsförhållandet, då ett ökat antal rena nattflygningar uppträder. Någon på experimentella data grundad vägningsfaktor för nattflygningsfrekvenser kan därför inte uppställas.

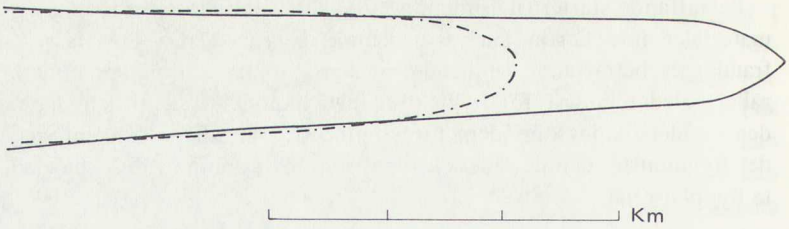


Fig 8. Bullerkonturer enligt modifierad lika energiprincip NNI (streckat) och max dB(A) – principen (heldraget) vid en medelstor europeisk flygplats.

6.3 Praktisk tillämpning

Enligt resultaten från föreliggande undersökning bör den hygieniska flygbullergränsen runt flygplatser bestämmas med ledning av de principer som utarbetats i den skandinaviska flygbullerundersökningen. För varje område runt flygplatsen skall sålunda en bestämning ske av antalet exponeringar (starter och landningar) ⩾70 dB(A) räknat som årsmedelvärde. Den hygieniska bullergränsen bestäms sedan av bullerkontur från mest bullrande flygplanstyp som förekommer mint ett par ggr dagligen.

En enligt ovan fastställd hygienisk flygbullergräns behöver ändras endast i de fall då exponeringen medför att ett område växlar exponeringskategori samt då förändringar sker av den mest bullrande flygplanstypen. En ökning av flygfrekvensen över 50 exponeringar/dygn kommer inte att leda till någon utvidgning av den hygieniska bullergränsen. En sänkning av bullernivån från den mest bullrande flygplanstypen eller ett borttagande av denna från trafiken över det aktuella flygområdet kommer att ge en till näst mest bullrande flygplanstyp motsvarande förändring av den hygieniska bullergränsen.

Om kriterierna baserade på lika energiprincipen eller modifikationer därav jämföres med den här föreslagna principen kan i vissa fall stora skillnader uppstå.

Bullergränser baserade på lika energiindex kan lämna betydande områden oskyddade i startbanornas förlängning vilket gör att stora befolkningsgrupper kan komma att utsättas för en exponering som förorsakar kraftigare störningar än i verkligheten avses vid den aktuella gränsen. Detta illustreras i figur 8. I vissa fall ger lika energiindex å andra sidan en för sträng bedömning vilket är fallet i lågexponerade områden med flygfrekvenser upp mot 50/24 timmar samt i områden med mycket höga överflygningsfrekvenser.

I jämförelse med bullergränser uppritade på grundval av lika energiindex föreligger för de nya principerna väsentligt bättre möjligheter att genom olika trafikreglerande åtgärder minska risken för bullerstörningar. Dirigering av trafiken med mest bullrande flygplanstyp till okänsligare områden eller en uppdelning längs olika flygvägar för en omvandling från hög- till lågexponerad områdestyp utgör exempel på praktiska åtgärder som direkt kan inarbetas i ett flygledningsprogram och där resultaten direkt kan överblickas på kartor med bullernivå från mest bullrande flygplanstyp inlagda.

7 *Sammanfattning*

Resultaten från den skandinaviska flygbullerundersökningen samt reanalyser av utländska data visar att störningar till följd av flygbullerexponering i första hand bestäms av antalet överflygningar samt bullernivån i dB(A).

Antalet överflygningar är av betydelse för att klassificera ett område i olika expositionsklasser. Vid exponeringsfrekvenser över 50/24 tim medför en ytterligare ökning av frekvensen ingen höjning av störningsupplevelsen.

Inom varje klass bestäms störningarnas utbredning av den maximala bullernivån – i detta fall fastställd som bullernivå från mest bullrande flygplanstyp. I det föreliggande materialet har ett lineärt samband mellan störningarnas utbredning och bullernivå påvisats mellan 70 och 95 dB(A) för områden exponerade för mer än 50 överflygningar/dygn.

För övriga överflygningsklasser tillåter materialet för närvarande inte att säkra dos-respons-förhållanden konstrueras i mellanklasserna. En approximering av tillgängliga data ger vid handen att – förutom för områden exponerade för mindre än 35 överflygningar/24 timmar – dos-responskurvan förlöper parallellt med den som gäller för den högexponerade klassen så att med lägre antal överflygningar en successivt ökande dB(A)-nivå tolereras för samma störningsutbredning också i detta fall inom området 70–95 dB(A).

8 *Referenser*

1 Noise as a public health hazard. The American Speech and Hearing Association, ASHA Report No 4, Wash. D.C., 1969.

2 Lukas, J.S., Peeler, J. and Kryter, K.D. Effects of sonic booms and subsonic jet flyover noise on skeletal muscle tension and a paced tracing task. Stanford Res. Institute, California, Sept. 1969; 1–38.

3 Harmon, F.L. The effects of noise upon certain psychological and physiological processes. Archives of Psychology 1933, 23; 5–81.

4 Lukas, J.S. and Kryter, K.D. A preliminary study of the awakening and startle effects of simulated sonic booms. NASA CR-1193, 1968.

5 Steinicke, G. Die Wirkungen von Lärm auf den Schlaf des Menschen, Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums Nordrhein-Westfalen, No. 416, 1957.

6 Teichner, W.H., Arees, E. and Reilly, R. Noise and human performance, a psychophysiological approach, Ergonomics 1963, 6; 83–97.

7 Laird, D.A. The influence of noise on production and fatigue, as related to pitch, sensation level, and steadiness of the noise. J. Appl. Psychol. 1963, 47; 320–330.

8 Lang, J., Jansen, G. Report on the environmental health aspects of noise research and noise control. WHO Report EURO 2631, May 1967.

9 Jerison, H.J. Performance on a simple vigilance task in noise and quiet. J. Acoust, Soc. Amer. 1957, 29; 1163–1165

10 Arvidsson, Ola. Om manifestationer av bullerstörning. Stockholm 1972.

11 Arvidsson, O., Jonsson, E., Sörensen, S. Betydelsen hos uppgifter om subjektiva besvär till följd av bullerexpositioner. Hyg. Tidskr., band XLIX, 1968; 14–20.

12 Jonsson, Erland. Annoyance reactions to external environmental factors in different sociological groups. Act. Soc., vol. 7, 1964.

13 Sörensen, Stefan. On the Possibilities of Changing the Annoyance Reaction to Noise by Changing the Attitudes to the Source of Annoyance. Nordisk Hygienisk Tidskrift, Supplementum 1, Stockholm 1970.

14 Jonsson, E., Sörensen, S. "Studier av tillförlitligheten i prognoser rörande besvär till följd av buller och luftföroreningar. Opublicerat.

15 Jonsson, Erland. Om olika metoder för studier av yttre miljöfaktorers störande effekt. Act. Soc., vol. 7. 1963.

16 Cederlöf, R., Jonsson, E., Kaij, L. Om representativiteten hos opinionsyttringar och opinionsyttrare vid ett hälsovårdsärende. Stencil 1965.

17 Borsky, P.N. 1954. Community aspects of aircraft annoyance. Natl. Op. Res. Center. Univ. Chicago Report 54, Chicago.

18 Borsky, P.N. 1961. Community reactions to air force noise. Natl. Op. Res. Cen. Univ. Chicago, WADD TR 60-689 (II), p. 1–171.

19 SOU 1961:25. Flygbuller som samhällsproblem.

20 Noise, 1963. Final Report: Committee on the problem of Noise. H.M. Stationary Office. Cmnd 2056, 1963.

21 McKennel, A.C. 1963, Aircraft noice annoyance around London (Heathrow) airport – the social survey. Central Office of Information, London, SS 337.

22 Kosten C.W. de Zwann G.W., Steenbergen M.H., Falkenhagen C.A.F. de Jonge J.A.C. and van Os G.J. 1967. Geluidhinder door vliegtnigen. Report 1967, p. 1–119.

23 Centre Scientifique et technique du bâtiment. 1968. La gêne causée par le bruit autour des aéroports. Paris 1968, p. 1–129.

24 Hazard, W.R. 1971. Predictions of noise disturbance near large airports. J. Sound and Vibration 15:425–445.

25 Second Survey of Aircraft Noise Annoyance around London (Heathrow) Airport. 1971. HM Stationary Office London, p. 1–193.

26 Alexandre A. 1970. Prevision de la géne due au bruit autour des aéroports et perspectives sur les moyens d'y remedier. Anthropologie Appliquée 28/70, p. 1–151.

27 Osada, Y. Community reactions to aricraft noise in the vicinity of airports. Bull Inst Publ Health (Tokyo) 1971, 20:119–127.

Summary in English
The Committee's deliberations and proposals

1 *Introduction*

The rapidity with which public transport has developed has made traffic noise a social problem. The task of the Traffic Noise Committee has been to chart this problem and to indicate how the disturbing effect of traffic noise on the social environment can be reduced.

Like other measures in the field of environmental policy, the aim of the Committee's proposals is to secure a good environment for people. In the opinion of the Committee this means that consideration must be taken not only to obvious threats to health but also to disturbance which affects comfort. In respect of noise it has been determined that certain degrees of noise induce clearly proven effects such as damage to hearing, disturbed sleep, and nervous trouble. Consideration to comfort in the home environment, the working environment and the recreational environment, however, means that when formulating a basis for the community measures to be adopted a considerably lower degree of noise impact than those apparently detrimental to health must be applied as the starting point. On this basis the Committee found that a prerequisite for realizing the desire for a good environment is that traffic noise must be restricted in houses, work premises, recreation areas and other areas where people normally spend their time.

The noise which undoubtedly affects the greatest number of people is road traffic noise. This problem is discussed in a sub-report (Road Traffic Noise, SOU 1974:60) presented previously by the Committee.

The intensive development of air traffic, the transition to jet aircraft by both military and civilian operators, and the fact that in some cases airfields and housing areas are far too close to each other, have resulted in high noise levels in housing areas. It is essential to prevent new airfields or housing areas being located in such a way that environments are created which are unsatisfactory from the point of view of noise. At the same time it is important to try to improve the existing noise situation in environments where conditions are unacceptable. Moreover, is it essential to prevent more housing areas being subjected to noise as a result of a continuous increase in traffic at existing airfields.

An important means of control in this context are standards incorporating limits on the highest noise immission permitted in areas

normally occupied by people. The Committee has therefore drawn up proposals for such standards.

The most effective, and at the same time often the only way to restrict the increase in air traffic noise is to reduce the noise of aircraft engines. Awareness of this fact has resulted in extensive international efforts to try and develop uniform demands with regard to the noise emission of civil aircraft. This work is being primarily carried out by ICAO and Sweden is participating in it. In view of the international nature of air traffic the scope for special national regulations in respect of emission requirements is extremely limited. In view of this fact the emission standards proposed by the Committee agree on all essential points with the standards and proposed standards developed by ICAO.

2 *Immission standards*

With regard to drawing up immission standards, it is important to try to clarify the meaning of and the interaction between the medico-hygienic, technical, economic and social factors which should form the basis of these standards. In respect of immission limits for aircraft noise, the aim of the Committee has been the same as for determining immission limits for road traffic noise, namely that the limits must primarily be determined with regard to the effects on people caused by the noise.

In order to determine how much noise disturbance can be accepted in a community the Committee has studied in detail the connection between exposure to noise and disturbance. On behalf of the Committee a special sociological survey was conducted by the Department of Environmental Hygiene at the National Swedish Environment Protection Board in areas near a number of Scandinavian airfields. The results of this survey, which were found to tally well with those of comprehensive foreign surveys, indicate that the subjective disturbance effect is generally the most concrete basis for an assessment of how much noise can be tolerated in a community. On the basis of this the Committee has concluded that immission limits for aircraft noise – in a compatible way as was the case in respect of road traffic noise – should primarily be based on the results of sociological surveys of subjective reactions among people living in the vicinity of airfields. Activity disturbances such as difficulty in conversing and in sleeping should, however, also be considered.

The costs involved in an implementation of the Committee's proposals regarding measures to protect people from noise are expected to affect the economy only moderately. The cost aspect has not played as important a part in the choice of level of ambition as was the case when determining limits for road traffic noise.

Connection with other noise disturbances

Air activity comprises one of the many sources of noise in society. As previously mentioned above, a sub-report presented by the Traffic Noise

Committee discussed road traffic noise and the Committee has yet to examine the question of noise from pleasure boats. Not contained in the scope of the Committee is the noise created by trains and trams. Apart from traffic, however, there are a number of other noise sources which combined may be said to create community noise. Most apparent, especially in view of co-ordination problems, is the noise created by industries and so forth, noise from building sites, and noise caused by elevators, ventilating systems and similar within a building. It would in itself be desirable to be able to indicate noise limits for aircraft so that the effect of various sources of noise could be balanced. Knowledge of the interaction effect of various noise sources as regards disturbance is, however, insufficient at present and requires further research.

The Committee has not found it possible to pay special attention to the effect of other noise sources when determining limits for aircraft noise.

The structure of standards and limit values

It has been found necessary to differentiate the standards in various respects. The system of standards should be differentiated in such a way that it reflects differences in how people experience disturbance. This means that different standard limits should be stipulated for different categories of premises according to the differences in sensitivity to disturbance that may be expected to prevail in these premises. This would make it easier for activities which are not sensitive to disturbance to utilize land where housing should not be located.

Of the various quantities of exposure that could be applied, the equivalent noise level in dB(A) is in the opinion of the Committee practically as relevant as the more complicated quantities that have been developed to reflect man's varying sensitivity when assessing the degree of disturbance. The Committee has found that the practical application of a system of standards is considerably facilitated if the equivalent noise level is taken as the basis for a 24 hour value. In view of differences in sensitivity to disturbance, it has in various contexts been judged reasonable to place more value, from the point of view of disturbance, on noise occurring during the evening and at night. The Committee applied the same emphasis when discussing road traffic noise. Also in respect of aircraft noise the Committee considered it reasonable to assess disturbance occurring in the evening and at night more severely than that occurring during the day. In this context the Committee has found it motivated from the point of view of disturbance to equate one evening flight with three daytime flights and one night flight with ten daytime flights. This means that an evening flight is considered 5 dB(A) more severe than a daytime flight and a night flight 10 dB(A) more severe than a daytime flight. In this way a given standard limit will be reached for less evening and night flights than daytime flights. The Committee has found it suitable to consider evening as being between 1900 and 2200 hrs and night between 2200 and 0700 hrs, the rest of the

time being regarded as daytime.

With regard to what has been stated, the Committee has as a measure of exposure chosen the A-weighted equivalent continous sound level weighted for different times of the day. This is designated flight noise level (FBN, flygbullernivå). At periods of very low traffic density such high peak noise levels can occur that they are considered disturbing without the equivalent level being high. The Committee has therefore found it justified to set an upper limit for such peak levels. The quantity used in this context is the highest noise level L_{Ahmax} in dB(A). This quantity of exposure indicates the average value of the maximum peak level occurring at a certain point in the event of flights employing the aircraft giving most noise which not only temporarily uses a certain flight path.

The considerations described above have resulted in the norms and limits for maximum permissible noise levels tabulated below.

Immission Limits, Aircraft

Area	Basic limit		Existing environment		Maximum noise level L_{Ahmax}, dB(A)
	Flight Noise Level FBN dB(A)		Flight Noise Level FBN dB(A)		
	Indoors	Outdoors	Indoors	Outdoors	Outdoors
Dwelling, health and educational premises	30	55	40(30)	65	100
Educational premises such as auditoriums	25	–	35(25)	–	–
Working premises for non-noisy activities	40	–	50(40)	–	–

Note: Limits in parentheses indicate new buildings or radical reconstruction in existing areas.

The limits proposed for aircraft noise immission have been divided between so-called basic values and values for existing environments. The basic values are those motivated by social and medical aspects and therefore in the opinion of the Committee they should comprise the target for what should be the maximum acceptable noise immission in Sweden. The basic values are intended to be applied when planning new housing areas near existing or planned airfields and when planning new airfields. The basic value FBN 55 dB(A) is ruffly concistent with critical noise limit, the standard hitherto used in Sweden. According to facts which emerged during the course of the Committee's work, 5–10 % of a normal population is very disturbed by aircraft noise at this level.

The values for existing environments are intended to be applied when examining noise conditions within an existing housing area near an existing airfield, i.e. in a situation where both the airfield and the housing area exist when the standards are issued. The fact that these values have

been set higher than the basic limits is due to the following circumstances.

To restrict noise immission to basic limits everywhere and in all contexts cannot, with the technology available today, be done without extensive changes in existing housing environments. Such changes would many times involve such considerable alterations that although they might be economically viable, they cannot be considered to be in reasonable proportion to the targeted environmental improvement. Thus with a lack of possibility of sufficiently reducing specific noise levels outdoors, housing areas which are perhaps appreciated and of value from other points of view, could in many cases not be retained for their purpose. Higher limits than the basic values must therefore be accepted in certain situations. It appears that excesses of up to 10 dB(A) could be accepted but when they are more than 10 dB(A) in excess, i.e. reach levels exceeding FBN 65 dB(A), the disturbance reactions are so serious that the situation becomes unacceptable. According to the facts which emerged during the course of the Committee's work, every third or fourth person is very disturbed at the level mentioned. To exceed this level must therefore be considered as constituting a sanitary nuisance in the sense of the Public Health Act. Housing areas subjected to such noise levels should in principle be abandoned. The above does not, however, mean that the Committee feels that higher limits than the basic limits should be accepted without question, since overstepping these limits involves averting from the aims intended. It is therefore important that all possibilities of limiting excesses be tried.

It is suggested that the limits not be given the character of legally binding standards. They are intended merely to be guidelines for the assessment which must in all cases be made in each individual instance on the basis of local factors and special circumstances. Therefore it could also happen in rare cases that even higher limits than those indicated in the table for an existing environment cannot be avoided for technical or other reasons.

Legal control – questions of liability

The proposed immission standards acquire actual practical meaning first when based on a legislation which can constitute a basis for demands for measures when the standards are not complied with. Already today there are law stipulations intended to protect people against unacceptable noise levels. Thus both the Environmental Protection Act and the Public Health Act as well as the Building Act to some extent, all contain regulations on this point. The demands placed by these laws, however, are couched in general terms. The Committee's standards proposals can like corresponding proposals regarding road traffic noise be considered as being a concretization of the content of the legislation mentioned and should thereby considerably facilitate its application. In the opinion of the Committee the association with legislation can best be achieved by issuing the standards as recommendations and instructions. This would

provide the desired firmness in application without the administrative procedure of examination of applications for dispensation and so forth that would result in the event of an introduction of legally binding standards issued as a part of legislation.

With regard to the issue of the standards proposals the Committee has assumed that the standards would have to be applied in the following cases:

- when drawing up and determining plans, when examining applications for building permission, in accordance with building legislation,
- when examining applications for concessions for airfields in accordance with the Environmental Protection Act,
- when examining applications for permission and regulations for airfields under the terms of aviation legislation, and
- when examining under the terms of the Environmental Protection Act and the Public Health Act questions involving protective measures etc. within the existing environment.

As in the case of road traffic noise the Committee suggests that the standards be issued as instructions for building and public health legislation. It is presupposed that they also be adopted in the implementation of the Environmental Protection Act.

With regard to responsibility for inconvenience caused by noise and therefore responsibility for ensuring that the required measures be taken to meet the proposed requirements of the immission standards, the Committee bases its views primarily on the Environmental Protection Act, under the terms of which a person causing inconvenience by indulging in activities detrimental to the environment must take reasonable protective measures or accept a restriction of the activity in question. The Environmental Protection Act refers only to disturbance emanating from real estate, including permanent traffic facilities such as airfields. Aircraft noise can be said to emanate from an airfield not only when it occurs in connection with the movement of aircraft on the actual airfield but also when it emanates from airborne aircraft if the aircraft's flight can be said to be in direct and immediate relation to activities on the airfield, i.e. if it is a question of noise created by or connected with starting and landing procedures. The airfield operator is liable under the terms of the Environmental Protection Act in such contexts.

The responsibility for inconvenience caused by noise can involve liability to pay for the insulation of buildings or for redemption, encroachment or damage. It can also involve liability to restrict the extent of air traffic, to change daily distribution of air traffic, to modify inbound and outbound flight paths laterally or vertically etc.

The person who has ultimately caused the noise, however, is not the airfield operator but the person who utilizes and benefits by the airfield, the passenger. The Committee therefore feels there is good reason to in

principle require the passengers to pay the costs involved in restricting noise at civilian airfields.

Even though the measures taken to restrict aircraft noise are considerably less extensive than those applied, for example, in the case of road traffic noise, it must be expected that it will take some time before all the measures required to satisfy the standards in the existing environment have been implemented. Conditions which are unsatisfactory from the point of view of environmental hygiene may therefore have to wait until measures have been implemented. Where applicable it is, in the opinion of the Committee, important that noise be combatted with due consideration to the extent of the convenience caused and that the worst disturbance be eliminated first. In order to facilitate this the Committee proposes that the municipalities assist in preparing a programme for the implementation of these measures – a programme graded according to urgency. This work would probably be assigned to local boards of public health as a part of their responsibility to eliminate and prevent inconvenience caused by disturbing noise. In the opinion of the Committee such programmes should be prepared in close co-operation with airfield operators and should also be able to function as a basis for an agreement between the airfield operator and the municipality regarding priority, structure and financing of these measures.

Financing

The Committee's directives do not include instructions to submit proposals regarding the financing of the measures contained in the Committee's proposals. The Committee has, however, indicated the following views on how financing could be arranged.

To implement the immission standards proposed by the Committee would require Skr 15–20 million[1] p.a. over a period of ten years. The costs involved would primarily be the responsibility of the airfield operator and in particular the National Swedish Civil Aviation Administration (CAA) which operates and administers the largest airfields in Sweden. The costs imposed on the CAA – Skr 9–12 million – could not be borne by the CAA unless its income were increased. In accordance with what the Committee has in various contexts stated with regard to the fact that the person causing the noise should also pay for its restriction, these costs should primarily be financed by levying charges on air activity. This can be done by charging a special fee parallel with those fees already levied by the CAA on air activity.

The costs not incurred by the CAA are estimated mainly to refer to military airbases. Such costs should be included in the defence budget.

Certain costs would also be incurred by municipal and privately operated airfields. These costs could be covered by special fees. The Committee feels that this question could best be decided by the airfield operators involved.

[1] Price level 1.7.1974.

Planning instructions

Even though the choice with regard to limiting the spread or level of aircraft noise by introducing measures is very restricted, alternative measures are possible in certain situations. In the selection of measures to be adopted the most advantageous solution with regard to noise-reducing effect, costs, adaption to the environment, air traffic prerequisites etc., should obviously be chosen. The proposed immission standards have been formulated in such a way that various measures can be selected. In view of this the Committee has found that special instructions or recommendations regarding which measures should be taken to satisfy the requirements of the immission standards should not be issued. The Committee has restricted itself to outlining suitable planning procedures and suggests that more detailed planning instructions should be drawn up in connection with the instructions for the building statute which the Committee proposes the Board of Planning should issue.

Control methods

In newly planned areas and in existing environments there must be facilities for checking whether the requirements stipulated in the immission standards are complied with. This can be done by calculation estimates as well as by measuring.

More detailed formulation of control method should, in the opinion of the Committee, be presented in the instructions which the Committee proposes should be appended to the building statute and the Public Health Act.

3 *Emission standards*

The limited possibilities available when implementing immissionrestricting measures in respect of aircraft noise, make it essential to as far as possible reduce the noise already at the source, i.e. by reducing noise on the actual aircraft. Because of the international nature of air traffic, Sweden must in all essentials apply emission standards which primarily concur with those developed by the international bodies created for this purpose and in whose work Sweden participates.

International standards in respect of the maximum acceptable noise emission by civilian aircraft have been drawn up by ICAO. These standards are presented in the Chicago Convention, Annex 16 "Aircraft Noise".

ICAO is working on extending the sphere of application of Annex 16 as rapidly as international agreement can be reached, and is also increasing the requirements contained in these standards. Binding standards have hitherto been adopted for light and heavy new jet aircraft built for subsonic speeds. Regulations concurring with this have been issued by the CAA and are shown in figure 1. In the case of new light propellor aircraft there are standards which have been adopted by ICAO

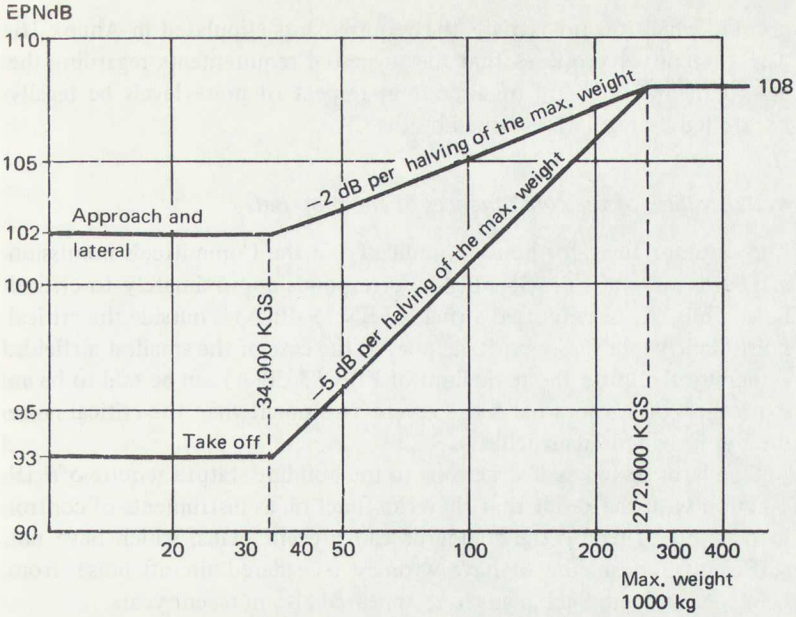


Figure 1. Max. sound levels at noise certification of jet aircraft according to Annex 16.

as recommendations, and in the case of new heavy propellor aircraft standards are being prepared. There are also plans to apply the standards applicable to jet aircraft to such jet aircraft as are built without any noise restriction requirements.

The Committee's proposals

The proposed emission standards may be summarized as follows. The Committee proposes

1. that w.e.f. 1978 it be required that secondhand jet aircraft manufactured without noise limitation specifications must satisfy the requirements currently stipulated in Annex 16 in order to be eligible for registration in Sweden
2. that current rules regarding subsonic jet aircraft be extended to include supersonic aircraft
3. that the recommendation adopted by ICAO regarding standards for light propellor aircraft be adopted as a Swedish standard
4. that standards for jet aircraft also be made applicable to heavy propellor aircraft manufactured after 1976 and that w.e.f. 1978 secondhand heavy propellor aircraft manufactured prior to 1977 be required to satisfy the requirements currently stipulated in Annex 16 in respect of jet aircraft in order to be eligible for registration in Sweden.

The Committee also proposes that the results of current international efforts be awaited before any opinion is formed with regard to standards for V/STOL aircraft, including helicopters, and for Swedish-registered jet

aircraft which do not satisfy the requirements stipulated in Annex 16. The Committee proposes that the suggested requirements regarding the environmental standard of aircraft in respect of noise levels be legally controlled by regulations issued by the CAA.

4 *Illustration of the consequences of the proposals*

The outdoor limit for housing, indicated in the Committee's immission standards system, FBN 55 dB(A), corresponds approximately to critical noise limit. At heavily used airfields FBN 55 dB(A) is outside the critical noise limit while the opposite applies in the case of the smallest airfields. Generally therefore the basic limit of FBN 55 dB(A) can be said to be an expression of a somewhat more severe assessment than the critical noise limit at heavily used airfields.

Standards issued as instructions to the building statute acquire official sanction with the result that they can function as instruments of control in planning. Thereby the standards can prevent plans, which have not sufficiently considered or have wrongly considered aircraft noise, from being determined. Such plans have appeared also in recent years.

Hitherto there have been no immission standards intended as a guide in the assessment of existing conditions and possible needs for the adoption of measures in existing housing areas. The limit curve for the outdoor limit for houses proposed by the Committee FBN 65 dB(A) coincides approximately with the critical noise limit plus 15 dB(A). The Committee presupposes that standards issued as instructions to the Public Health Act will probably be regarded as a concretization of the environmental-hygienic requirements included in current environmental protection legislation. The standards will thereby form guidelines for assessments of what measures need to be taken.

The Committee has estimated the total number of dwellings for permanent occupants that would be located within the limit curves calculated for 1985 traffic conditions for FBN 55 and 65 dB(A) respectively at the airfields then in operation at 15,000 to 20,000 and 1,000 to 1,500 respectively. It is assumed that this housing will for the most part consist of villas. The multi-family housing located around airfields is primarily situated in the outer areas of the sectors studied, i.e. between the limit curves for FBN 55 and 60 dB(A). The total number of people living permanently within the limit curves for FBN 55, 60 and 65 dB(A) calculated for 1985 can be estimated at circa 100,000, circa 25,000 and circa 5,000 respectively.

It appears than less ten percent are very disturbed at FBN 55 dB(A) while the corresponding figure for FBN 65 dB(A) is 25–30 %. The Committee's proposals mean that in principle there should be no housing within the limit curve for FBN 65 dB(A). In the area between the limit curves for FBN 65 and 55 dB(A) on the other hand occupancy of existing buildings – with a few new additions – can be accepted. Most occupants of the latter area should in view of what has been mentioned above concerning the structure of housing live in the outer parts of the

area, i.e. between the limit curves for FBN 60 and 55 dB(A). It is estimated that occupants of this area will be relatively little affected by aircraft noise. The Committee has therefore felt it to be correct to try to retain the housing environments located here. The improvements as regards noise that could be achieved are not considered to be in reasonable proportion to the sacrifices, in other respects than merely economic, that such improvements presuppose. The Committee has therefore found that housing environments existing here and the service functions associated with them should as far as possible be retained.

Generally it is not possible to restrict aircraft noise levels outdoors by building measures. Measures are restricted to attempts to limit indoor levels by means of insulation. As long as outdoor levels do not exceed the outdoor level for housing in existing environments that the Committee has proposed, namely FBN 65 dB(A), it should to a large extent be possible to adhere to the proposed indoor limit for houses, FBN 40 dB(A) without special insulation measures having to be taken. Insulation measures would probably be required to a certain extent, however, especially in such areas comprising villas, terraced housing and similar buildings. The cost of such measures and redemption of properties located within areas with a higher aircraft noise level than 65 dB(A) has by the Committee been estimated at Skr 150–200 million or circa Skr 15–20 million p.a. over a ten year period, corresponding to a discounted cost of about Skr 100 million. In the opinion of the Committee this cost must be considered reasonable and reflects the circumstance mentioned above that radical alterations to existing environments are not intended.

It is the Committee's fundamental opinion that the person who causes noise should also pay the cost of limiting the inconvenience it causes. In respect of aircraft noise this means the above mentioned costs should primarily be paid by air traffic. The cost increases that might result for civil aviation as a consequence of the Committee's proposal are not so large that they are accorded any decisive importance in the Committee's choice of position. It has not been the Committee's task to submit any proposals regarding means of financing these increases, but as an example it may be mentioned that if the estimated cost of counter-measures against noise were to be paid by air passengers, this would mean an increase of the present passenger fee by circa Skr 5:– per international passenger and by circa Skr 1:– per domestic passenger.

In the case of military aviation the Committee's proposals involve costs in the order of Skr 5–6 million p.a. over a ten year period.

Common to the whole system of immission standards is that it makes it easier for all the parties involved to work with common references. In this way unity in assessments and mutual understanding in the solution of existing problems can be achieved.

With regard to the Committee's proposals for emission standards, these, as previously mentioned, follow the international standards which have been issued or are being discussed.

The emission limiting measures that these standards presuppose and that are already partly applied in the manufacture of new aircraft will

probably result, despite the successive increase in air traffic, in there being no need to fear any increase of total emission during the period discussed by the Committee when formulating its proposals or until the mid-1980s. On the other hand it would be unrealistic to expect any marked reduction of emission during the period indicated in view of the increase in traffic and the fact that a considerable number of the aircraft in use today have such a long lifespan that they will probably be in use for most of the 1980s.

Statens offentliga utredningar 1975

Kronologisk förteckning

1. Demokrati på arbetsplatsen. A.
2. Psalmer och visor. Del 1:1: U.
3. Psalmer och visor. Del 1:2: U.
4. Psalmer och visor. Del 1:3: U.
5. Bättre bosättning för flera. S.
6. Huvudmannaskapet för specialskolan och särskolan: U.
7. Framtida studerandehälsovård: U.
8. Utlandssvenskarnas rösträtt. Ju.
9. Individen och skolan: U.
10. Rörlig pensionsålder. S.
11. Svensk press. Tidningar i samverkan. Fi.
12. Totalfinansiering. B.
13. Vägtrafikolyckor och sjukvårdskostnader. S.
14. Konstnärerna i samhället: U.
15. Kommunal rösträtt för invandrare. Kn.
16. Kriminalvårdens nämnder. Ju.
17. Markanvändning och byggande. Remissammanställning utgiven av bostadsdepartementet. B.
18. Förtroendevalda och partier i kommuner och landsting. Kn.
19. Konsumentskydd på låsområdet. H: (Utkommer hösten 1975)
20. Särskilda regler för handläggning av anmälan mot polisman. Ju.
21. Pensionsförsäkring. Fi.
22. Lag om allmänna handlingar. Ju.
23. JO-ämbetet: Uppgifter och organisation. R.
24. Tre sociologiska rapporter. Ju.
25. Å jour. Om journalistutbildning: U.
26. Forskningsråd: U.
27. Politisk propaganda på arbetsplatser. A.
28. Program för ljud och bild i utbildningen: U.
29. Medborgerliga fri-och rättigheter i vissa länder. Ju.
30. Barnens livsmiljö. S. (Utkommer hösten 1975)
31. Samhället och barns utveckling. Barnmiljöutredningens rapport 1. S. (Utkommer hösten 1975)
32. Barns hälsa. Barnmiljöutredningens rapport 2. S. (Utkommer hösten 1975)
33. Barns uppfostran och utveckling. Barnmiljöutredningens rapport 3. S. (Utkommer hösten 1975)
34. Förskolan, skolan och fritiden. Barnmiljöutredningens rapport 4. S. (Utkommer hösten 1975)
35. Barnfamiljernas ekonomi. Barnmiljöutredningens rapport 5. S. (Utkommer hösten 1975)
36. Barnen och den fysiska miljön. Barnmiljöutredningens rapport 6. S. (Utkommer hösten 1975)
37. Barn och föräldrars arbete. Barnmiljöutredningens rapport 7. S. (Utkommer hösten 1975)
38. Barnkultur. Barnmiljöutredningens rapport 8. S. (Utkommer hösten 1975)
39. Statsbidrag till kommunerna. Fi.
40. Trafikolyckor och statistik. K.
41. Kommunal demokrati. Kn.
42. Kommunal demokrati. Sammanfattning. Kn.
43. Kvinnor i statlig tjänst. Fi.
44. Etablering av miljöstörande industri. B.
45. Vidareutbildning i internationell marknadsföring. H.
46. Kommunal organisation och information. Kn.
47. Kollektivtrafik i tätort. K.
48. Kollektivtrafik i tätort. Bilagor. K.
49. Massmediegrundlag. Ju.
50. Internationella koncerner i industriländer. I.
51. Bostadsförsörjning och bostadsbidrag. B.
52. Bostadsförsörjning och bostadsbidrag. Bilagor. B.
53. Beskattning av realisationsvinster. Fi.
54. Fåmansbolag. Fi.
55. Bötesverkställighet. Ju.
56. Trafikbuller. Del II. Flygbuller. K.

Statens offentliga utredningar 1975

Systematisk förteckning

Riksdagen

JO-ämbetet: Uppgifter och organisation. [23]

Justitiedepartementet

Utlandssvenskarnas rösträtt. [8]
Kriminalvårdens nämnder. [16]
Särskilda regler för handläggning av anmälan mot polisman. [20]
Lag om allmänna handlingar. [22]
Tre sociologiska rapporter. [24]
Medborgerliga fri- och rättigheter i vissa länder. [29]
Massmediegrundlag. [49]
Bötesverkställighet. [55]

Socialdepartementet

Bättre bosättning för flera. [5]
Rörlig pensionsålder. [10]
Vägtrafikolyckor och sjukvårdskostnader. [13]
Barnmiljöutredningen. 1. Barnens livsmiljö. [30] (Utkommer hösten 1975) 2. Samhället och barns utveckling. Barnmiljöutredningens rapport 1. [31] (Utkommer hösten 1975) 3. Barns hälsa. Barnmiljöutredningens rapport 2. [32] (Utkommer hösten 1975) 4. Barns uppfostran och utveckling. Barnmiljöutredningens rapport 3. [33] (Utkommer hösten 1975) 5. Förskolan, skolan och fritiden. Barnmiljöutredningens rapport 4. [34] (Utkommer hösten 1975) 6. Barnfamiljernas ekonomi. Barnmiljöutredningens rapport 5. [35] (Utkommer hösten 1975) 7. Barnen och den fysiska miljön. Barnmiljöutredningens rapport 6. [36] (Utkommer hösten 1975) 8. Barn och föräldrars arbete. Barnmiljöutredningens rapport 7. [37] (Utkommer hösten 1975) 9. Barnkultur. Barnmiljöutredningens rapport 8. [38] (Utkommer hösten 1975)

Kommunikationsdepartementet

Trafikolyckor och statistik. [40]
Utredningen om kollektivtrafik i tätorter. 1. Kollektivtrafik i tätort. [47] 2. Kollektivtrafik i tätort. Bilagor. [48]
Trafikbuller. Del II. Flygbuller. [56]

Finansdepartementet

Svensk press. Tidningar i samverkan. [11]
Pensionsförsäkring. [21]
Statsbidrag till kommunerna. [39]
Kvinnor i statlig tjänst. [43]
Beskattning av realisationsvinster. [53]
Fåmansbolag. [54]

Utbildningsdepartementet

1969 års psalmkommitté., 1. Psalmer och visor. Del 1:1. [2] 2. Psalmer och visor. Del 1:2. [3] 3. Psalmer och visor. Del 1:3. [4]
Utredningen om skolan, staten och kommunerna.
1. Huvudmannaskapet för specialskolan och särskolan. [6] 2. Individen och skolan. [9]
Framtida studerandehälsovård. [7]
Konstnärerna i samhället. [14]
À jour. Om journalistutbildning. [25]
Forskningsråd. [26]
Program för ljud och bild i utbildningen. [28]

Handelsdepartementet

Konsumentskydd på låsområdet. [19] (Utkommer hösten 1975)
Vidareutbildning i internationell marknadsföring. [45]

Arbetsmarknadsdepartementet

Demokrati på arbetsplatsen. [1]
Politisk propaganda på arbetsplatser. [27]

Bostadsdepartementet

Totalfinansiering. [12]
Markanvändning och byggande. Remissammanställning utgiven av bostadsdepartementet. [17]
Etablering av miljöstörande industri. [44]
Boende- och bostadsfinansieringsutredningarna. 1. Bostadsförsörjning och bostadsbidrag. [51]
2. Bostadsförsörjning och bostadsbidrag. Bilagor. [52]

Industridepartementet

Internationella koncerner i industriländer. [50]

Kommundepartementet

Kommunal rösträtt för invandrare. [15]
Förtroendevalda och partier i kommuner och landsting. [18]
Utredningen om den kommunala demokratin. 1. Kommunal demokrati. [41] 2. Kommunal demokrati. Sammanfattning. [42] 3. Kommunal organisation och information. [46]

Anm. Siffrorna inom klammer betecknar utredningarnas nummer i den kronologiska förteckningen

Nordisk utredningsserie (Nu) 1975

Kronologisk förteckning

1. Nordisk överenskommelse om förmåner vid sjukdom, havandeskap och barnsbörd
2. Peruskoulu pohjoismaissa
3. Litteratur om nordiskt samarbete
4. Nordisk kommunal rösträtt och valbarhet
5. Bötesstraffet

Allmänna Förlaget

ISBN 91-38-02259-1