

Boligstrøk nær flyplasser

Residential areas in the neighbourhood of an air-port

Av Gunnar Ø. Jørgen

Norges byggforskningsinstitut

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



Boligstrøk nær flyplasser

arkitekt M.N.A.L. Gunnar Ø. Jørgen
Norges Byggforskningsinstitutt
Forskningsveien 3 b
Oslo 3

Støybelastning fra flytrafikken har lenge vært et kritisk problem for trafikkmyndighetene og for dem som bor i nærheten av en eksisterende flyplass. Spørsmålet vil reise seg på samme måte for alle de nye trafikkflyplassene som skal anlegges omkring i landet.

Problemet kan deles i to. Dels hvor mange boliger og andre eksisterende bygg som etterhvert må kondemneres på grunn av økende støybelastning, og hvilke som bør utbedres isolasjonsmessig for å kunne være akseptable ennå en tid fremover. Dels blir det spørsmål om å fastlegge støy-soner omkring flyplassene, det vil si en disposisjonsplan som angir hvilke typer av bygg det er forbudt å oppføre i de enkelte sonene.

For å vite hva som skal gjøres, må man ha en prognose over fremtidig flytrafikk, hvordan den vil fordele seg over døgnet samt på forskjellige fly-

typer. Videre må man ha et mål for støybelastningen og et kriterium for hva som er akseptabel støybelastning i forskjellige situasjoner. Endelig må man vite hvilke muligheter som foreligger i praksis når det gjelder å isolere bygninger mot støy utenfra, og hvilket støynivå som kan aksepteres inne i en bygning.

Et anslag over fremtidig flytrafikk ligger utenfor rammen av denne artikkel. For de øvrige spørsmål skal det skisseres hvilke erfaringer man idag har å støtte seg til.

Måling av støynivået

Liksom all annen sammensatt støy, måles også flystøyen ved frekvensanalyse av lydtryknivået, oktav for oktav. Støynivået for hele frekvensområdet under ett kan dessuten uttrykkes ved ett

enkelt tall på den fysikalske dB-skalaen. Imidlertid ønsker man å karakterisere den subjektive lydstyrke, hvor det også er tatt hensyn til i hvilket grad støyen er irriterende.

The Perceived Noisiness er angitt ved NOY-skalaen og de empiriske kurvene i fig. 1. På grunnlag av det observerte lydtryknivået beregnes NOY-verdiene oktav for oktav. Man antar at det kraftigste oktavnivået gjør seg gjeldende fullt ut, mens de øvrige delvis maskerer hverandre og bare bidrar med ca 30 % av sin NOY-verdi.

Den samlede Noisiness i NOYS omregnes derefter hensiktsmessig til en dB-skala, hvor det "følte støynivå" Perceived Noise Level angis i PNdB. Ved 80 dB(A) ligger PNdB-tallet vanligvis ca 6 dB høyere, ved 110 dB(A) ca 9 dB høyere.

Sentralinstitutt for Industriell Forskning har utviklet og foranledighet satt i

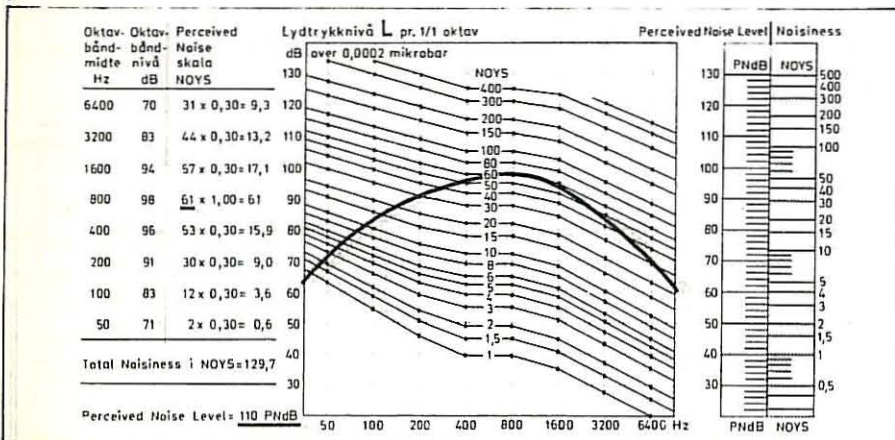
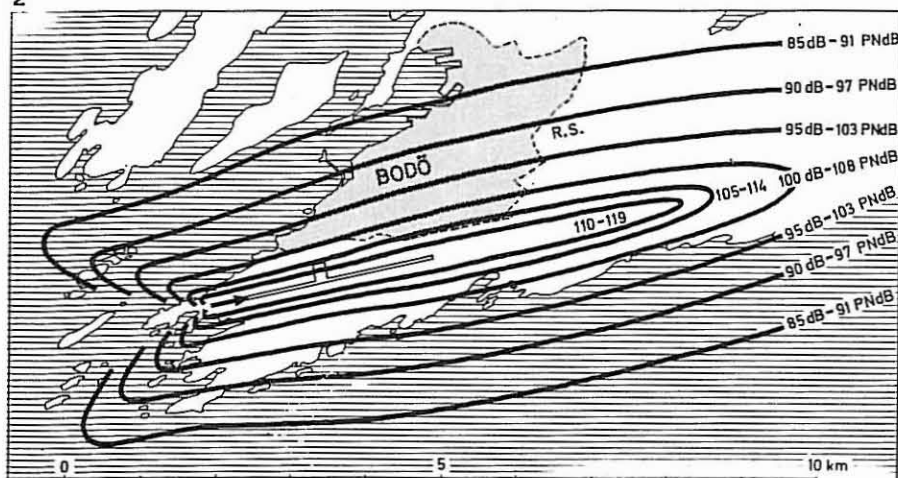


Fig. 1. Nomogram for beregning av Perceived Noise Level. Kurven gjengir frekvensspektret av en typisk jetfly-støy (4) (8) hvor det "følte støynivå" kan beregnes til 110 PNdB. (Bolt Beranek and Newman Inc.).

Norges Byggforskningsinstitutt



produksjon en PNL-kalkulator som kontinuerlig gir PNdB-tallene fra mikrofoner i flere målepunkter samtidig.

På grunnlag av utførte støymålinger kan man fastlegge hvordan støynivået brer seg utover fra startbanen, særskilt for hver enkelt flytype og for de forskjellige startretningene på en flyplass. Fig. 2 er typisk for en jetjager som starter. De nyere militærflyene Startfighter og Frihetsjageren har omtrent samme støynivå på bakken som Sabre Jet, men de stiger noe brattere, slik at støynivået på bakken i større avstand kan bli et par dB lavere.

Caravelle gir litt lavere støy, mens DC8 og DC9, som brukes nå og blir brukt fremover i sivil rutetrafikk, gir omtrent samme støynivå som Frihetsjageren.

Flyoperasjonene på hver enkelt flyplass er forøvrig avhengige av terrengforholdene omkring, og dessuten av de meteorologiske forhold. Fig. 3 viser kursene ved start og landing som var typiske på Bodø flyplass for noen år siden. De nye flytypene kan ikke "bryte av" så tidlig, det vil si at de etter start må fortsette rett frem over en lengre strekning.

Vurdering av støybelastningen

Et grunnleggende arbeide er utført i Final Report on Noise, Wilson-rapporten (5) som forelå i 1963. Materialet refererer seg hovedsakelig til London Heathrow Airport, som på det tidspunkt hadde over 400 starter og landinger pr døgn, hvorav henimot halvparten av jetfly.

Forskjellige undersøkelser ble utført, blant annet en rundspørring omfattende 1731 personer som bodde innenfor en radius på 16 km omkring flyplassen. Svarene fra dem ble sammenholdt med støymålinger for hvert enkelt sted, ialt 85 målesteder.

Man fant en meget god korrelasjon mellom de subjektivt følte støyplager og flystøynivået samt det antall fly som ble hørt i løpet av døgnet. Ut fra dette kunne Final Report definere "støytallet" Noise and Number Index, *NNI*, som karakteriserer støybelastningen på hvert enkelt sted:

$$NNI = L + 15 \log N - 80$$

hvor L = Noise Level i PNdB

N = antall fly som høres pr døgn (start og landinger)

NNI-tallene kan illustreres som vist i tabell 1. Ut fra reaksjonene i Heathrow-gallupen antar Final Report at 50-60 *NNI* kan aksepteres som støybelastning i boligstrøk om dagen. På et sted hvor flyene høres for eksempel med 110 PNdB, skulle altså fra 20 til 100 starter

Fig. 2. Støyprofil for Sabre Jet F-86 K ved start fra Bodø Flyplass i retning østover. Rapport 1-8-1963, publisert i (2). R.S. angir Rønvik Sykehus. Tallene 105 dB - 114 PNdB står på et sted som fra gammelt har navnet Stille dal.

og landinger pr døgn være tillatt. Vurderingen gir åpenbart et meget stort spillerom.

Folk reagerer temmelig forskjellig på flystøyen. Selv i strøk med stor støybelastning er det noen som generes lite, på et sted med liten støybelastning kan det likevel være noen som er sterkt plaget. Av tallmaterialet i Final Report kan man imidlertid utlede følgende typiske reaksjon blant befolkningen:

ved 60 *NNI* . . . 85 % meget sterkt plaget
ved 50 *NNI* . . . 55 % meget sterkt plaget
ved 40 *NNI* . . . 30 % meget sterkt plaget
ved 35 *NNI* . . . 25 % meget sterkt plaget.

"Very much annoyed" i Heathrow-materialet betyr at vedkommende svarte ja på minst 4 av 6 spørsmål som angikk plager fra flystøyen.

På Heathrow foregikk hovedtyngden av flytrafikken i løpet av de 16 dag-timene. Om natten var antallet av fly og deres støynivå så vidt meget lavere, at de bidro uvesentlig til døgn-gjennomsnittet. Den tillatte flystøy var 8 PNdB lavere - henholdsvis

Tabell 1. Støybelastningen gjennom døgnet, angitt ved støytallet *NNI*.

Gj.snittlig topp-støynivå på stedet:	Antall fly som høres på stedet pr. døgn:											
	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000 fly		
110 PNdB	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	<i>NNI</i>	ikke akseptabelt
100 PNdB	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	<i>NNI</i>	
90 PNdB	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	<i>NNI</i>	akseptabelt om dagen
80 PNdB	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	<i>NNI</i>	

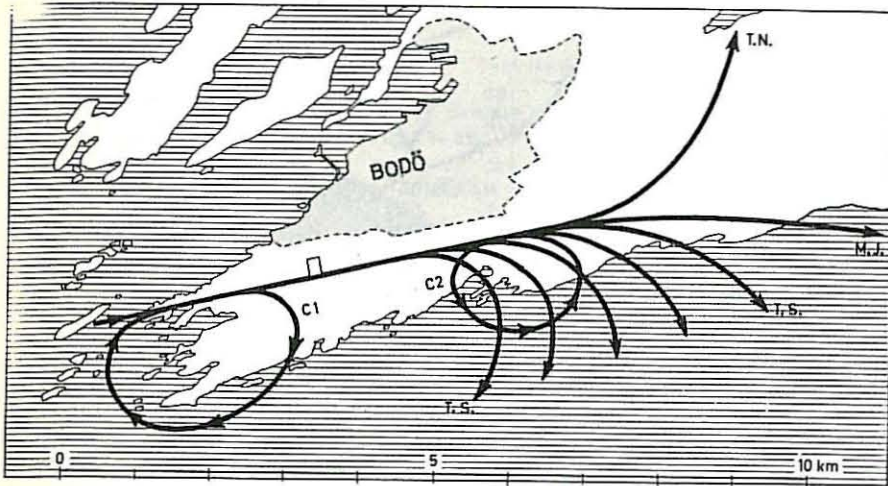


Fig. 3. Typiske flyprosedyrer på Bodø Flyplass. Flyene holder seg stort sett klar av tettbebyggelsen. TS: trafikkfly som starter sørover. TN: trafikkfly som starter nordover. MJ: militære jetjagere som starter østover. C1: militære jetjagere som lander fra vest mot øst. C2: militære jetjagere som lander fra øst mot vest. Under circuit 1 og 2 går flyet ned fra ca 450 til ca 300 meters høyde (1) (2).

110 og 102 PNdB – og flyhyppigheten var fjerdeparten, tilsvarende 9 NNI lavere. Det vil si at støybelastningen om natten i sum var 17 NNI lavere enn om dagen. Prosentvis var den subjektive støyplagen like stor om natten som om dagen. Final Report antar derfor at akseptabel NNI bør være 15–20 NNI lavere om natten enn om dagen, det vil si at man må holde seg under 30–45 NNI om natten.

Hvis flystøynivået er uforandret, bør altså flyhyppigheten om natten ikke være mer enn tiendeparten eller tyvendeparten av hva man har om dagen.

På dette grunnlag kan det stilles opp en egen tabell 2 for NNI-tall om natten, gjeldende for steder hvor nattflyvningen er den avgjørende for støybelastningen.

På et sted hvor flyene høres med 110 PNdB, skulle altså prinsipielt ingen, eller i eksepsjonelle tilfelle inntil 3 starter og landinger, kunne aksepteres pr natt. Final Report understreker dog at konklusjonene om kritisk flystøy om natten er rent anslagsmessige, basert på et meget begrenset materiale.

Man ser av tabellene at NNI-tallene går ett trinn opp når flyantallet øker med 17 %, eller når gjennomsnittsstøynivået øker med 1 PNdB.

Gradering av støysoner

Ved den enkelte flyplass kan man ut fra det antall fly som høres på stedet og det gjennomsnittlige støynivå i PNdB beregne NNI-tallet for en rekke punkter i naboskapet. På dette grunnlag får man et støykart med linjer som viser hvor NNI-tallene overskrider 40–50–60–70 NNI osv. Man kan angi situasjonen slik

den var på et bestemt tidspunkt, eller man kan gi en prognose for den situasjon som kan ventes noen år fremover i tiden.

Det foreligger visstnok ikke slike NNI-kart for norske flyplasser. Som illustrasjon gjengis derfor NNI-kartet for London Heathrow Airport 1961, projisert inn på Oslo-kartet med sentrum i Fornebu.

Heathrow hadde i 1961 som nevnt over 400 starter og landinger pr døgn, mens Fornebu nå er kommet opp i 300 starter og landinger pr døgn. Hvis støynivået for flyene er det samme, skulle dermed NNI-tallene omkring Fornebu for øyeblikket ligge 2 NNI lavere enn de gjorde omkring Heathrow i 1961.

Støyutbredelsen omkring forskjellige flyplasser vil forøvrig variere en del i detalj, på grunn av terrengforhold, vindforhold og startbanenes retning.

Ved en annen av Londons flyplasser, Gatwick, er det på grunnlag av NNI-kartet godkjent en disposisjonsplan for naboskapet med følgende bestemmelser (3) som gjengis her i kortfattet form:

Innenfor 60 NNI-linjen (om natten 45 NNI) tillates i spesielle tilfelle fabrikker, varehus og hoteller som må være full-isolert mot flystøy. Kontorbygg anses vanligvis uønsket.

Innenfor 50 NNI-linjen (om natten 35 NNI) tillates ikke større boligbygging, bortsett fra enkelte gjenstående tomter hvor nybygg da må støy-isoleres. Forøvrig tillates hoteller, kontorer og fabrikker hvor andre grunner tilsier dette. I spesielle tilfelle kan det bygges skoler – med nødvendig isolasjon.

I disse sonene forutsettes at støybelastningen om natten skal ligge 15 NNI lavere enn om dagen, det vil si at flyhyppigheten da skal være redusert til tiendeparten hvis støynivået er det samme.

Innenfor 40 NNI-linjen vil større boligbygg bli avslått, mens nybygg på gjenstående enkelttomter kan oppføres uten støyisolasjon. Skoler vil bli vurdert i hvert enkelt tilfelle, mens hoteller, kontorer, fabrikker og forretninger tillates der hvor de forøvrig kan innpasses i disposisjonsplanen.

Retningslinjene vil bli vurdert på nytt

Tabell 2. Støybelastningen om natten, angitt ved støy-tallet NNI.

Gj.snittlig topp-støynivå på stedet:	Antall fly som høres på stedet pr. natt:											
	1,5	3	6	15	30	60	150	300	fly	NNI		
110 PNdB	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	NNI	ikke akseptabelt om natten
100 PNdB	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	NNI	
90 PNdB	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	NNI	
80 PNdB	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	NNI	

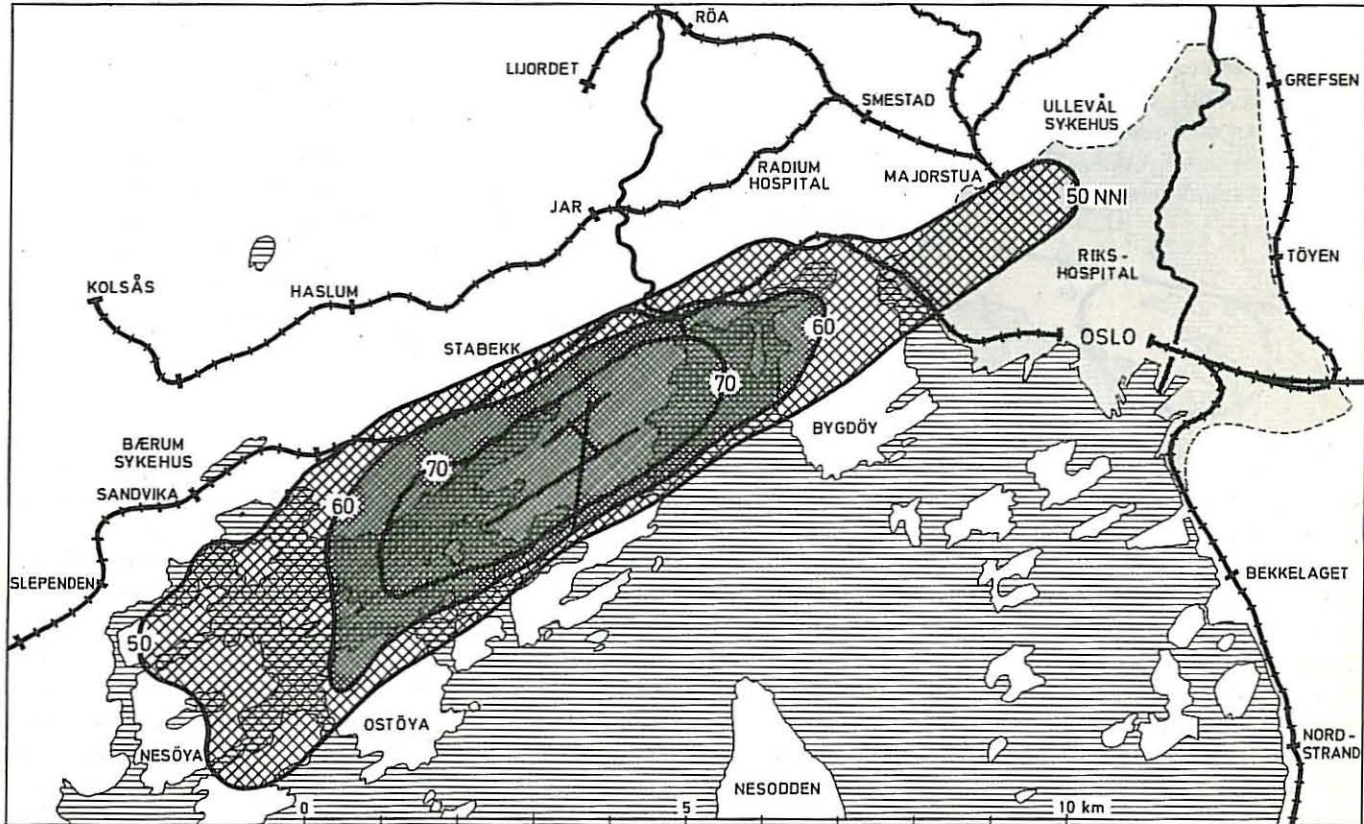


Fig. 4. Kart over Oslo og omegn. På dette er projisert inn den støybelastning i NNI som London Heathrow Airport hadde i 1961 (5).

etter ett år, når man får oversikt over hvor mange erstatningskrav der kommer på grunn av reduserte byggemuligheter.

Isolasjon mot flystøy

Ved Heathrow Airport var der på forhånd en betydelig boligbebyggelse i nabolaget. Allerede i 1961 var støybelastningen så stor at det ble nødvendig å utbedre lydisoleringen i boligene. Først og fremst gjaldt det vinduene, et ekstra innervindu i 20 cm avstand,

dessuten lydisolasjon av øvre takbjelkelag, og endelig gjenmuring av alle røykpiper og luftventiler samt etablering av mekanisk ventilasjon i alle rom.

Final Report anslo i 1963 at disse arbeidene ville koste 6000 kr pr rekkehusleilighet. En slik utbedring av alle boliger innenfor 60 NNI-linjen, plus femteparten av alle innenfor 50 NNI-linjen, ville koste 10 mill. kr ved Heathrow.

Regjeringen gikk inn for et noe redusert program, nemlig lydisolering av 3 rom pr bolig innenfor det området som blir liggende innenfor 55 NNI-linjen i 1970. British Airport Authority fikk i 1966 fullmakt til å dekke halvparten av kostnadene, med inntil 2000 kr pr familie (7).

I Bodø, hvor situasjonen er vesentlig verre fordi flytrafikken er like stor om natten som om dagen, ble 33 huseiere nær flyplassen ifølge lagmannsrettsdom i 1968 tilkjent erstatninger av Staten på gjennomsnittlig 18 000 kr pr hus, tilsvarende en nærmere angitt utbedring av lydisoleringen.

Imidlertid er det begrenset hva man kan oppnå ved bygningsmessige tiltak,

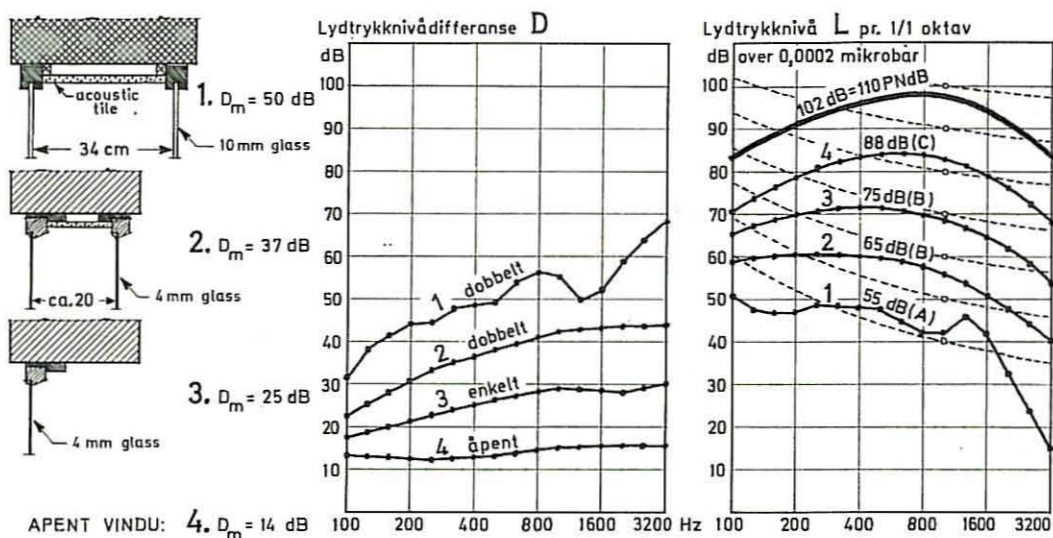
fordi det er vinduene og ventilasjonsåpningene som bestemmer lydisoleringen.

I fjorten hus ved Heathrow ble det gjort målinger etter at øvre bjelkelag var lydisolert, åpninger tettet, og ventilasjonsanlegg montert. Støyen fra et helikopter som fløy over husene ble målt 1 m utenfor fasaden og midt inne i rommene. Lydreduksjonen utefra og inn var noe forskjellig i de enkelte hus:

dobbeltvindu,	
glassavst. 18–30 cm	... 32–42 dB
enkeltvindu	... 21–28 dB
åpent vindu	... 12–15 dB

Den lydisolasjon som sannsynligvis er den maksimalt oppnåelige, ble målt i et kontorbygg på flyplassen. Der var det fast monterte 10 mm glassruter i 34 cm avstand, og sterkt lyddepdende karmfalsler mellom rutene. Støyen fra et Viscount-fly 30 meter foran bygningen ble målt, 1 m utenfor fasaden og midt inne i rommene, lydreduksjonen var 50 dB.

Ved ekstraordinære tiltak er det altså mulig å oppnå en lydisolasjon som i



størrelsesorden er 10 dB bedre enn hva vanlige gode bygningskonstruksjoner kan gi. Det vil si at man kan hjelpe på situasjonen i et hus som ligger et stykke inne i en ugunstig støyzone, men det er ikke mulig å skape levelige forhold i et hus i en sone med sterk støybelastning.

Det foreligger også målinger av en del vindus- og veggtyper utført i laboratorium (6). Her er situasjonen at man på sendersiden har et diffust lydfelt, mens støyen utendørs for eksempel fra et fly har karakteren av en fremadskridende plan bølge, som først umiddelbart ved husveggen blir noe modifisert på grunn av refleksjoner fra bygningen. Målinger i laboratorium kan derfor ikke brukes umiddelbart til å beregne den lydreduksjon av støy utefra og inn, som vedkommende vindu eller vegg vil gi i praksis. Størrelsesforholdet mellom vindu og veggfelt, samt flanketransmissionsforholdene, vil også spille inn.

Det støynivå som oppstår inne i rommet, avhenger dels av flystøyens karakter og dels av vindusveggs lydisolasjonskurve. Når flystøyen har den frekvenssammensetning som er typisk for jetfly, fig. 5, og styrken målt utenfor fasaden er 110 PNdB, vil lydnivået inne i rommet anslagsvis bli følgende:

Med dobbeltvindu, 10 mm glass, 34 cm avstand	ca 55 dB(A)
Med dobbeltvindu 4 mm glass, 20 cm avstand	ca 65 dB(A)
Med enkeltvindu	ca 75 dB(A)
Med åpent vindu	ca 88 dB(A)

Fig. 5. Eksempler på vinduers isolasjon mot flystøy. Kurve 1 angir den effektivt oppnådde lydreduksjon i et spesialbygg. Kurvene 2-4 angir gjennomsnittlig oppnådd lydreduksjon i boliger ved

Heathrow Airport (7). Ut fra en typisk jetfly-støy på 110 PNdB utenfor bygningen, fig. 1, er beregnet det lydnivå som vil oppstå inne i rommene ved de fire alternativet.

Begrepene "følt støy" i PNdB, lydisolasjon i dB, og lydnivå i dB(A) har forskjellig basis, som man ser av tallene i figuren kan man ikke umiddelbart subtrahere det andre fra det første og få det tredje som resultat.

Spesielt i de tilfelle hvor flytrafikken til en viss grad foregår om natten, må det vurderes hvilken flystøy man vil akseptere inne i rommene. De nye Byggeforskriftene angir at bygningens egne tekniske installasjoner, så som ventilasjonsanlegg, ikke skal forårsake et støynivå som overstiger 35 dB(A) i beboelsesrom. Her skal man selvfølgelig være oppmerksom på at flystøyen ikke er permanent, men opptrer med kortere eller lengre mellomrom. Imidlertid vil differansen mellom 35 dB(A) og f.eks. 65 dB(A) bety at lydets hørestyrke, slik øret oppfatter den, er åttedoblet.

Konklusjon

Man kan si at flystøyspørsmålet inngår som et ledd i det kompleks av luftforurensningsproblemer som nå samler stadig større oppmerksomhet.

Med den stadige økning i flytrafikken som vil komme, synes det ønskelig å få fastlagt støybelastningen for de enkelte flyplassenes naboer, med en prognose for utviklingen i kommende år.

På grunnlag av de systematiske erfaringene fra England synes det mulig å kunne vurdere støybelastningen, og å inndelegge flyplassenes naboer i støysoner med henblikk på hvilke bygningstyper som kan tillates der.

Bygningsmessige tiltak for å redusere flystøyen inne i hus ser ut til å gi et begrenset resultat, og kan bare brukes til å rette opp situasjonen i grensetilfelle hvor det akseptable støynivået er overskredet i liten grad.

Helsemessig bør det vurderes om beboelse nær flyplasser kan baseres på hermetisk lukkede bygninger med mekanisk ventilasjon, med andre ord om den menneskerettighet å kunne sove i et rom med vindu på gløtt, bør avskrives i disse tilfelle.

Litteratur

(1) Andersson & Skjånes: Framlegg til byutvikling Bodø/Bodin. Generalplan for byutviklingsområdet i Bodin. 1966.

(2) Arbo, J. Chr.: Bodø, Bodøsjøen og flystøyen. Nordlandsposten, 29-1 og 19-2-1969.

(3) Architects' Journal, 24-7-1968.

(4) Buchta, E.: Dämmung von Fluggeräuschen durch Fenster in Wohnungen. Forschungslaboratorium für Medizinische Akustik in der Universität Düsseldorf, 1967.

(5) Final Report of the Committee on the Problem of Noise. Her Majesty's Stationery Office, London, 1963.

(6) Høy, E. og Tengesdal, T.: Utvikling av lett yttervegg med gode akustiske isolasjonsegenskaper. Akustisk Laboratorium NTH, Teknisk rapport LBA 84, 1967.

(7) Scholes, W. E. og Parkin, P. H.: Insulation against aircraft noise. Building Research Station, Current paper 35/1968.

(8) Tichy, J.: A contribution to the evaluation of external aircraft noise. Technical University, Praha, 1967.

