

534.6
B28

Vejledning fra Miljøstyrelsen

Nr. 5 1993

Beregning af ekstern støj fra virksomheder

Fejl på side 72 rettet af Referencelaboratoriet, januar 2014

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

534.6 : 534.838

225
2x3
Vejledning fra Miljøstyrelsen

1984

- Nr. 5 : Ekstern støj fra virksomheder
- Nr. 6 : Måling af ekstern støj fra virksomheder

1985

- Nr. 1 : Indsamling af papir fra offentlige institutioner
- Nr. 2 : Kontrol med badevand
- Nr. 3 : Pligter ved risikobetonede aktiviteter
- Nr. 4 : Begrænsning af lugtgener fra virksomheder
- Nr. 5 : Beregning af støj fra jernbaner
- Nr. 6 : Støj og vibrationer fra jernbaner

1986

- Nr. 1 : Vandværkstakster
- Nr. 2 : Autoværksteder og miljøkrav
- Nr. 3 : Begrænsning af forurening fra affaldsforbrændingsanlæg

1987

- Nr. 1 : Strandrensning I

1988

- Nr. 1 : Bekæmpelsesmidler
- Nr. 2 : Flyvepladser og lufthavne
- Nr. 3 : Kontrol med svømmebade
- Nr. 4 : Vejledning om godkendelse af husdyrbrug

1990

- Nr. 1 : STANDAT V 1.1
- Nr. 2 : Bortskaffelse af affald
- Nr. 3 : Vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg
- Nr. 4 : Pligter ved risikobetonede aktiviteter
- Nr. 5 : Affaldsstoffer til jordbrugsformål
- Nr. 6 : Begrænsning af luftforurening fra virksomheder
- Nr. 7 : Vejledende liste over farlige stoffer

1991

- Nr. 1 : Olie- og kemikalieaffald
- Nr. 2 : ISAG - Informationssystem for Affald og Genanvendelse
- Nr. 3 : Overfladebehandling af skibe
- Nr. 4 : Retningslinjer for grovvarebranchen

Vejledning fra Miljøstyrelsen
Nr. 5 1993

Beregning af ekstern støj fra virksomheder

Fælles nordisk beregningsmetode

MILJØSTYRELSEN
BIBLIOTEKET
Strandgade 29
1401 København K

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Indhold

	Forord	7
1.	Generelt	8
1.1	Anvendelsesområde	8
1.2	Vejledningens indhold	9
2.	Udformning af støjvilkår og påbud	10
2.1	Generelt	10
2.2	Ny virksomhed	11
2.3	Eksisterende virksomhed	13
3.	Kontrol af, at støjgrænser overholdes	16
3.1	Generelt	16
3.2	Beregningspunkter	16
3.3	Støjkluder	17
3.4	Nøjagtigheden af beregningsresultater	18
3.5	Ubestemthed og støjgrænser	18
4.	Beregning af støjbelastning	21
4.1	Generelt	21
4.2	Måling eller beregning?	22
5.	Beregningsmetoden	24
5.1	Struktur	24
5.1.1	Støjkilde	25
5.1.2	Transmissionsvej	26
5.1.3	Beregningspunkt	26
5.2	Beskrivelse af støjkluder	26
5.2.1	Kildestyrke, $L_w(\Phi)$	27
5.2.2	Korrektion for driftstid	28
5.2.3	Gruppering og opdeling af støjkluder	30
5.3	Transmissionsvej	32
5.3.1	Korrektionsled	32
5.3.2	Afstand, ΔL_d	32
5.3.3	Absorption i luft, ΔL_a	33
5.3.4	Refleksion, ΔL_r	34
5.3.5	Skærmning, ΔL_s	38
5.3.6	Bevoksning, ΔL_v	44
5.3.7	Terræn, ΔL_g	46

6.	Måling af kildestyrke	54
6.1	Oversigt og generelle forhold	54
6.1.1	Måleudstyr	55
6.1.2	Afgrænsning af støjkilde	56
6.1.3	Målebetingelser	58
6.1.4	Korrektion for baggrundsstøj	60
6.1.5	Ækvivalent punktkilde	60
6.1.6	Nøjagtighed på bestemmelse af kildestyrke	61
6.2	Kuglemetoden	61
6.2.1	Måleflade	62
6.2.2	Vejrbetingelser	63
6.2.3	Primære målepunkter	63
6.2.4	Supplerende målepunkter	64
6.2.5	Måling af lydtrykniveau	64
6.2.6	Kontrol af omgivelsernes akustiske kvalitet	64
6.2.7	Beregning af kildestyrke	65
6.2.8	Eksempel, tagventilation	65
6.2.9	Eksempel, skorsten	66
6.3	Kassemetoden	68
6.3.1	Måleflade	68
6.3.2	Vejrbetingelser	68
6.3.3	Primære målepunkter	68
6.3.4	Supplerende målepunkter	69
6.3.5	Måling af lydtrykniveau	71
6.3.6	Kontrol af omgivelsernes akustiske kvalitet	71
6.3.7	Beregning af kildestyrke	72
6.3.8	Eksempel, køleaggregat	72
6.3.9	Eksempel, portåbning	74
6.4	Metode til procesanlæg	74
6.4.1	Afgrænsning af støjilden	74
6.4.2	Målebetingelser	76
6.4.3	Målelinje og målepunkter	76
6.4.4	Måling af lydtrykniveau	77
6.4.5	Beregning af kildestyrke	77
6.4.6	Eksempel, asfaltblandeværk	78
6.5	Ekstrapolationsmetoden	79
6.5.1	Afgrænsning af støjilden	79
6.5.2	Målebetingelser	80
6.5.3	Målepunkter	80
6.5.4	Måling af lydtrykniveau	81
6.5.5	Supplerende målepunkter	81
6.5.6	Beregning af kildestyrke	82
6.5.7	Eksempel, petrokemisk anlæg	82

7.	Beregning af kildestyrke	85
7.1	Generelt	85
7.2	Kildestyrke af bygninger	85
7.2.1	Beregningsmetode	85
7.2.2	Lydtrykniveau i rummet	86
7.2.3	Reduktionstal	87
7.2.4	Retningskorrektion	89
7.3	Bevægelige støjkilder	91
8.	Andre oplysninger om kildestyrke	97
8.1	Generelt	97
8.2	Støjdatabogen	97
8.3	Støjdatabanken	98
9.	Dokumentation og rapportering	99
10.	Referencer	101
	Appendices	102
1.	Symbolliste	102
2.	IEC-kurve A	108
3.	Skærmning – flere skærme	109
4.	Virkningen af terræn, der ikke er vandret og plant, ΔL_g og ΔL_s	112
5.	Intern spredning	115
6.	Oversigt over fordelagtigste metode til bestemmelse af støjniveau	117
	Index	117
	Registreringsblad	128

Forord

Miljøstyrelsen udsendte i 1984 vejledning nr. 5/1984: »Ekstern støj fra virksomheder« og vejledning nr. 6/1984: »Måling af ekstern støj fra virksomheder«. De nævnte vejledninger indeholder retningslinier for behandlingen af sager om ekstern støj fra virksomheder. Vejledningerne åbner mulighed for, at man kan basere sagsbehandlingen på beregnede værdier af støjni-veauet.

Denne vejledning er et supplement til de ovenfor nævnte vejledninger. Retningslinierne i denne vejledning skal lette sagsbehandlingen i tilfælde, hvor støjmålinger ikke kan gennemføres, eller hvor de i praksis er meget vanskelige at gennemføre. Administrationsgrundlaget er det samme, hvadenten støjbelastningen måles eller beregnes. Dette grundlag er beskrevet i vejledning nr. 5/1984, hvortil der henvises. Vejledningen her handler især om beregningsmetode og krav til dokumentation af beregningsforudsætninger m.v.

Den beregningsmetode, som skal bruges, er udviklet som en fælles nordisk beregningsmetode. I denne vejledning er givet en samlet bearbejdet fremstilling af det system af metoder, der tilsammen udgør den fælles nordiske metode. Det tekniske grundlag er det samme som i de tilsvarende dele af det nordiske system af metoder. Fremstillingen er forenklet, og udformningen er bearbejdet for at gøre metoderne så overskuelige og let tilgængelige som muligt. Vejledningen er udarbejdet med assistance fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger, Lydteknisk Institut. Det forudsættes, at brugeren råder over det EDB-program ILYD, Referencelaboratoriet har udviklet for Miljøstyrelsen, eller tilsvarende, selv om beregninger naturligvis godt kan udføres »manuelt«. Det nævnte EDB-program forhandles af Miljøstyrelsens Referencelaboratorium, som er Lydteknisk Institut i Lyngby. Nærmere oplysninger om EDB-programmet ILYD og de sidste nye udviklinger af Nordtestmetoden for kildestyrkemåling NT-ACOM 080 kan fås på telefon 45 93 12 11.

1. Generelt

1.1 Anvendelsesområde

Denne vejledning indeholder retningslinier for behandling af sager om ekstern støj fra virksomheder svarende til anvendelsesområdet for Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984. Der henvises til afsnit 1.3 i den pågældende vejledning.

Beregnet støjbelastning

Vejledningen her handler om de særlige forhold, der gør sig gældende, når sagsbehandlingen baseres på beregnede værdier af støjbelastningen i stedet for på målte værdier.

Udførende instans

Afhængigt af hvad resultatet af beregningerne skal anvendes til, bør der skelnes mellem, hvem der udfører arbejdet. Den tekniske forvaltning kan gennemføre både orienterende målinger og beregninger til støtte for tilsynsmyndighedens afgørelse af, om der foreligger væsentlige støjulemper.

Drejer det sig om forhold, hvor der skal meddeles forbud, i påbudssager med komplicerede støjforhold eller ved første-gangskontrol af en godkendt virksomheds støjvilkår anbefales det, at de støjmålinger, som lægges til grund for beregningerne, udføres af et laboratorium, som er akkrediteret af DANAK eller er godkendt til at udføre »Miljømålinger – ekstern støj«. Beregningerne kan udføres af såvel en teknisk forvaltning som af et autoriseret eller godkendt laboratorium.

I forbindelse med godkendelse af en virksomhed vil kilde-data ofte være katalogværdier. Resultatet fra beregning af støjniveauerne fra en projekteret virksomhed, der skal godkendes, må derfor forventes at være behæftet med store ubestemtheder.

Forudberegning

Ved fastlæggelse af vilkår for godkendelse af en planlagt virksomhed er forudberegning af den forventede støjbelastning omkring virksomheden særligt vigtig. Ved behandling af sager om ekstern støj fra allerede eksisterende virksomheder kan beregnede værdier af støjbelastningen være et vigtigt grundlag i stedet for målte værdier. Det gælder for eksempel i tilfælde, hvor det er vanskeligt – og dermed kostbart – at gennemføre støjmålinger, fordi der er kraftig baggrundsstøj fra andre støjkilder. I sådanne tilfælde vil måleubestemtheden være stor.

Man kan ikke på en enkel måde angive, i hvilke situationer det er mest hensigtsmæssigt at beregne støjbelastningen fra en eksisterende virksomhed, og hvornår det er mest hensigtsmæssigt at måle støjbelastningen. En vurdering må gennemføres i hvert enkelt tilfælde.

Det er svært at håndtere problemer som indhold af toner og impulser i støjen, jf. afsnit 4.2.

1.2 Vejledningens indhold

I afsnit 2 er det beskrevet, hvordan man bør udforme vilkår for godkendelse af nye virksomheder og påbud til eksisterende virksomheder om at formindske støjen i omgivelserne.

Afsnit 3 indeholder nogle synspunkter, der bør lægges til grund for valg af beregningspunkter, og nogle vejledende angivelser af usikkerheden på beregningsresultater til brug ved vurdering af, om støjgrænsen er overholdt eller overskredet.

I afsnit 4 omtales beregningerne ganske kort som baggrund for nogle synspunkter om, hvornår man bedst beregner støjbelastningen, og hvornår det er mere hensigtsmæssigt at måle den.

Afsnit 5-9 for teknikere

Afsnit 5, der indeholder selve beregningsmetoden, er sammen med afsnittene 6-8 især skrevet for de teknikere, der skal udføre beregninger i praksis.

Afsnit 9 beskriver, hvordan beregninger af ekstern støj rapporteres, så resultaterne udgør et tilstrækkeligt grundlag for den efterfølgende sagsbehandling.

I en del afsnit findes vejledende angivelser af, hvordan man enkelt kan gennemføre beregninger af virkningen af komplicerede forhold. Hvis der i konkrete tilfælde er mere nøjagtige oplysninger til rådighed, kan disse bruges, hvis det i rapporten om beregningerne dokumenteres, at den brugte fremgangsmåde er mere korrekt end de vejledende angivelser.

2. Udformning af støjvilkår og påbud

2.1 Generelt

Ingen forskel

Bortset fra, at ordet »målt« erstattes med ordet »beregnet«, er der ingen forskel på udformningen af vilkår og påbud, når godkendelsesvilkår og påbud baseres på hhv. beregnede og målte værdier af støjbelastningen. I afsnit 2.2 og 2.3 er givet konkrete eksempler på udformningen af vilkår for godkendelse og af påbud om nedbringelse af støjen fra en virksomhed, som er etableret efter og før Miljøbeskyttelseslovens ikrafttræden.

Den lovmæssige baggrund og de forhold, der skal tages i betragtning ved fastsættelse af støjgrænser m.v. er omtalt i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984 afsnit 4 og 5. Der henvises til disse afsnit.

Teknisk-økonomisk vurdering

Fastsættelsen af støjgrænser i et konkret tilfælde skal ske på baggrund af en samlet teknisk-økonomisk vurdering. Oplysningerne i denne vejlednings afsnit 6-8 skal bruges ved den afvejning, miljømyndigheden skal foretage af miljøkonsekvenser over for omkostningerne til støjdemping m.v.

Dokumentation

Den dokumentation, virksomheden efter ibrugtagning skal levere for, at de fastsatte støjgrænser er overholdt, skal baseres på resultater af målinger af støjudsendelsen (»kildestyrken«) fra virksomhedens anlæg og komponenter.

Godkendt laboratorium

I lighed med, hvad der gælder for støjmålinger, bør det kræves, at beregning af støjbelastningen udføres af et laboratorium, som er akkrediteret af DANAK eller godkendt af Miljøstyrelsen til at udføre »Miljømåling – ekstern støj«.

I vilkårene for en godkendelse skal det præciseres, at godkendelsens støjgrænser gælder for situationer med virksomheden i fuld drift, dvs. med størst mulig støjudsendelse under normale driftsforhold. Virksomheden eller dennes konsulent skal ved dokumentationen af, at støjgrænserne overholdes, redegøre for driftsbetingelser, herunder driftstidsrum m.v., for hver støjkilde.

Højde over terræn

Støjgrænserne skal som hovedregel overholdes i en højde af 1,5 m over terræn. Er lydudbredelsesforholdene mellem støjkilde og beregningspunkt komplicerede, f.eks. på grund af bygninger eller støjskærme, der giver væsentlig skærmende virkning, bør der fastsættes andre højder over terræn. Dette er særligt vigtigt,

når en virksomhed medfører støjulemper ved etageboliger i omliggende områder. Når der fastsættes andre højder, skal disse højder tydeligt angives i støjvilkår/påbud.

2.2 Ny virksomhed

Godkendelse

I det følgende er givet et eksempel på udformningen af vilkår for godkendelse af en ny virksomhed af en type, der er optaget på bilaget til Miljøbeskyttelsesloven. I almindelighed bør virksomheden have valgfrihed mellem måling og beregning af støjniveauet.

Omfang af vilkår

Vilkår om beregningsmæssig dokumentation af, at støjgrænserne overholdes, er især aktuelle ved udvidelse eller ændring af virksomheder. Det skal angives tydeligt, om vilkårene omfatter hele virksomheden, den ændrede del af virksomheden eller kun udvidelsen. Den godkendende myndighed er besluttende myndighed. Beregning af støjbelastningen er især relevant, når der kun fastsættes grænser for støjen fra udvidelsen. Da er det nemlig svært at kontrollere, om støjgrænserne overholdes, fordi der er baggrundsstøj fra den eksisterende del af virksomheden.

Godkendelsesvilkår kan for eksempel udformes sådan:

Eksempel

»Den planlagte virksomhed er beliggende i et blandet bolig- og erhvervsområde. Virksomhedens bidrag til støjbelastningen må i intet punkt i området – uden for virksomhedens egen grund – overstige værdierne i Tabel 1.

Tabel 1

Ugedag	Tidsrum	Støjgrænse
	<i>Dag</i>	
Mandag-fredag	kl. 07.00-18.00	55 dB(A)
Lørdag	kl. 07.00-14.00	55 dB(A)
Lørdag	kl. 14.00-18.00	45 dB(A)
Søn- og helligdage	kl. 07.00-18.00	45 dB(A)
	<i>Aften</i>	
Alle dage	kl. 18.00-22.00	45 dB(A)
	<i>Nat</i>	
Alle dage	kl. 22.00-07.00	40 dB(A)

Støjbelastningen er det ækvivalente, korrigerede støjniveau i dB(A) beregnet i punkter i 1,5 m højde over det omgivende terræn.

Maksimalværdien af støjniveauet må om natten ikke overstige 55 dB(A).

De omliggende områder er alle boligområder med åben og lav boligbebyggelse¹. Virksomhedens bidrag til støjbelastningen må i intet punkt i disse områder overstige værdierne i Tabel 2.

Tabel 2

<i>Ugedag</i>	<i>Tidsrum</i>	<i>Støjgrænse</i>
	<i>Dag</i>	
Mandag-fredag	kl. 07.00-18.00	45 dB(A)
Lørdag	kl. 07.00-14.00	45 dB(A)
Lørdag	kl. 14.00-18.00	40 dB(A)
Søn- og helligdage	kl. 07.00-18.00	40 dB(A)
	<i>Aften</i>	
Alle dage	kl. 18.00-22.00	40 dB(A)
	<i>Nat</i>	
Alle dage	kl. 22.00-07.00	35 dB(A)

Støjbelastningen er det ækvivalente, korrigerende støjniveau i dB(A) beregnet i punkter i 1,5 m højde over det omgivende terræn.

Maksimalværdien af støjniveauet må om natten ikke overstige 50 dB(A).

Virksomheden skal inden 3 måneder, efter at virksomheden er taget i brug, dokumentere over for den godkendende myndighed, at ovennævnte vilkår er overholdt, når virksomheden er i fuld, normal drift.

Denne dokumentation kan ske i form af resultater af beregninger udført efter den nordiske beregningsmetode for ekstern støj fra virksomheder, Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993. Dokumentationen skal indeholde de oplysninger om beregningsforudsætningerne, som er nødvendige for vurdering af rigtigheden af beregningsresultaterne. Specielt skal støjklenderne beskrives og deres kildestyrke angives.

Som alternativ til den nævnte beregning kan dokumentationen ske ved måling af den støj, virksomheden påfører omgivelserne. Målingerne skal i så fald udføres som beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984 og nr. 6/1984.

Beregningerne eller målingerne skal udføres af et laboratorium, som er akkrediteret af DANAK eller godkendt af Miljøstyrelsen til »Miljømålinger – ekstern støj«.

1. Områdernes faktiske anvendelse, jf. vejledning nr. 5/1984.

Et eksemplar af rapporten med dokumentationen af måle- eller beregningsresultaterne indsendes til tilsynsmyndigheden, og ét eksemplar opbevares i mindst 3 år på virksomheden.«

2.3 Eksisterende virksomhed

Godkendelse

Undertiden fastsættes vilkår for frivillig godkendelse af virksomheder, som er etableret før Miljøbeskyttelseslovens ikrafttræden. Vilkårene udformes på samme måde som for nye virksomheder. I afsnit 5 i vejledning nr. 5/1984 er angivet, hvordan de konkrete støjgrænser fastsættes.

Påbud

Tilsynsmyndigheden kan give en eksisterende virksomhed påbud om at formindske støjbelastningen i virksomhedens omgivelser. Et påbud kan for eksempel udformes således:

Eksempel

»Kommunen/Amtet har som tidligere meddelt modtaget klager over generende støj fra Deres virksomhed. For at få et grundlag for bedømmelsen af sagen har kommunen/amtet ladet foretage beregninger af støjen fra Deres virksomhed. Resultaterne af disse beregninger er beskrevet i rapport nr. af (dato). Det fremgår bl.a. af rapporten, at støjbelastningen overskrider Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier væsentligt.

Kommunen/Amtet bad Dem ved skrivelse (journ.nr.) af (dato) om at oplyse, hvilke omkostninger, fordele og ulemper et eventuelt påbud om støjdæpende foranstaltninger ville indebære. Deres svar indgik til Forvaltningen (dato).

Kommunalbestyrelsen/Amtsrådet behandlede sagen på sit møde (dato) og besluttede herunder at meddele Dem følgende påbud med hjemmel² i Miljøbeskyttelseslovens § 41, stk. 1:

..... Kommunalbestyrelse/Amtsråd finder, at virksomheden giver anledning til væsentlig støjforurening. Derfor pålægger Kommunalbestyrelsen/Amtsrådet Deres virksomhed at gennemføre støjdæpende foranstaltninger inden 4 måneder fra dato, så virksomhedens bidrag til støjbelastningen overalt i områderne for åben og lav boligbebyggelse nordvest og øst for virksomhedens areal ved fuld, normal drift af virksomheden er mindre end eller lig med værdierne i Tabel 3.

2. Ved virksomheder, som ikke er omfattet af Miljøbeskyttelseslovens bilag, findes hjemmelen i Miljøbeskyttelseslovens §42.

Tabel 3

<i>Ugedag</i>	<i>Tidsrum</i>	<i>Støjgrænse</i>
Mandag-fredag	kl. 07.00-18.00	45 dB(A)
Lørdag	kl. 07.00-14.00	45 dB(A)
Lørdag	kl. 14.00-18.00	40 dB(A)
Søn- og helligdage	kl. 07.00-18.00	40 dB(A)
Aften	kl. 18.00-22.00	40 dB(A)
Nat	kl. 22.00-07.00	35 dB(A)

Disse værdier gælder det ækvivalente, korrigerede støjniveau i dB(A) i frit felt, 1,5 m over terrænoverfladen.

Støjens maksimalværdi må om natten ikke overstige 50 dB(A).

Endvidere skal virksomhedens bidrag til støjbelastningen ved etageboligområderne sydvest for virksomhedens areal være mindre end eller lig med værdierne i Tabel 4.

Tabel 4

<i>Ugedag</i>	<i>Tidsrum</i>	<i>Støjgrænse</i>
Mandag-fredag	kl. 07.00-18.00	50 dB(A)
Lørdag	kl. 07.00-14.00	50 dB(A)
Lørdag	kl. 14.00-18.00	45 dB(A)
Søn- og helligdage	kl. 07.00-18.00	45 dB(A)
Aften	kl. 18.00-22.00	45 dB(A)
Nat	kl. 22.00-07.00	40 dB(A)

Disse værdier gælder det ækvivalente, korrigerede støjniveau i dB(A) i frit felt i samme højde over terræn som midtpunktet af vinduerne i øverste boligetage.

Støjens maksimalværdi må om natten ikke overstige 55 dB(A).

Det pålægges endvidere Deres virksomhed senest 6 måneder fra dato over for Kommunalbestyrelsen/Amtsrådet at dokumentere, at de ovennævnte vilkår er overholdt. Denne dokumentation skal ske i form af resultater af støjmålinger udført efter Miljøstyrelsens vejledninger nr. 5 og 6/1984 eller af beregninger udført efter den nordiske beregningsmetode for ekstern støj fra virksomheder, Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993. Er dokumentationen udført som beregning, skal den indeholde de oplysninger om beregningsforudsætningerne, som er nødvendige for Kommunalbestyrelsen/Amtsrådets vurdering af rigtigheden af beregningsresultaterne. Specielt skal støjkilderne

beskrives og deres kildestyrke angives sammen med oplysning om den dæmpning af hver af kildernes støjudsendelse, som er opnået ved de gennemførte foranstaltninger.

Beregningerne eller målingerne skal gennemføres af et laboratorium, der er akkrediteret af DANAK eller godkendt af Miljøstyrelsen til at udføre »Miljømålinger - ekstern støj«.

Et eksemplar af rapporten med dokumentationen af beregningsresultaterne indsendes til Kommunalbestyrelsen/Amtsrådet, og ét eksemplar opbevares i mindst 3 år på virksomheden.«

3. Kontrol af, at støjgrænser overholdes

3.1 Generelt

Vilkår Når der er fastsat støjgrænser i vilkårene for godkendelse af en virksomhed, skal det kontrolleres, at støjgrænserne overholdes, efter at virksomheden er sat i drift.

Påbud Det skal også kontrolleres, at påbud om formindskelse af støjbelastningen faktisk efterkommes.

En støjgrænse *betragtes* som overholdt, når den beregnede støjbelastning minus ubestemtheden på beregningsresultatet er mindre end støjgrænsen (se også afsnit 3.5).

Kontrol Kontrollen kan baseres på beregningsresultater.

Man kan måle støjudsendelsen fra hver enkelt støjkilde og derpå beregne dens bidrag til støjbelastningen. Dette kan som regel lade sig gøre, men det er undertiden for besværligt. I nogle tilfælde er det lettere at måle støjudsendelsen fra hele virksomheden under ét og bruge dette måleresultat ved beregning af støjbelastningen.

Tilsyn Sommetider er det nok at vælge nogle af støjkilderne ud, specielt hvis der er sket ændringer af de støjmæssige forhold, og måle støjudsendelsen fra dem ved kontrollen. Hvis en sådan stikprøve viser, at støjudsendelsen er mindre, end det er forudsat ved beregningen af støjbelastningen, er støjgrænsen sandsynligvis overholdt. Denne måde at kontrollere på er især nyttig ved tilsyn med virksomheder.

Kontrolpunkter Det anbefales, at der ved målingen af støjudsendelsen fra kilderne udpeges et veldefineret kontrolpunkt i nærheden af hver kilde, og at støjniveauet i disse punkter dokumenteres. Derved lettes den efterfølgende kontrol af, om støjudsendelsen har ændret sig.

3.2 Beregningspunkter

De mest støjbelastede punkter

Støjniveauet skal beregnes i det mest støjbelastede punkt i hver type af område omkring virksomheden. Ved valget af det nødvendige antal beregningspunkter og placeringen af dem skal tages de samme hensyn som ved fastlæggelse af målepositioner for kontrolmåling af støjbelastningen. Dette er omtalt i afsnit 7.1 i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984, hvortil der henvises.

*Flere punkter
i tvivlstilfælde*

Når vilkår eller påbud er udformet som angivet i afsnit 2, ligger ansvaret for udvælgelsen af beregningspunkterne hos den, der udfører beregningerne. Er der tvivl om, hvor den største støjbelastning forekommer i et område, skal støjbelastningen beregnes i de punkter, hvor der er mulighed for, at den største støjbelastning forekommer.

*1,5 m over terræn
i frit felt*

Beregningspunkterne skal i almindelighed vælges 1,5 m over terrænoverfladen. Støjbelastningen skal beregnes i frit felt, dvs. uden bidrag fra refleksioner fra bygninger uden for virksomheden nær ved beregningspunktet, se også afsnit 2.2.2 og 7.2 i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984.

Hvis der undtagelsesvis er foreskrevet konkrete beregningspunkter i vilkår eller påbud, skal støjbelastningen også beregnes i disse punkter. De kan for eksempel være placeret mere end 1,5 m over terrænet, se afsnit 4.2 i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984.

Hos klagere

I sager om klager over støj fra en virksomhed skal støjbelastningen hos klageren også beregnes.

3.3 Støjkilder

Alle kilder bør medregnes

Ved beregningen af støjniveauet skal man principielt medtage alle de støjkilder, vilkårene eller påbudet handler om. I praksis kan arbejdet ofte lettes ved, at man nøjes med at medtage bidragene fra de mest betydende kilder. Der må en vurdering til i hvert enkelt tilfælde, og i rapporten om beregningerne skal det dokumenteres, at de støjkilder, der udelades af beregningerne, kun ville give ubetydelige bidrag til støjbelastningen. Lettelsen ligger først og fremmest i, at man ikke behøver at måle og beskrive støjudsendelsen nøjagtigt for nogle kilder, der ikke bidrager til beregningsresultatet. Hvis støjen fra de mest støjende kilder senere dæmpes, kan det blive nødvendigt at tage hensyn til bidragene fra de mindre støjende kilder for at få et korrekt resultat.

*men ofte er det
unødvendigt*

Gruppering af kilder

Beregningsarbejdet – og især arbejdet med at måle støjudsendelsen fra kilderne – kan også lettes ved, at man behandler grupper af ensartede støjkilder, som for eksempel tagventilatorer, under ét. Dette er nærmere omtalt i afsnit 5.2.3.

En af fordelene ved at beregne støjbelastningen i stedet for at måle den er, at man får oplysning om bidragene fra hver kilde eller gruppe af kilder. På dette grundlag kan man tage beslutning om støj dæmpning, hvis en støjgrænse overskrides. Det er praktisk at tage hensyn til dette ved gruppering af støjkilderne, for eksempel ved også at se på mulighederne for

støjdæmpning ved vurdering af, om nogle støjkilder kan betragtes som ensartede.

Dokumentation

For at resultatet af beregningen skal blive nøjagtigt, må støjkilderne beskrives omhyggeligt, og deres kildestyrke bør måles efter metoderne i afsnit 6 eller 7. I rapporten om beregningerne skal findes dokumentation af støjkildernes type m.v., deres driftsforhold og de tidsrum, støjkilderne er i drift, jf. afsnit 9.

Driftstilstand

Hvis støjudsendelsen varierer, bør støjbelastningen bestemmes for forskellige driftstilstande, der hver for sig giver konstant støjudsendelse. Der henvises til afsnit 2 i Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1984.

3.4 Nøjagtigheden af beregningsresultater

Ubestemthed δ

Begrebet ubestemthed bruges i denne vejledning på samme måde som i afsnit 7.5 i vejledning nr. 5/1984 og afsnit 4 i vejledning nr. 6/1984. Der henvises til disse vejledninger for detaljer.

Ubestemtheden skyldes både usikkerhed ved bestemmelsen af kildestyrken og tilnærmelser gjort ved beregningerne.

Den rigtige (sande) støjbelastning findes – med 90% sandsynlighed – i et interval omkring beregningsresultatet. Intervallets bredde er plus og minus ubestemtheden, $\pm\delta$ [dB]. I afsnit 3.5 angives nogle vejledende størrelser af værdien af δ .

Sand støjbelastning

Den sande støjbelastning er den støjbelastning, man ville bestemme, hvis man målte støjbelastningen mange gange – under godkendte vejrforhold (jf. vejledning nr. 6/1984) – og beregnede middelværdien af måleresultaterne.

3.5 Ubestemthed og støjgrænser

Overskridelse af de i et påbud eller vilkår fastsatte støjgrænser

I forbindelse med forvaltningen af Miljøbeskyttelsesloven er det et almindeligt princip, at der fra miljømyndighedernes side kun foretages indgreb over for en virksomhed, såfremt det med 95% sandsynlighed kan dokumenteres, at der er tale om en overskridelse af den fastlagte støjgrænse.

En støjgrænse betragtes som overskredet, hvis måleværdien minus ubestemtheden er større end støjgrænsen. Den sande værdi af virksomhedens bidrag til støjbelastningen er da med 95% sandsynlighed større end støjgrænsen.

Hvis det konstateres, at fastsatte støjgrænser med 95% sandsynlighed er overskredet, bør miljømyndighederne overveje, hvilke reaktioner der skal anvendes.

<i>Nøjagtighed</i>	Ved nøjagtigheden af et beregningsresultat, ubestemtheden δ , forstås her den øvre grænse for forskellen mellem et beregningsresultat og den sande værdi af støjbelastningen.
<i>Vejledende værdier af δ</i>	Det er svært at angive detaljeret, hvor stor ubestemtheden er. Ved sammenligninger af mange målte og beregnede støjbelastninger har man fået et erfaringsgrundlag.
± 3 dB	Når kildestyrken er bestemt efter kuglemetoden (afsnit 6.2) eller ekstrapolationsmetoden (afsnit 6.5), er ubestemtheden ca. 3 dB. Den samme nøjagtighed opnås med metoden for procesanlæg (afsnit 6.4), når anlægget ikke har udpræget retningsafhængig støjudsendelse, og når kassemetoden (afsnit 6.3) bruges på virksomheder med mange støjkilder uden udpræget retningsvirkning, og hvor målebetingelserne i øvrigt er gode.
± 5 dB	Når kassemetoden (afsnit 6.3) bruges på virksomheder med få støjkilder eller under ugunstige målebetingelser eller ved kilder med udpræget retningsvirkning, er ubestemtheden ca. 5 dB. Denne ubestemthed må også forventes, når støjkilderne er bevægelige (afsnit 7.3) eller placeret indendørs (afsnit 7.2).
$\pm 5-10$ dB	Hvis oplysningerne om kildestyrken hentes i håndbøger og lignende (afsnit 8), må man regne med en ubestemthed på 5-10 dB.
<i>Mindst lige så god som en enkelt måling</i>	Et beregningsresultat har i almindelighed mindst lige så god nøjagtighed som resultatet af en enkelt måling af støjbelastningen. Det skyldes, at måleresultatet påvirkes af de meteorologiske forhold, som de er netop under målingen. En måling på en anden dag ville give et lidt andet resultat. Når man bruger gennemsnitsværdien af resultaterne af flere målinger, får man et mere nøjagtigt måleresultat. Beregningsmetoden er tilpasset, så man beregner for gennemsnitlige forhold. Beregningsreglerne er baseret på et stort erfaringsmateriale fra mange forskellige måleserier.
<i>Skærme</i>	I praksis domineres resultater af beregninger og målinger i reglen af bidrag fra støjkilder, der er uskærmede. Derfor er erfaringsmaterialet om virkningen af skærme begrænset, og det består især af resultater af eksperimenter udført med højttalere som støjkilde.
<i>Eksempel</i>	Hvis for eksempel ubestemtheden er 3 dB, <i>betragtes</i> en støjgrænse på 45 dB(A) som overholdt, hvis beregningsresultatet er mindre end 48 dB(A). Støjgrænsen er overskredet, hvis beregningsresultatet er 48 dB(A) eller mere.

Acceptabel ubestemthed

I relation til ovennævnte eksempel skal Miljøstyrelsen anføre, at i forbindelse med vurderingen af, om resultatet af en støjberegning opfylder fastsatte støjgrænser, anbefales det, at myndigheden accepterer ubestemtheder på til og med 3 dB(A).

Ubestemtheder over 3 dB(A) men mindre end 5 dB(A) bør ikke accepteres i miljørager med overskridelse af fastsatte støjgrænser, med mindre der foreligger en redegørelse, der sandsynliggør, at ubestemtheden ikke kan nedbringes ved at vælge en anden metode til bestemmelse af støjniveauet fra virksomheden.

Ubestemtheder over 5 dB(A) kan ikke accepteres i miljørager indeholdende påbud og forbud eller ved kontrolberegning af en virksomheds overholdelse af støjvilkår, hvis støjgrænsen overskrides.

Det skal i den forbindelse erindres, at efterhånden som ubestemtheden øges, bliver sandsynligheden for at de ombøende bliver påført et støjniveau højere end den fastsatte støjgrænse stadigt større.

4. Beregning af støjbelastning

4.1 Generelt

Ved beregning af støjbelastningen tages udgangspunkt i den støj, der udsendes fra en virksomheds støjkilder. Til kildestyrken lægges virkningen af, hvad der sker under støjens udbredelse fra virksomheden. Derved bestemmes den støj, der når frem til områder omkring virksomheden.

Beregningsmetoden og målemetoden i vejledning nr. 6/1984 er tilpasset hinanden. Man kommer derfor til den samme støjbelastning, hvad enten man måler eller beregner den.

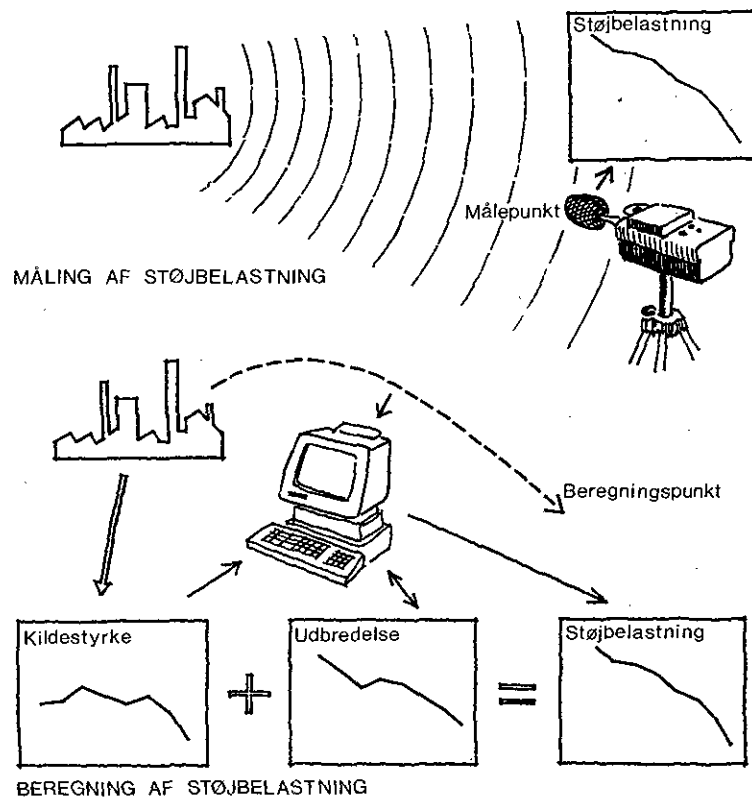
Systemet er illustreret i Figur 4.1.

Styrken af den udsendte støj fastlægges ved forskellige frekvenser. For at få nøjagtige beregningsresultater skal man måle kildestyrken efter målemetoderne omtalt i afsnit 6-7.

I specielle tilfælde kan man få fat i disse oplysninger på anden måde, for eksempel fra producenter af anlæg og komponenter, se afsnit 8.

Beregningerne af virkningerne af, hvad der sker under støjens udbredelse, sker lettest ved brug af EDB.

Figur 4.1
Systemet: Ved måling og beregning opnås samme resultat.



Måling eller beregning?

Det må vurderes i hvert enkelt tilfælde, om det er mest hensigtsmæssigt at beregne eller at måle støjbelastningen fra en virksomhed. Som det fremgår af det foregående, kan man forvente nogenlunde den samme nøjagtighed af resultaterne. I det følgende er givet nogle retningslinier, se i øvrigt Appendix 6.

<i>Måling hvis ukompliceret</i>	Det anbefales at måle støjbelastningen overalt, hvor det er muligt at gøre det på en ukompliceret måde. Måleteknikken er kendt og indøvet.
<i>Beregning hvis mange punkter</i>	I tilfælde, hvor støjbelastningen fra de samme støjkluder skal bestemmes i mange punkter omkring en virksomhed, kan det være lønsomt at måle støjudsendelsen og derpå bestemme støjbelastningerne ved beregning. Man undgår da at skulle besøge virksomheden gentagne gange for at opnå de rette kombinationer af vejrforhold, driftsbetingelser m.v. Dette er naturligvis især vigtigt ved virksomheder, hvor fuld, normal drift forekommer relativt sjældent, for eksempel ved visse motorsportsbaner.
<i>Beregning hvis kraftig baggrundsstøj</i>	I nogle tilfælde er der så kraftig baggrundsstøj – fra trafik eller fra andre virksomheder – at det er vanskeligt eller umuligt at opnå et pålideligt resultat af en måling af støjbelastningen fra en virksomhed. I sådanne situationer er det naturligt at beregne støjbelastningen.
<i>Beregning hvis afstanden stor</i>	I andre tilfælde ligger de relevante beregningsspunkter så langt fra virksomheden, at støjmålinger er behæftet med betydelig ubestemthed, jf. vejledning nr. 6/1984. Dette gælder typisk for større procesanlæg, kraftværker m.v. Også i disse situationer vil sagsbehandlingen mest hensigtsmæssigt kunne baseres på den beregnede støjbelastning.
<i>Støjdæmpning</i>	I overvejelserne om valg af metode bør indgå, om resultaterne skal danne grundlag for projektering af afhjælpende foranstaltninger. Er dette tilfældet, vil kildestyrkemåling og brug af beregningsmetoden ofte være et økonomisk bedre udgangspunkt end en måling i beregningsspunktet.
<i>Ikke toner</i>	Beregningsmetoden er ikke egnet til vurdering af, om der i et konkret tilfælde skal gives tillæg for tydeligt hørbare toner i støjen. Dette skyldes, at metoderne til måling af kildestyrken foreskriver målinger i 1/1-oktavbånd, og altså ikke smalbåndsanalyser, som er nødvendige for en objektiv afgørelse af, om støjen indeholder tydeligt hørbare toner. En del af beregnings-

metodens korrektionsled er ligeledes baseret på erfaringsmateriale fra 1/1-oktav analyser af bredbåndet støj.

Man kan derfor overveje at indbygge en sikkerhedsmargin på 5 dB ved forudberegning af støjbelastningen fra kilder, der erfaringsmæssigt kan give anledning til tillæg for tydeligt hørbare toner (ventilatorer, motorer, pumper).

Ved beregningen af støj fra eksisterende virksomheder bør der i første omgang ved lytning i beregningpunkterne foretages en (subjektiv) vurdering af, om der skal gives tillæg for tydeligt hørbare toner. Hersker der tvivl, kan målemetoden til bestemmelse af tydeligt hørbare toner anvendes.

Ikke impulser

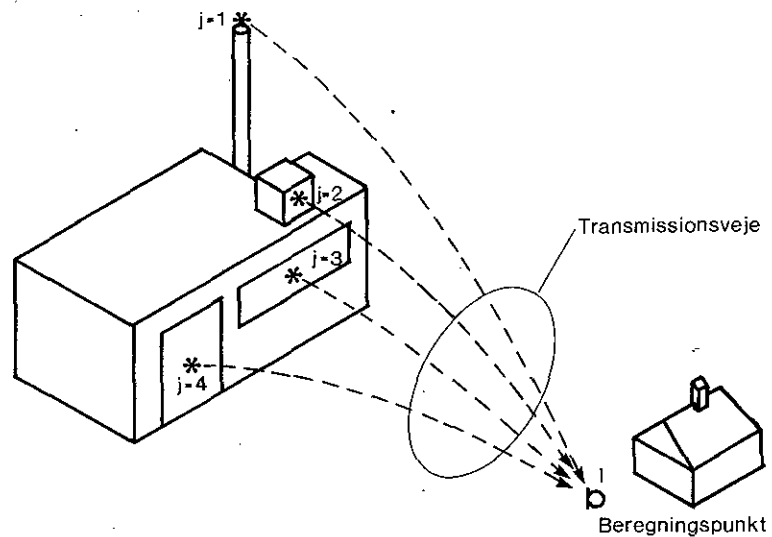
Tilsvarende forhold gør sig gældende for vurderingen af, om der skal gives tillæg for indhold af tydeligt hørbare impulser. Her er man henvist til en subjektiv vurdering eller til indbygning af en sikkerhedsmargin ved beregning af støjbelastningen fra virksomheder med støj, der erfaringsmæssigt indeholder tydeligt hørbare impulser (støj fra nitning, bankning, trykluftværktøj, trykluftafblæsning, ventilåbning).

5. Beregningsmetoden

5.1 Struktur

Beregningsmetodens struktur er illustreret i Figur 5.1.1. De virkelige støjkilder på virksomheden erstattes ved beregningen af tænkte, punktformede støjkilder. Bidragene fra hver støjkilde til støjen i beregningspunktet bestemmes, og bidragene lægges til slut sammen.

Figur 5.1.1
Beregningsmetodens struktur. I eksemplet er der fire støjkilder med numrene $j=1...4$.



Beregningerne gennemføres for hvert af 1/1-oktavbåndene 63 Hz – 8000 Hz.

Der kan være mere end én transmissionsvej fra en støjkilde til beregningspunktet. Dette er vist i Figur 5.1.2, hvor der er to transmissionsveje: den ene via kanten af en skærm og den anden via refleksion fra en lodret flade, en bygningsfacade. Der beregnes et bidrag til støjen i beregningspunktet fra hver transmissionsvej.

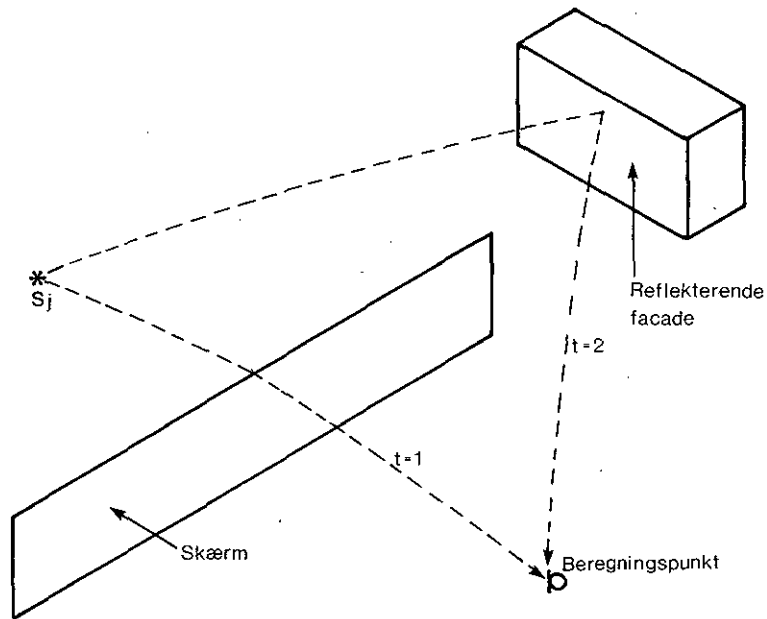
Terrænoverfladen er en særlig type lydreflekterende overflade. Dens virkning medtages i beregningen af terrænkorrektionen (afsnit 5.3.7).

Beregningsmetoden er oprindeligt beskrevet i [1].

Figur 5.1.2

Eksempel. Der kan være mere end én transmissionsvej fra en støjkilde til et beregningspunkt. I dette eksempel beregnes et bidrag fra hver af transmissionsvejene $t=1$ og $t=2$ til støjen i beregningspunktet.

Note: I programmet ILYD arbejdes kun med én transmissionsvej fra en støjkilde til et beregningspunkt. Bidraget fra transmissionsvej nr. $t=2$ behandles med ILYD som bidraget fra en anden støjkilde med samme placering.



5.1.1 Støjkilde

Hver af de virkelige støjkilder repræsenteres af en såkaldt ækvivalent punktkilde som vist i Figur 5.1.1.

Ækvivalent punktkilde

Hver af disse ækvivalente punktkilder karakteriseres ved sin placering og sin kildestyrke.

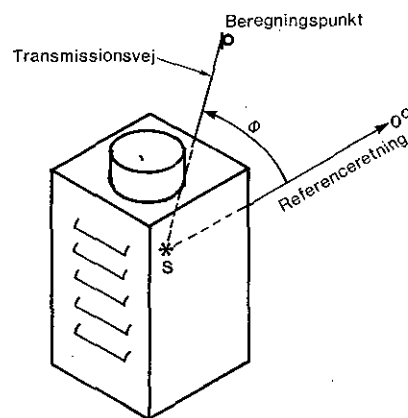
Kildestyrken er omtalt i afsnit 5.2. Her skal blot nævnes, at støjkildens styrke kan være forskellig i forskellige retninger, som vist i Figur 5.1.3.

Støjkildens styrke kan være forskellig ved forskellige driftsbetingelser.

Oplysninger om de ækvivalente punktkildes styrke kan fremskaffes på forskellige måder. Dette er omtalt i afsnit 5.2 og afsnittene 6-8.

Figur 5.1.3

Eksempel på støjkilde; et lille køletårn. Den ækvivalente punktkildes styrke er forskellig i forskellige retninger, karakteriseret ved vinklen Φ i en vandret plan. Referenceretningen 0° kan vælges tilfældigt, men den skal defineres i forhold til støjkilden.



Overføringsfunktion

5.1.2 Transmissionsvej

Der beregnes et bidrag til støjen i beregningspunktet via hver transmissionsvej. Ved transmissionen sker der en ændring af den udsendte støj. Ændringen beskrives ved transmissionsvejens såkaldte overføringsfunktion, som beregnes. Den er i almindelighed afhængig af frekvensen. Der beregnes derfor et sæt af dB-værdier, én for hver oktavbånd, for hver transmissionsvej. Disse dB-værdier bestemmes ved at addere korrektioner for, hvad der sker med støjen langs transmissionsvejen.

Bidrag til støj i beregningspunkt

5.1.3 Beregningspunkt

Ved addition af overføringsfunktionens dB-værdier til kildestyrken bestemmes bidraget til støjen i beregningspunktet. Resultatet er et tal (dB re 20 μ Pa) for hvert oktavbånd.

- fra hver støjkilde og hver transmissionsvej

I hvert oktavbånd »sammenlægges« bidragene fra samtlige støjkilder og transmissionsveje som beskrevet i afsnit 10 i vejledning nr. 6/1984. Derved bestemmes den totale støj i beregningspunktet i hvert oktavbånd.

A-korrektion

L_{Aeq}

Til slut korrigeres disse værdier med korrektionerne i IEC-vægtningskurve A, jf. Appendix 2, og de korrigerede værdier »lægges sammen«. Derved er det totale A-vægtede lydtrykniveau i beregningspunktet bestemt. Det er ofte mest hensigtsmæssigt at udføre A-korrektionen i støjkildens styrke.

5.2 Beskrivelse af støjkilder

Ækvivalent punktkilde

Ved beregninger erstattes de virkelige støjkilder på virksomheden af ækvivalente punktkilder. En ækvivalent punktkilde er en tænkt, punktformet støjkilde som – betragtet fra beregningspunkterne – giver det samme lydtrykniveau som de virkelige støjkilder. En ækvivalent punktkilde karakteriseres alene ved sin placering og sin kildestyrke.

Kildestyrken måles efter den til formålet bedst egnede af metoderne i afsnit 6. I nogle tilfælde er det nødvendigt at supplere målingerne med beregninger. Bygningsdele som støjkilder er beskrevet i afsnit 7.2 og bevægelige støjkilder (intern transport, rangerterræner, motorsportsbaner) i afsnit 7.3: Oplysninger om kildestyrke kan stamme fra en leverandørs garanterede støjdata. Ved planlægning er kravene til nøjagtigheden ofte begrænsede, og der kan derfor anvendes støjdata fra håndbøger, kataloger m.v., afsnit 8.

5.2.1 Kildestyrke, $L_W(\Phi)$

Kildestyrken skal kendes i hvert 1/1-oktavbånd mellem 63 Hz og 8000 Hz, og den er i almindelighed forskellig i forskellige retninger.

Lydeffektniveau

I akustisk litteratur angives en støjildes styrke ved dens lydeffektniveau. Lydeffektniveauet, der er et mål for den samlede støjudsendelse i alle retninger fra kilden, måles for eksempel efter ISO-standarder som ISO 3740-48.

Kildestyrke

Den støj, der udsendes opad fra en støjkilde, er i reglen uden betydning for den eksterne støj fra virksomheder. Støjen, der udsendes omkring vandret, er derimod relevant. Derfor benyttes i praksis en størrelse, der minder om lydeffektniveauet, men altså bestemmes af den støj, der udsendes omkring vandret, som mål for kildestyrken. Den kaldes ofte det immissionsrelevante lydeffektniveau, men dette udtryk accepteres ikke i standardsammenhæng.

L_W $L_W(\Phi)$

I denne vejledning bruges ordet kildestyrke. For den totale kildestyrke bruges symbolet L_W , og for kildestyrken i retningen Φ bruges symbolet $L_W(\Phi)$.

Det må fastlægges i hvert enkelt tilfælde, hvor overgangen fra støjkilde til transmissionsvej ligger. Dette er især relevant, når det skal afgøres, om virkningen af reflekterende eller afskærmende flader tæt ved støjkilden skal tages med i kildebeskrivelsen eller i transmissionsvejens overføringsfunktion. Det er sædvanligvis mest hensigtsmæssigt at medregne indflydelsen fra reflekterende eller afskærmende flader i støjildens *umiddelbare nærhed* til kildebeskrivelsen; dette udtrykkes i retningskorrektionen ΔL_Φ .

ΔL_Φ

Retningskorrektionen er forskellen mellem det faktiske lydtrykniveau målt i en bestemt retning og afstand og det lydtrykniveau, en ideel punktkilde med samme lydeffektniveau (vandret) ville have frembragt i den samme retning og afstand og i samme højde over terrænet. Definitionen kan skrives:

$$L_W(\Phi) = L_W + \Delta L_\Phi \quad (5.2.1)$$

$L_W(\Phi)$ er kildestyrken i retningen Φ [dB re 1 pW].

L_W er støjildens (totale) lydeffektniveau i en vandret plan [dB re 1 pW].

ΔL_Φ er retningskorrektionen [dB].

Retningskorrektionen indeholder i denne vejledning både information om, hvordan støjkilden – isoleret set – udsender støj i forskellige retninger, og om hvordan støjildens umiddelbare

omgivelser påvirker dens støjudsendelse³. Ved anvendelse af praktiske målemetoder (jf. afsnit 6) kan disse informationer ikke adskilles. I forbindelse med lydudstråling fra bygningsdele eller åbninger i bygninger er det ikke relevant at adskille dem (jf. afsnit 7.2).

Vurderingen af, om en støjkilde er så tæt ved en reflekterende flade, at refleksionen skal regnes med i ΔL_{ϕ} , sker ved hjælp af referenceboksen, som er defineret i afsnit 6.1. Hvis en støjkilde er så tæt på en (eller to) reflekterende flader, at referenceboksen skal slutte til disse flader, medregnes refleksionernes virkning i ΔL_{ϕ} . I modsat fald medtages refleksionernes virkning i korrektionsleddet ΔL_r , jf. afsnit 5.3.4.

Skøn af ΔL_{ϕ}

Støjkilder, hvis retningskorrektio n ikke er kendt, og som er anbragt fjernt fra reflekterende (eller skærmende) flader, bortset fra terrænet, antages ved beregninger af have $\Delta L_{\phi} = 0$ dB. (Det giver naturligvis en unøjagtighed på beregningsresultater for kilder med retningsvirkning.) Står en sådan støjkilde umiddelbart foran en lodret reflekterende flade (som er stor i forhold til lydens bølgelængde, for eksempel en bygning), er $\Delta L_{\phi} = 3$ dB i alle retninger foran fladen. Fladen virker skærmende i retning mod punkter bag fladen. ΔL_{ϕ} beregnes som angivet i udtrykket (7.2.3) i afsnit 7.2.4. Hvis en støjkilde uden kendt retningskorrektio n står umiddelbart foran to lodrette reflekterende flader, for eksempel et indadgående hjørne på en bygning, antages $\Delta L_{\phi} = 6$ dB ved beregninger i alle retninger foran fladerne. For retninger mod punkter bag fladerne beregnes ΔL_{ϕ} efter (7.2.3).

Når virkningen af de lodrette flader nær kilden er *medtaget* i ΔL_{ϕ} , *ses der bort* fra fladernes tilstedeværelse ved de videre beregninger.

DI

Retningskorrektio nen ΔL_{ϕ} er forskellig fra retningsindeks (Directivity Index), DI, der blandt andet bruges i nogle ISO-målemetoder. Kendes DI for en støjkilde, for eksempel fra garanterede data eller fra laboratoriemålinger efter [2], og er støjkilden anbragt fjernt fra reflekterende flader (bortset fra terrænet), er

$$\Delta L_{\phi} = DI - 3 \text{ dB} \quad (5.2.2)$$

5.2.2 Korrektio n for driftstid

Det er i almindelighed fordelagtigt at bestemme kildestyrken af intermitterende støjkilder i en veldefineret stationær driftstilstand. Dette gælder eksempelvis trykluftkompressorer og kølemaskiner.

3. Definitionen af ΔL_{ϕ} afviger fra definitionen i [1].

L_{Aeq}

Resultatet af beregningerne skal ofte angives som det energikvivalente lydtrykniveau, $L_{Aeq,T}$, i beregningspunktet over et referencetidsrum T (om aftenen for eksempel en time). Intermitterende støjkilders kildestyrker skal derfor korrigeres for driftstiden, inden de anvendes i beregningsmetoden.

Er en støjkilde i drift i tidsrummet t_i i løbet af referencetidsrummet T , er den driftstidskorrigerede kildestyrke, $L'_w(\Phi)$:

$$L'_w(\Phi) = L_w(\Phi) + 10 \log \frac{t_i}{T} \quad (5.2.3)$$

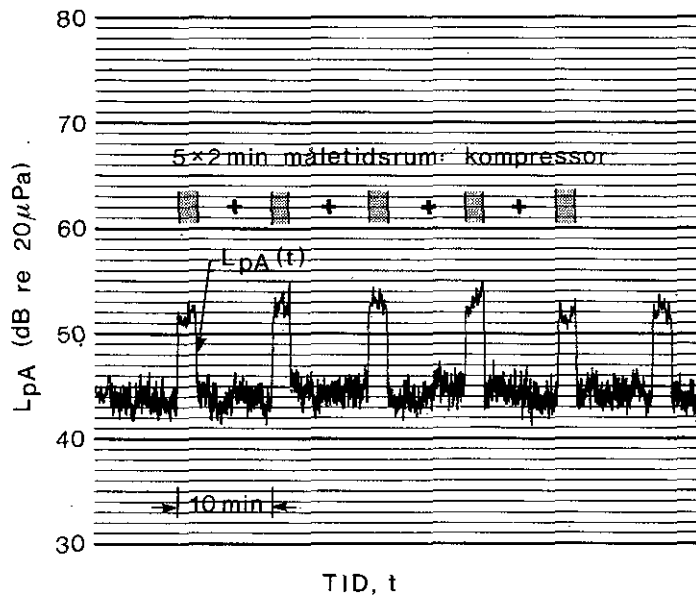
I afsnit 7.3 omtales en række eksempler på driftstidskorrektion, blandt andet i forbindelse med bevægelige støjkilder. For støjkilder, som er i uafbrudt drift i hele referencetidsrummet er

$$L'_w(\Phi) = L_w(\Phi) \quad (5.2.4)$$

Eksempel

En kompressor er i drift i 2 min. ad gangen hvert 10. min. Figur 5.2.1 viser det A-vægtede lydtrykniveau, $L_{pA}(t)$, som funktion af tiden t .

Figur 5.2.1
Illustration af
intermitterende støj.



Kildestyrken bestemmes ved måling af lydtrykniveauet i et antal målepunkter tæt ved kompressoren, mens den er i drift. Der måles i driftstiden - 2 min. - i hvert punkt. Ud fra disse målinger bestemmes kildestyrken, $L_w(\Phi)$, for kompressoren i kontinuert drift. Med den aktuelle driftsform er kompressorens driftstidskorrigerende kildestyrke

$$L'_w(\Phi) = L_w(\Phi) + 10 \log \frac{2}{10} L_w(\Phi) - 7 \text{ dB.}$$

5.2.3 Gruppering og opdeling af støjkilder

Bidraget fra hver enkelt af en virksomheds støjkilder til lydtrykniveauet i beregningspunktet skal beregnes.

Gruppering

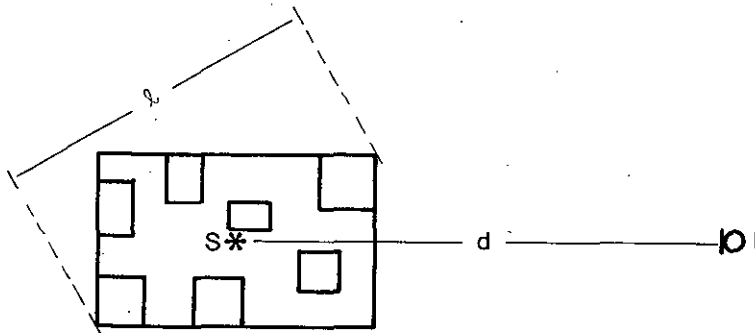
I praksis kan det ofte betale sig at slå grupper af ensartede støjkilder sammen og gennemføre én beregning for den resulterende støjkilde. Herved reduceres antallet af beregninger. Det er desuden i mange tilfælde muligt at se bort fra bidragene fra støjkilder, hvis kildestyrke og/eller placering bevirker, at deres indflydelse på lydtrykniveauet i beregningspunktet er uvæsentlig.

Ved vurderingen af, om det er muligt at slå en gruppe af ensartede støjkilder sammen til én ækvivalent punktkilde, uden at beregningsnøjagtigheden reduceres væsentligt, skal der lægges vægt på:

- at afstanden d fra midtpunktet (S) til beregningspunktet (I) er større end gruppens største udstrækning (l), jf. Figur 5.2.2.

Figur 5.2.2

Plan over en gruppe af ensartede støjkilder, som kan grupperes til én ækvivalent punktkilde i S, hvis $d > l$.



- at transmissionsvejene fra de forskellige kilder er omtrent ens. Det gælder især, at de enkelte kilders højde over terrænet og placering i forhold til en evt. skærm skal være ens. Det sidste betyder for eksempel, at kilderne ikke skærmer væsentligt for støjen fra andre kilder i gruppen.
- at kildestyrkerne af de forskellige kilder er omtrent ens.

Under disse omstændigheder kan støjkilderne, hver med kildestyrken $L_W(\Phi)_j$, slås sammen til én ækvivalent punktkilde med kildestyrken $L_W(\Phi)_{res}$:

$$L_W(\Phi)_{res} = 10 \log \sum_{j=1}^M 10^{(L_W(\Phi)_j/10)} \quad (5.2.5)$$

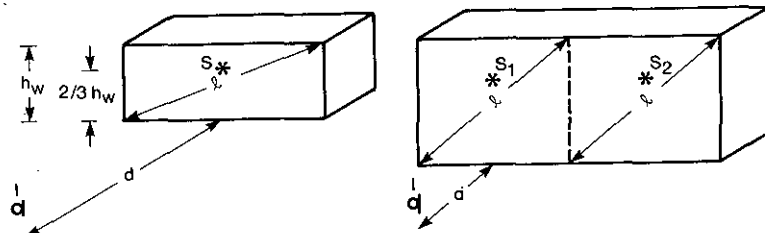
hvor M er antallet af støjkilder i gruppen.

Den ækvivalente punktkilde placeres i midtpunktet af gruppen, se Figur 5.2.2.

Opdeling

Det kan også komme på tale at opdele en udstrakt støjkilde i to eller flere delstøjkilder med hver sin ækvivalente punktkilde. Som eksempel på typer af støjkilder, hvor dette ofte vil komme på tale, kan nævnes bygningsfacader, rørledninger og transportbånd. Hvis den største udstrækning af støjilden (l) ikke er mindre end afstanden til beregningspunktet (d), skal støjilden deles op i flere delkilder, som hver opfylder dette krav, se Figur 5.2.3.

Figur 5.2.3
Opdeling af en bygningsfacade i delkilder, som hver overholder kriteriet $l < d$.



En anden situation, hvor det også er nødvendigt at opdele en udstrakt støjkilde i flere delkilder, foreligger ved delvis skærmning, se Figur 5.2.4. I dette tilfælde skal støjilden opdeles i en uskærmet og en skærmet delkilde.

Figur 5.2.4
Opdeling af en bygningsfacade i en uskærmet og en skærmet del.



Afgrænsningen mellem den skærmede og den uskærmede del fastlægges normalt ved at projicere skærmen vinkelret ind på den udstrakte kilde.

Kildehøjden

Den ækvivalente punktkilde for en udstrakt støjkilde med jævnt fordelt støjudsendelse placeres $2/3$ oppe ad den lodrette linie, som deler fladen i to lige store dele, jf. Figur 5.2.3. I tilfælde, hvor støjudsendelsen fra en udstrakt støjkilde ikke er jævnt fordelt, vælges den placering af den ækvivalente punktkilde, som bedst repræsenterer støjilden (det »akustiske tyngdepunkt«). Det kan overvejes at opdele støjilden i delkilder, som hver for sig har jævnt fordelt støjudsendelse.

5.3 Transmissionsvej

I dette afsnit beskrives det, hvordan man beregner overføringsfunktionen for en transmissionsvej, dvs. det sæt af dB-værdier for oktavbåndene 63 Hz – 8 kHz, som man skal lægge til en ækvivalent punktkildes styrke for at få bestemt denne kildes bidrag til støjen i et beregningspunkt.

5.3.1 Korrektionsled

Man beregner en transmissionsvejs overføringsfunktion ved at lægge en række korrektionsled sammen. Korrektionsleddene er den beregnede virkning af, hvad der sker med støjen under transmissionen fra kilde til beregningspunkt. I denne vejledning er brugt symbolet ΔL for korrektionsleddene. Årsagen til korrektionen angives ved et indeks. For eksempel er ΔL_s korrektionen for virkningen af skærme. I Tabel 5.3.1 er vist de korrektionsled, der bruges i beregningsmetoden.

Overføringsfunktionen, der har symbolet $\Sigma\Delta L$, bestemmes som angivet i ligning 5.3.1.

$$\Sigma\Delta L = \Delta L_d + \Delta L_a + \Delta L_s + \Delta L_\tau + \Delta L_v + \Delta L_i + \Delta L_g \quad (5.3.1)$$

Tabel 5.3.1

Oversigt over korrektionsled og symboler.

Symbol	Korrektion for virkningen af:	Beskrivelse i afsnit
ΔL_d	afstand (distance)	5.3.2
ΔL_a	absorption i luft	5.3.3
ΔL_τ	reflekerende genstande	5.3.4
ΔL_s	skærmning	5.3.5
ΔL_v	bevoksning (vegetation)	5.3.6
ΔL_i	intern spredning	Appendix 5
ΔL_g	terrænoverfladen (ground)	5.3.7

Beregningsmetoden er indrettet sådan, at korrektionsleddene er middelværdier (på energibasis), dvs. man beregner den middelværdi af støjen i beregningspunktet, man ville kunne bestemme efter at have målt støjen mange gange under forskellige vejrforhold, der alle var inden for den ramme, som er angivet i vejledning nr. 6/1984.

5.3.2 Afstand, ΔL_d

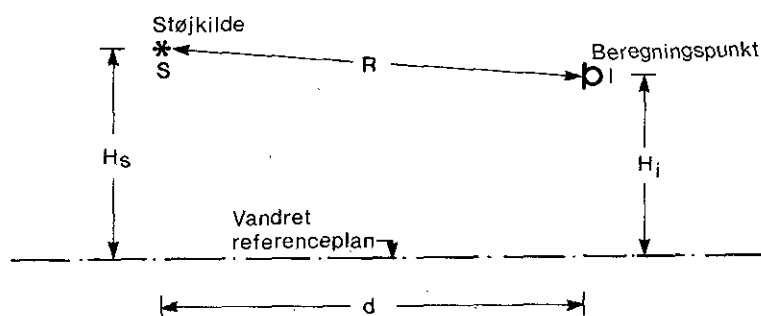
ΔL_d er korrektionen for, at lydenergien spredes over et stadigt større areal på vej bort fra kilden. ΔL_d er +6 dB pr. fordobling

af afstanden mellem kilde og beregningspunkt. ΔL_d har samme værdi ved alle frekvenser, og den er altid mindre end nul dB.

ΔL_d beregnes ved hjælp af ligning (5.3.2). De størrelser, der skal bruges, er vist i Figur 5.3.1. Den vandrette referenceplan vælges i hvert konkret tilfælde. Det er lige meget, hvor den anbringes. Det er tit lettest at bruge terrænoverfladen på virksomheden som referenceplan, hvis denne er vandret.

Bemærk, at højderne H_s og H_i måles fra referenceplanen. De kan være forskellige fra de højder, der bruges i afsnit 5.3.7.

Figur 5.3.1
Lodret snit gennem kilde og beregningspunkt.



$$\Delta L_d = -10 \log 4\pi \frac{R^2}{R_0^2} \quad [\text{dB}] \quad (5.3.2)$$

$$R^2 = d^2 + (H_s - H_i)^2 \quad [\text{dB}]$$

$$\Delta L_d = \text{korrektion for afstand, } [\text{dB}]$$

R = afstand mellem kilden S og beregningspunktet I , [m]

R_0 = referenceafstand = 1 m

d = vandret projektion af R , [m]

H_s = kildens højde over den vandrette referenceplan, [m]

H_i = beregningspunktets højde over den vandrette referenceplan [m]

5.3.3 Absorption i luft, ΔL_a

ΔL_a er korrektionen for, at noget af lydenergien blandt andet omdannes til varme ved transmissionen. ΔL_a er forskellig ved forskellige frekvenser, og den afhænger af luftfugtigheden, atmosfærens tryk og temperaturen. ΔL_a er altid mindre end eller lig med nul dB.

I de situationer, denne vejledning handler om, beregnes ΔL_a ved hjælp af ligning (5.3.3).

$$\Delta L_a = -\alpha_a \cdot R \quad [\text{dB}] \quad (5.3.3)$$

α_a = koefficient fra Tabel 5.3.2, [dB/m]

R = transmissionsvejens længde, Figur 5.3.1, [m]

Tabel 5.3.2

Dæmpningskoefficienter for 1/1-oktavbånd med centerfrekvens f_c , for lufttemperatur 15°C og 70% relativ luftfugtighed.

1/1 oktav f_c [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
α_a [dB/m]	0,000	0,000	0,001	0,002	0,004	0,007	0,017	0,056

5.3.4 Refleksion ΔL_r

Dette afsnit handler om, hvordan man ved beregning tager hensyn til virkningen af, at støjen reflekteres fra lodrette flader som for eksempel facader af bygninger, se Figur 5.1.2. Støjen reflekteres også fra terrænet, men virkningen af dette tages med i korrektionen for terrænvirkning.

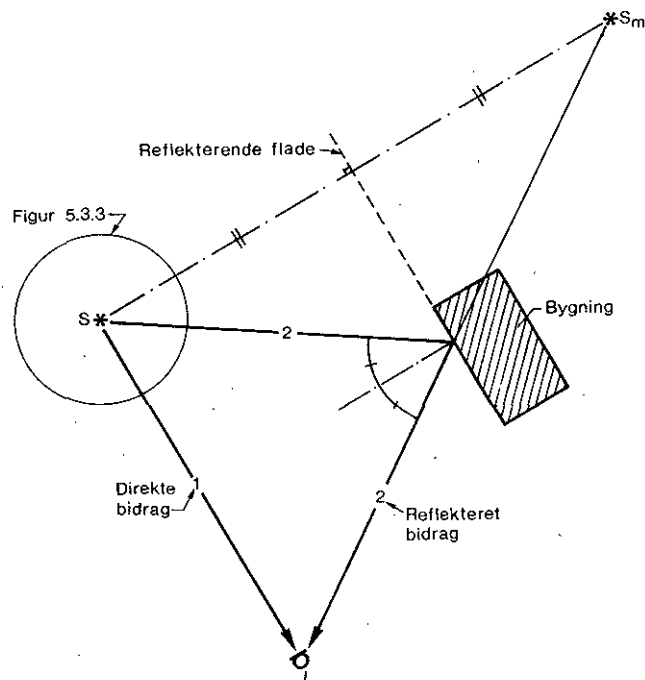
Beregningsmetoden her behandler reflekterede støjbidrag som bidrag fra selvstændige støjkilder, der er spejlkilder af de rigtige kilder. Princippet er vist på planen i Figur 5.3.2. Bidraget, der kommer til punkt I efter at være blevet reflekteret fra bygningens facade, ser ud, som om det kommer fra spejlkilden S_m .

Spejlkilde

Man finder spejlkildens placering ved at gå vinkelret fra kilden S til den reflekterende flade og derefter videre lige så langt på den anden side af den reflekterede flade. I Figur 5.3.2 er forlængelsen af bygningens facade brugt ved fastlæggelsen af spejlkildens placering.

Figur 5.3.2

Plan der viser, at bidrag til støjen i punkt I ankommer ad to veje. Man beregner støjbelastningen i punkt I ved at lægge støjen fra kilde n S sammen med støjen fra spejlkilden S_m .



Ofte er det meget enkelt at tage bidraget fra refleksion med i beregningen, nemlig når transmissionsvejene nr. 1 og 2 i Figur 5.3.2 er nogenlunde ens, og når kildens retningskorrektio ΔL_{ϕ} er nul. Korrektio ΔL_r beregnes ved hjælp af ligning (5.3.4), og ΔL_r lægges til overføringsfunktionen for transmissionsvej nr. 1. Der skal så *ikke* medregnes et særligt bidrag fra spejlkilden. ΔL_r er altid større end eller lig med nul dB.

$$\Delta L_r = 10 \log (1 + \rho) \quad [\text{dB}] \quad (5.3.4)$$

ρ er refleksionskoefficienten for den reflekterende flade, se Tabel 5.3.3.

Om transmissionsvejene nr. 1 og 2 er ens, må bedømmes i hvert enkelt tilfælde. Der kan ikke gives nøjagtige anvisninger, som er almenlydige. Skærmning, forskelle i terrænoverfladen, retningsvirkning hos støjkilden osv. kan give væsentlige forskelle mellem transmissionsvejene.

Når transmissionsvejene nr. 1 og 2 i Figur 5.3.2 er væsentligt forskellige, må man beregne bidraget fra spejlkilden S_m og lægge det sammen med de andre støjkilders bidrag til støjen i punkt I.

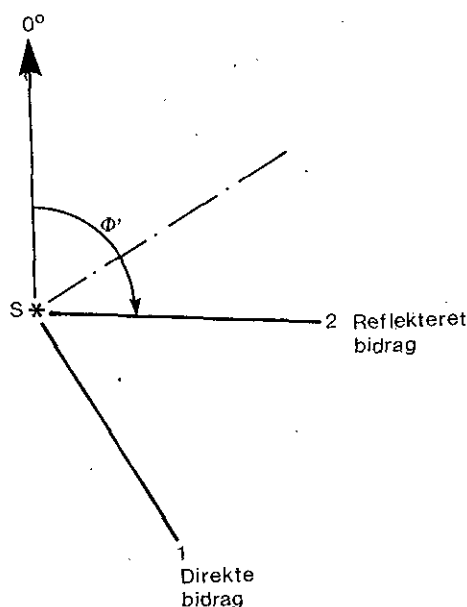
Kildestyrken $L_W(\Phi)_m$ af spejlkilden bestemmes ved hjælp af ligning (5.3.5).

$$L_W(\Phi)_m = L_W(\Phi') + 10 \log \rho \quad [\text{dB re } 1 \text{ pW}] \quad (5.3.5)$$

$L_W(\Phi')$ er styrken af kilden S i retning Φ' , se Figur 5.3.2-3, [dB re 1 pW].

ρ er refleksionskoefficienten for den reflekterende flade, se Tabel 5.3.3.

Figur 5.3.3
Udsnit af Figur 5.3.2
med retning Φ' fra
støjkilden S .

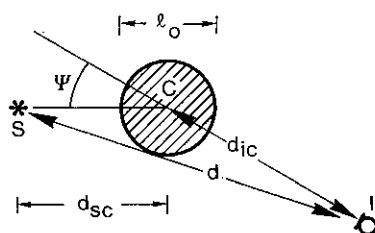


I Tabel 5.3.3 er givet nogle værdier af refleksionskoefficienten ρ . Disse værdier bruges, medmindre det i helt specielle tilfælde kan vises, at andre værdier er mere korrekte.

Tabel 5.3.3

Anbefalede værdier af refleksionskoefficienten ρ .

Reflekterende flade	Refleksionskoefficient ρ
Plan og akustisk hård væg	1
Væg med vinduer og mindre uregelmæssigheder, fremspring o.l.	0,8
Væg med åbninger svarende til ca. 50% af væggen areal, »tætte« installationer som rørledninger o.l.	0,4
Akustisk hård cylinder (tank, silo)	$\frac{l_o \cdot \sin \Psi/2}{2 \cdot d_{sc}}$



l_o = cylinderdiameter
 d_{sc} = afstand fra kilde S til centrum C af cylinder
 $d_{sc} \ll d_{ic}$
 Ψ = vinkel mellem linien SC og linien IC

Krav til fladen

Den reflekterende flade skal opfylde alle de følgende fem betingelser, før man skal medregne det reflekterede støjbidrag. Hvis bare én af betingelserne ikke er opfyldt, ses der bort fra den reflekterede støj ved beregningen.

1. Fladens udstrækning i vandret retning, målt vinkelret på støjens udbredelsesretning, skal være større end lydets bølgelængde ved den betragtede frekvens, dvs.

$$l_o \cos \Theta_r > \lambda_c \tag{5.3.6}$$

Se også Figur 5.3.4.

l_o = vandret udstrækning af den reflekterende flade
 Θ_r = lydets indfaldsvinkel

Undertiden skal der derfor medregnes et reflekteret støjbidrag ved høje frekvenser, mens der skal ses bort fra bidraget fra den samme flade ved lave frekvenser.

Den vinkel, fladen ses under fra kilden og/eller fra beregningspunktet, skal desuden være 5° eller større.

2. Fladens højde H_o over referenceplanen skal være større end angivet i (5.3.7) eller (5.3.8).

$$H_o > H_s + \frac{1}{16} d_{so} \quad (5.3.7)$$

$$H_o > H_i + \frac{1}{16} d_{io} \quad (5.3.8)$$

d_{so} er den vandrette afstand fra kilden til den reflekterende flade.

d_{io} er den vandrette afstand fra beregningspunktet til den reflekterende flade.

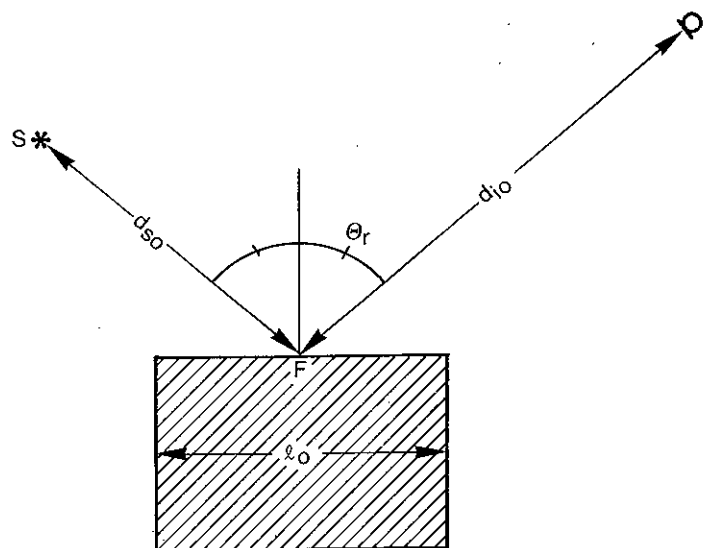
H_s er kildens højde over referenceplanen, jf. Figur 5.3.1.

H_i er beregningspunktets højde over referenceplanen, jf. Figur 5.3.1.

3. Indfaldsvinklen Θ_r , Figur 5.3.4, skal være mindre end 85° .
4. Refleksionen (punktet F i Figur 5.3.4) skal ske i en vandret afstand, som er λ_c eller mere, fra fladens kanter.
5. Fladen skal være »massiv«, dvs. der ses for eksempel bort fra åbne procesanlæg, bevoksninger o.l.

Figur 5.3.4

Plan, der viser nogle af de størrelser, der indgår i betingelserne for, at der skal medregnes reflekteret støjbidrag.



Gentagne refleksioner

Det er som regel nok at medregne støjbidrag, der når hen til beregningspunktet efter en enkelt refleksion, ud over eventuelle refleksioner fra flader tæt ved kilden.

Der foreligger ikke tilstrækkeligt nøjagtige data om, hvad der sker, når støjen udbreder sig i områder med spredt bebyggelse. Dette volder ikke problemer, når beregningspunktet ligger ved »første husrække«. I situationer, hvor det er vigtigt at vurdere dæmpningen af støjen ved udbredelse i åben bebyggelse, må der udføres målinger for at få fastlagt korrektioner i stil med ΔL_v og ΔL_i , afsnit 5.3.6 og Appendix 5.

Refleksion ved beregningspunktet

Støjgrænser fastsættes som »frit-felts-værdier«. Derfor er refleksioner fra bygningsfacader nær ved beregningspunktet uden interesse ved beregning af støj fra virksomheder. Hvis man vil sammenligne beregnings- og måleresultater, må man naturligvis korrigere for virkningen af refleksioner, der sker tæt ved målepositionen. Der henvises til vejledning nr. 5/1984 og 6/1984.

Refleksion ved kilden

Virkningen af refleksioner fra flader tæt ved kilden kan være lidt vanskeligere at håndtere. Som hovedregel skal det vælges, om en flade tæt ved kilden hører med til kilden, eller om den hører med til det, der sker med støjen under udbredelsen. Hvis de kildedata, man har til rådighed, indeholder virkningen af en bygningsfacade tæt ved kilden, skal der selvsagt ikke tages hensyn til facadens virkning en gang til ved beregningen. Der henvises i øvrigt til afsnit 5.2.1.

En eller flere skærme

5.3.5 Skærmning, ΔL_s

Ved beregning af virkningen af skærme skelnes mellem to hovedtilfælde:

- a) Der er én skærm
- b) Der er mere end én skærm

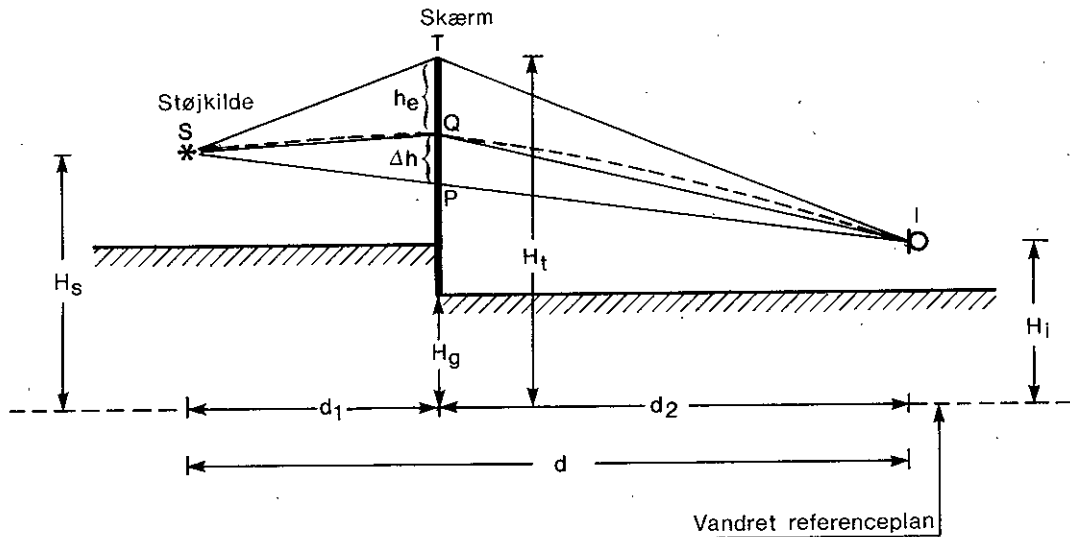
I det følgende beskrives den fremgangsmåde, der skal bruges, når der er én skærm. Beregningen af den kombinerede virkning af flere skærme er beskrevet i Appendix 3.

Beregningen gennemføres ved, at man fastlægger den omvej, støjen skal tilbagelægge mellem kilde og beregningspunkt, fordi den direkte vej er afskåret af skærmen. Ud fra omvejen fastlægges skærmens virkning.

Virkningen af en skærm afhænger af frekvensen. Korrektionen ΔL_s er altid mindre end eller lig med nul dB.

I Figur 5.3.5 er vist nogle af de størrelser, der bruges ved beregningen.

Figur 5.3.5 Lodret snit gennem kilde og beregningspunkt med nogle af de størrelser, der bruges ved beregning af skærmskorrektionen ΔL_s .



ΔL_s

Korrektionen ΔL_s for virkningen af en skærm beregnes ved hjælp af ligning (5.3.9). De indgående størrelser omtales i det følgende.

$$\Delta L_s = 10 \cdot C_h \cdot \log \left[\frac{1}{20N_v+3} + \frac{1}{20N_r+3} + \frac{1}{20N_t+3} \right] \left. \begin{array}{l} \Delta L_s = 0 \quad \text{for } N_v \leq -0,1 \\ \text{for } N_v > -0,1 \end{array} \right\} \quad (5.3.9)$$

$$-20 \leq \Delta L_s \leq 0 \text{ dB}$$

ΔL_s er altid mindre end eller lig med 0 dB og må ikke medregnes med mindre end -20 dB uanset resultatet af beregningen efter (5.3.9).

C_h

I (5.3.9) er C_h en korrektion, der forhindrer, at man beregner en for stor virkning af lave skærme. C_h er altid større end nul. Hvis C_h beregnet ved hjælp af (5.3.10) bliver større end 1, sættes C_h lig med 1.

$$C_h = \frac{f_c}{250} (H_t - H_g) \quad [-] \quad (5.3.10)$$

f_c = centerfrekvensen i det betragtede oktavnåb, [Hz]

H_t = højden af skærmens overkant, [m]

H_g = højden af den laveste del af terrænet tæt ved skærmen, [m]

H_t og H_g måles over referenceplanen, Figur 5.3.5.

N_v N_v en er hjælpestørrelse, der beskriver omvejen δ_v i den lodrette plan vist i Figur 5.3.5.

$$N_v = 0,0047 \cdot \delta_v \cdot f_c \quad (5.3.11)$$

δ_v = omvej, [m], se (5.3.12)

f_c = 1/1-oktavbåndets centerfrekvens, [Hz]

Den værdi af N_v , man beregner ved indsættelse af 1/1-oktavbåndenes centerfrekvens i (5.3.11), er værdien af N_v ved centerfrekvensen i det laveste 1/3-oktavbånd i hver 1/1-oktav.

δ_v δ_v bestemmes ved hjælpe af (5.3.12). De indgående størrelser er vist i Figur 5.3.5.

$$\delta_v = \begin{cases} |ST| + |TI| - |SQ| - |QI|, & \text{[m], hvis P er lavere end T} \\ 2 \times |SI| - |SQ| - |QI| - |ST| - |TI|, & \text{[m], hvis P er over T} \end{cases} \quad (5.3.12)$$

$|ST|$ betyder afstanden mellem punkterne S og T i Figur 5.3.5 osv.

S og I S er støjilden, og I er beregningspunktet.

T Punktet T er skæringspunktet mellem en lodret plan gennem S og I og skærmens overkant, se Figur 5.3.5.

Q Punktet Q er skæringspunktet mellem skærmens plan og den bane, støjen ville have fulgt under udbredelsen, hvis skærmen ikke havde været der. Banen er med tilnærmelse cirkelformet.

P Punktet P er skæringspunktet mellem den rette linie SI fra kilden til beregningspunktet og skærmens plan.

Δh Punktet Q ligger i højden Δh over punktet P.

$$\Delta h = \frac{d_1 \cdot d_2}{16 \cdot d} \quad \text{[m]} \quad (5.3.13)$$

d_1 = vandret afstand fra kilde til skærm, [m]

d_2 = vandret afstand fra beregningspunkt til skærm, [m]

d = $d_1 + d_2$ er den vandrette afstand mellem kilde og beregningspunkt, [m]

d_1 , d_2 og d måles alle i de lodrette snit vist i Figur 5.3.5.

N_r og N_l N_r og N_l er hjælpestørrelser, der beskriver den omvej, støjen må tilbagelægge for at komme rundt om skærmens ender i stedet

for at udbrede sig ad den direkte vej fra kilde til beregningspunkt.

$$\left. \begin{aligned} N_r &= 0,0047 \cdot \delta_r \cdot f_c \quad [-] \\ N_l &= 0,0047 \cdot \delta_l \cdot f_c \quad [-] \end{aligned} \right\} \quad (5.3.14)$$

δ_r og δ_l er omvejene højre og venstre om skærmens ender, se Figur 5.3.6 og ligning (5.3.15), [m].

f_c er centerfrekvensen i det betragtede 1/1-oktavbånd, [Hz].

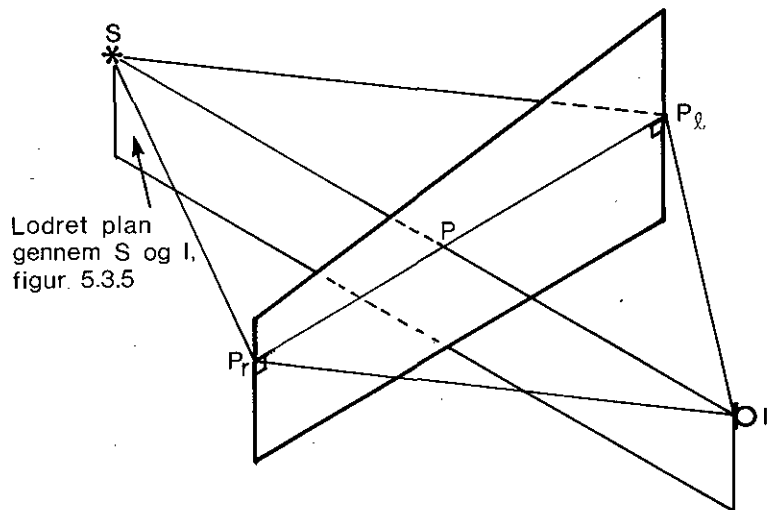
δ_r og δ_l

$$\left. \begin{aligned} \delta_r &= |SP_r| + |P_r I| - |SI| \quad [m] \\ \delta_l &= |SP_l| + |P_l I| - |SI| \quad [m] \end{aligned} \right\} \quad (5.3.15)$$

$|SI| = R$. $|SP_r|$ betyder afstanden fra punkt S til punkt P_r , Figur 5.3.6, osv.

Punkterne P_r og P_l er projektionerne af punktet P på den højre og venstre kant af skærmen, set fra kilden.

Figur 5.3.6
Støjens udbredelsesveje
rundt om skærmens
ender.



h_e

Afstanden fra punktet Q til punktet T i Figur 5.3.5 er skærmens såkaldte effektive højde, h_e , dvs. afstanden fra skærmens overkant til den bane, støjen ville følge, hvis skærmen ikke var til stede.

h_e bruges ved beregningen af terrænkorrektionen, afsnit 5.3.7, og ved udvælgelsen af de mest effektive af flere skærme, Appendix 3.

Hvis punktet Q er under punktet T, er den effektive højde større end nul. Hvis Q er over T, er h_e mindre end nul.

$$h_e = \left\{ \begin{array}{l} |PT| - \Delta h \text{ hvis P er under T} \\ -(|PT| + \Delta h) \text{ hvis P er over T} \end{array} \right\} \quad (5.3.16)$$

$|PT|$ betyder afstanden fra punkt P til punkt T, Figur 5.3.5.

Krav til skærme

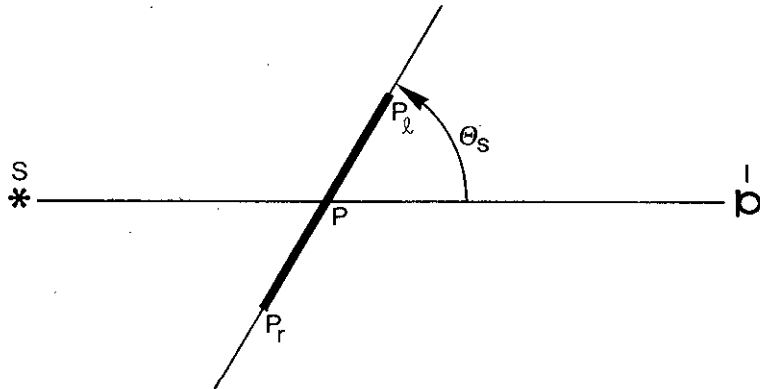
En skærm skal opfylde nogle krav, før den kan regnes for virksom:

- Skærmen skal veje mere end 10 kg/m^2 .
- Der må ikke være revner eller åbninger i den. En række træer eller rørledninger i en procesindustri regnes for eksempel ikke for at være skærme.
- Skærmen skal være længere i vandret retning – målt vinkelret på linien mellem kilden og beregningspunktet – end lydets bølgelængde, se Figur 5.3.7.

$$|P_r P_l| \cdot \sin \Theta_s > \lambda_c = \frac{340}{f_c} \quad (5.3.17)$$

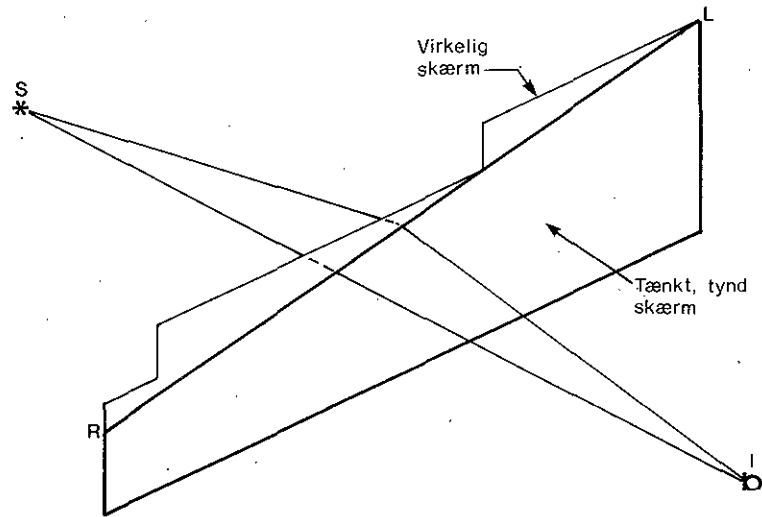
Θ_s er vinklen mellem skærmens plan og den lodrette plan gennem kilde og beregningspunkt.

Figur 5.3.7
Plan, der viser skærmens vandrette udstrækning.



Bygninger og andre skærmende genstande har tit en uregelmæssig form. Før man bestemmer de størrelser, der skal bruges i beregningen af ΔL_s , skal bygninger og genstande erstattes af tænkte, tynde skærme med lige kanter som vist i Figur 5.3.8. Sidekanterne er lodrette. Det ene hjørne kaldes L og det andet R. Overkanten LR af den tynde skærm er ikke altid vandret. Den tænkte, tynde skærm skal have samme højde som eller være lavere end den virkelige skærmende genstand.

Figur 5.3.8
 Tænkt, tynd skærm,
 der repræsenterer de
 virkelige skærm ved
 beregningen.

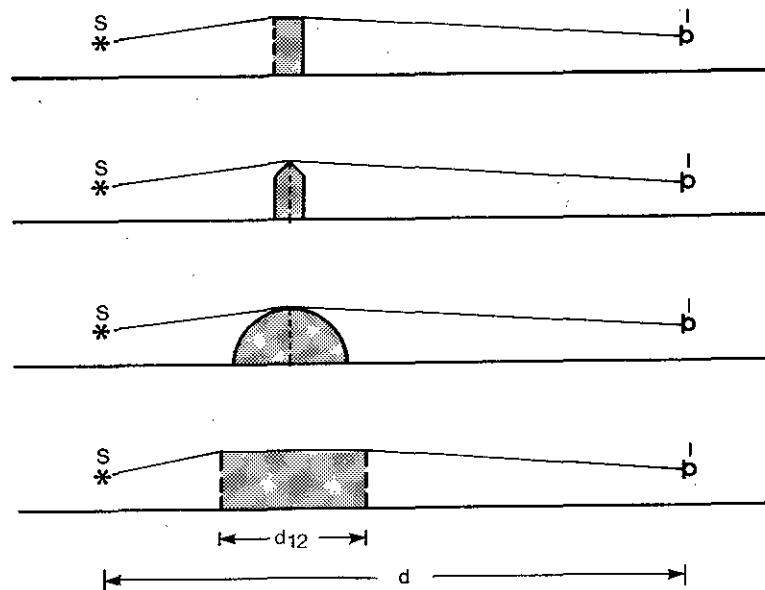


Terræn som skærm

Når et bakke drag virker som skærm, beregnes virkningen som virkningen af en tynd skærm som angivet i Appendix 4.

Almindeligvis repræsenteres en bygning af en enkelt skærm som vist øverst i Figur 5.3.9. Omvejene δ_r og δ_l bestemmes som vist i Appendix 3. Når den vandrette udstrækning d_{12} er større end $(0,2-0,3 \cdot d)$ hvor d er afstanden fra kilden til beregningspunktet, repræsenteres bygningen ved to tynde skærme som vist nederst i Figur 5.3.9. ΔL_s beregnes da som beskrevet i Appendix 3.

Figur 5.3.9
 Eksempler på, hvordan
 en bygning repræsenteres
 ved tænkte, tynde
 skærme ved beregningen
 af ΔL_s .



5.3.6 Bevoksning, ΔL_v

Virksomheden af bevoksning beregnes ved hjælp af (5.3.18). ΔL_v afhænger af frekvensen og er altid mindre end eller lig med nul dB.

$$\Delta L_v = -n_v \cdot \alpha_v \quad (5.3.18)$$

n_v er antallet af grupper af bevoksning, [-].

α_v er dæmpningskoefficienten pr. gruppe, [dB], Tabel 5.3.4.

Tabel 5.3.4 Værdier af α_v .

1/1-oktav f_c [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
α_v pr. gruppe [dB/gruppe]	0	0	1	1	1	1	2	3

Korrektionen ΔL_v medtages i beregningen, når støjen udbreder sig gennem tæt bevoksning. Udbredelsen regnes at ske langs krumme baner som vist i Figur 5.3.10. Højden Δh over den rette linie fra kilden S til beregningspunktet I er givet ved (5.3.13).

En gruppe træer og buske betragtes som tæt, når man ikke kan »se« gennem den, vel at mærke langs den krumme bane i Figur 5.3.10.

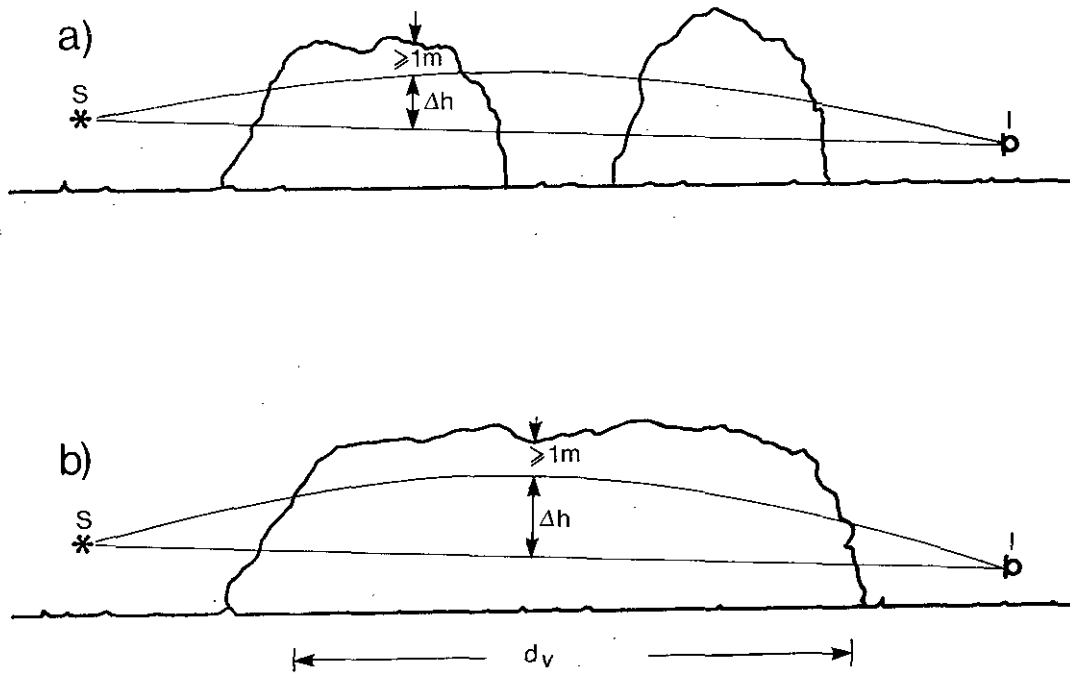
Bevoksningen skal være mindst 1 m højere end lydbanen.

Der må højst medregnes 4 grupper af bevoksning ved bestemmelsen af ΔL_v . En skovbevoksning betragtes som et antal grupper af bevoksning. 50 m skovbevoksning medregnes som én gruppe. Antallet af grupper af bevoksning svarende til en skovstrækning med vandret udstrækning d_v fastlægges som angivet i Figur 5.3.10.

Værdierne af α_v i Tabel 3.5.4 gælder for både sommer- og vinterforhold, blot kravet om ugenomsigtighed er opfyldt. Er bevoksningen ugenomsigtig om sommeren, men ikke om vinteren, sættes α_v for vinterforhold lig med det halve af værdierne i Tabel 5.3.4.

Figur 5.3.10

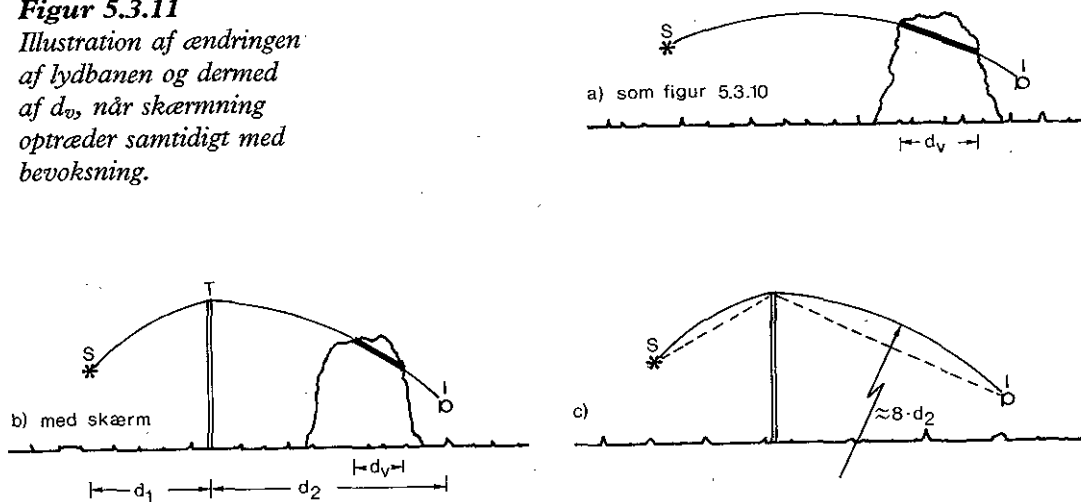
Eksempler på antallet n_v af gruppen af bevoksning. a) $n_v = 2$ b) $n_v = d_v/50$



Når der samtidigt forekommer skærmning og bevoksning, ændres Figur 5.3.10 som vist i Figur 5.3.11. Lydbanen fra skærmtoppen T til beregningspunktet I fastlægges på samme måde som i Figur 5.3.10, dvs. ved anvendelse af (5.3.13), idet punkt T betragtes som støjkilden.

Figur 5.3.11

Illustration af ændringen af lydbanen og dermed af d_v , når skærmning optræder samtidigt med bevoksning.



5.3.7 Terræn, ΔL_g

Virkningen af terrænoverfladen mellem kilden S og beregningspunktet I bestemmes som summen af tre korrektionsled:

$$\Delta L_g = \Delta L_{g,s} + \Delta L_{g,i} + \Delta L_{g,c} \quad (5.3.19)$$

Korrektionsleddene beregnes ved hjælp af udtrykkene i Tabel 5.3.5. Korrektionsleddene afhænger af frekvensen og af terrænoverfladens karakter. Når terrænet er akustisk hårdt, er korrektionsleddene altid større end eller lig med nul dB. Når terrænoverfladen er porøs, er korrektionsleddene mindre end eller lig med nul dB, undtagen i 63 Hz-oktaven.

Eksempler

I Figur 5.3.12 er vist nogle eksempler på beregnede værdier af ΔL_g som funktion af frekvensen. Beregningerne er vist for den skitserede situation med 200 m afstand fra kilde til beregningspunkt. Kildehøjden var 2 m og beregningspunktets højde 1,5 m over terræn. Terrænets overflade blev varieret.

Eksemplerne viser, at terrænkorrektionen er meget forskellig for hårdt og for porøst terræn, især ved 250 Hz og 500 Hz. I de valgte eksempler er forskellen op til godt 11 dB ved 500 Hz og godt 17 dB ved 250 Hz.

Energimiddelværdi

Beregningsmetoden er opbygget, så den giver middelværdien af de terrænkorrektioner, man kan bestemme ved målinger på forskellige dage, hvor lyden udbreder sig med vinden over typiske terrænoverflader. Terrænoverfladens karakter varierer, blandt andet afhængigt af årstid, nedbør osv.

Man kan derfor ikke forvente at måle lige netop de beregnede terrænkorrektioner ved en enkelt eller nogle ganske få målinger. Udfører man mange målinger, kan man derimod forvente at måle middelværdier (på energibasis) svarende til de beregnede.

$\Delta L_{g,s}$

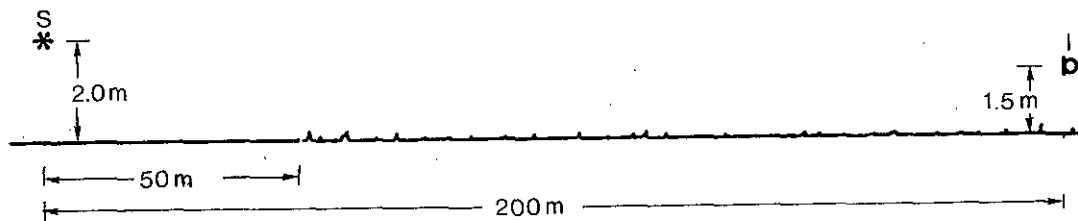
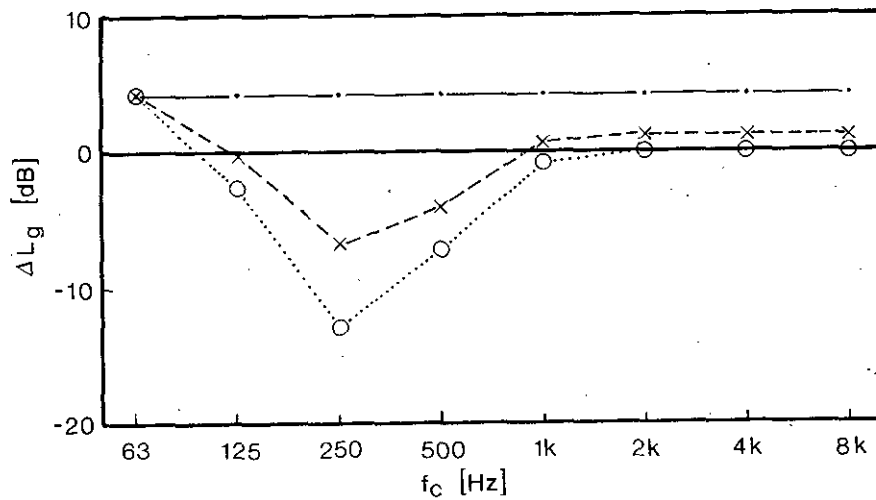
I korrektionsleddet $\Delta L_{g,s}$ tages der hensyn til virkningen af terrænet nær ved kilden S. $\Delta L_{g,s}$ beregnes ved hjælp af udtrykkene i den midterste søjle i Tabel 5.3.5. Kildens højde h_s over terrænoverfladen indsættes, hvor der står h i udtrykkene.

$\Delta L_{g,i}$

Tilsvarende tages der i leddet $\Delta L_{g,i}$ hensyn til virkningen af terrænet nær ved beregningspunktet I. $\Delta L_{g,i}$ beregnes ved hjælp af udtrykkene i den midterste søjle i Tabel 5.3.5. Hvor der står h , indsættes beregningspunktets højde h_i over terrænoverfladen.

Figur 5.3.12 Eksempel på beregnede værdier af terræncorrekturen.

- 200 m hårdt terræn
- x--- 50 m hårdt terræn ved kilden og 150 m porøst terræn ved beregningspunktet
- 200 m porøst terræn



$\Delta L_{g,c}$

I leddet $\Delta L_{g,c}$, tages der hensyn til virkningen af den »centrale« del af terrænoverfladen, dvs. et område midt mellem kilden og beregningspunktet. $\Delta L_{g,c}$ beregnes ved hjælp af udtrykkene i den højre søjle i Tabel 5.3.5.

Tabel 5.3.5

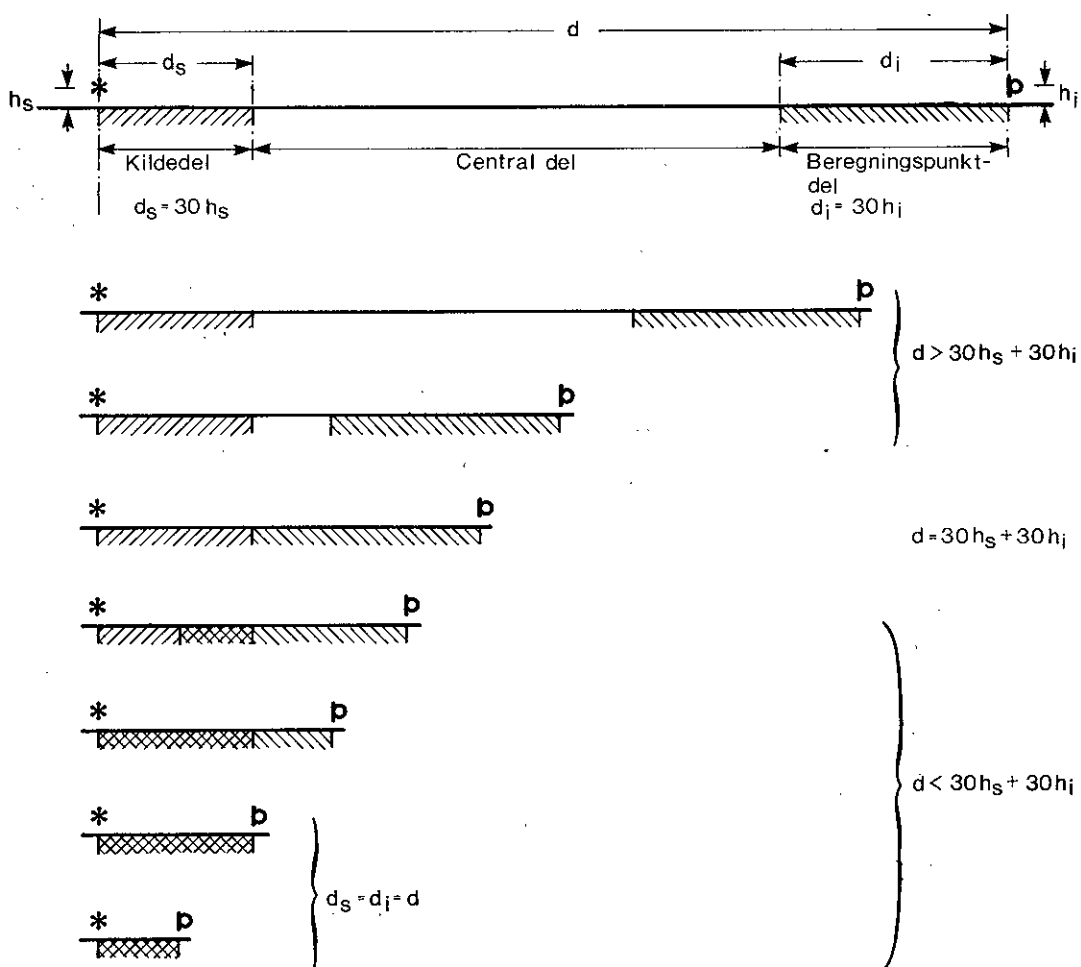
Udtryk til beregning af korrektionsleddene $\Delta L_{g,s}$, $\Delta L_{g,i}$ og $\Delta L_{g,c}$ i forskellige oktavbånd.

1/1 oktav f_c [Hz]	$\Delta L_{g,s}$ eller $\Delta L_{g,i}$ [dB]	$\Delta L_{g,c}$ [dB]
63	1.5	$3 m^5$)
125	$1.5 - G \cdot a(h)^{1)}$	$3 m (1 - G_c)^5$)
250	$1.5 - G \cdot b(h)^{2)}$	
500	$1.5 - G \cdot c(h)^{3)}$	
1000	$1.5 - G \cdot d(h)^{4)}$	
2000	$1.5 (1 - G)$	
4000	$1.5 (1 - G)$	
8000	$1.5 (1 - G)$	
<p>1) $a(h) = 1.5 + 3.0 \cdot e^{-0.12(h-5)^2} \left(1 - e^{-\frac{d}{50}}\right) + 5.7 \cdot e^{-0.09h^2} \left(1 - e^{-2.8 \cdot 10^{-6} \cdot d^2}\right)$</p> <p>2) $b(h) = 1.5 + 8.6 \cdot e^{-0.09 \cdot h^2} \left(1 - e^{-\frac{d}{50}}\right)$</p> <p>3) $c(h) = 1.5 + 14.0 \cdot e^{-0.46 \cdot h^2} \left(1 - e^{-\frac{d}{50}}\right)$</p> <p>4) $d(h) = 1.5 + 5.0 \cdot e^{-0.9 \cdot h^2} \left(1 - e^{-\frac{d}{50}}\right)$</p> <p>5) $m = 0$ når $d \leq 30 (h_i + h_s)$ $m = 1 - \frac{30 (h_s + h_i)}{d}$ når $d > 30 (h_s + h_i)$ Hvis $m < 0$, sættes m lig med nul.</p>		

- G Størrelsen G i udtrykkene for ΔL_g i Tabel 5.3.5 afhænger af, om terrænoverfladen er porøs eller akustisk hård.
Når terrænoverfladen er porøs, sættes G lig med 1. Når terrænoverfladen er hård, sættes G lig med 0. Når en del af terrænoverfladen er hård, og en del er porøs, sættes G lig med andelen af porøs terrænoverflade.
- Opdeling af terrænet* Når værdien af G skal fastlægges, opdeles terrænoverfladen mellem kilde og beregningspunkt i delområder som vist i Figur 5.3.13. Der fastlægges en værdi af G for hvert delområde. Dette sker let for plant terræn. Fremgangsmåden i andre situationer er omtalt i Appendix 4.
- G_s Kildedelen, dvs. delområdet nærmest kilden, har en udstrækning d_s målt vandret fra kilden. d_s er lig med $30 \cdot h_s$, hvor h_s er kildens højde over terrænet. Hvis afstanden d mellem kilde og beregningspunkt er mindre end $30 \cdot h_s$, sættes d_s lig med d .
 G_s fastsættes som den porøse andel af terrænoverfladen inden for kildedelen.
- G_i Delområdet nær beregningspunktet har en udstrækning d_i målt vandret fra beregningspunktet. d_i er lig med $30 \cdot h_i$, hvor h_i er beregningspunktets højde over terrænet. Hvis afstanden d mellem kilde og beregningspunkt er mindre end $30 \cdot h_i$, sættes d_i lig med d .
 G_i fastsættes som den porøse andel af terrænoverfladen inden for delområdet nær beregningspunktet.
- G_c Den centrale del af terrænoverfladen er delområdet mellem kildedelen og delområdet nær beregningspunktet. Hvis afstanden mellem kilde og beregningspunkt er mindre end eller lig med 30 gange summen af kildehøjde og beregningspunktets længde, $d \leq 30 (h_s + h_i)$, eksisterer der ingen central del. Dette er vist nederst i Figur 5.3.13; hvor kildedel og beregningspunktdel overlapper hinanden mere eller mindre.

Figur 5.3.13

Lodret snit gennem kilde og beregningspunkt med opdeling af terrænoverfladen i delområder.



G_c fastsættes som den porøse andel af den centrale del af terrænoverfladen.

Hårdt terræn

Asfalt, beton, brolægning, vand og terrænoverflader med mange genstande, der spreder lydenergien, er akustisk hårde. I reglen er terrænoverfladen på virksomheders areal akustisk hårdt. Dette gælder også for tage på industribygninger.

Porøst terræn

Alle terrænoverflader, hvor en bevoksning vil kunne gro, og hvor der samtidig kun findes få genstande, der spreder lydenergien, regnes for porøse. Det gælder for eksempel græsbevoksede flader, landbrugsjord med eller uden bevoksning, skove, hedestrækninger og haver.

Delvis porøs terræn

Der kan ikke regnes på virkningen af overflader som for eksempel gruspladser og -veje, der akustisk set er en mellemtung mellem de hårde og de porøse flader. Alle delområder skal karakteriseres som enten hårde eller porøse. Grusbelagte kørearealer og lignende skal regnes som hårde. Virkningen af områder med både hårde og porøse delområder beregnes ved interpolation ved hjælp af faktoren G .

Højde over terræn

Højderne h_s og h_i af kilden og beregningspunktet er højderne over terrænoverfladen, i modsætning til højderne H_s og H_i (afsnit 5.3.5), der er højderne over en referenceplan.

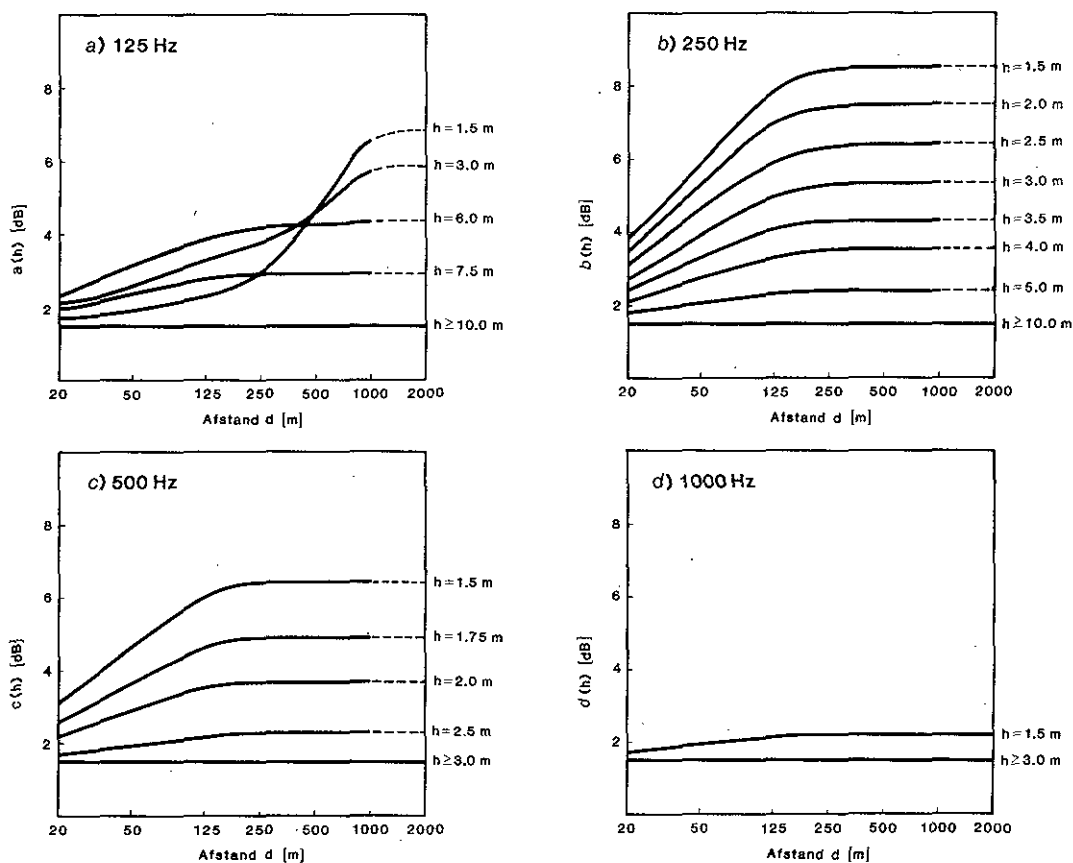
Funktionerne

$a(h)$ $b(h)$ $c(h)$ $d(h)$

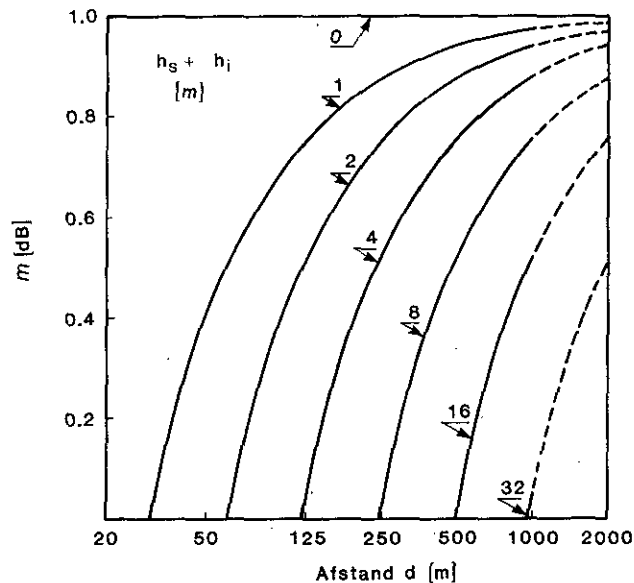
Funktionerne $a(h)$, $b(h)$, $c(h)$ og $d(h)$ i Tabel 5.3.5 bruges ved beregningen af korrektionerne for terrænets virkning i oktavbåndene 125 – 1000 Hz. Deres værdier er vist i Figur 5.3.14-15 som funktion af afstanden d og med højden h eller $h_i + h_s$ som parameter.

Figur 5.3.14

Funktionerne $a(h)$, $b(h)$, $c(h)$ og $d(h)$ fra Tabel 5.3.5 beregnet for forskellige værdier af h som funktion af afstanden d .



Figur 5.3.15
 Funktionen m fra
 Tabel 5.3.5 beregnet for
 forskellige værdier af
 $h_s + h_i$ som funktion
 af afstanden d .



Skærmning og terræn

Hvis kildehøjden h_s er mindre end 5 m, og der samtidigt forekommer skærmning med positiv effektiv højde h_e af skærmen, indsættes en korrigeret kildehøjde

Korrigeret højde

$$h_s + h_e \left(1 - \frac{d_{ss}}{d}\right) \quad (5.3.20)$$

i funktionerne i Tabel 5.3.5.

d_{ss} er afstanden fra kilde til skærm. d er afstanden fra kilde til beregningspunkt.

Korrektionen af kildehøjden bevirker en formindskelse af virkningen af terrænet. Hvis der indgår mere end én skærm i beregningen af ΔL_s , indsættes den effektive højde af den skærm, som er nærmest kilden i (5.3.20).

På samme måde korrigeres beregningspunktets højde i funktionerne i Tabel 5.3.5 til

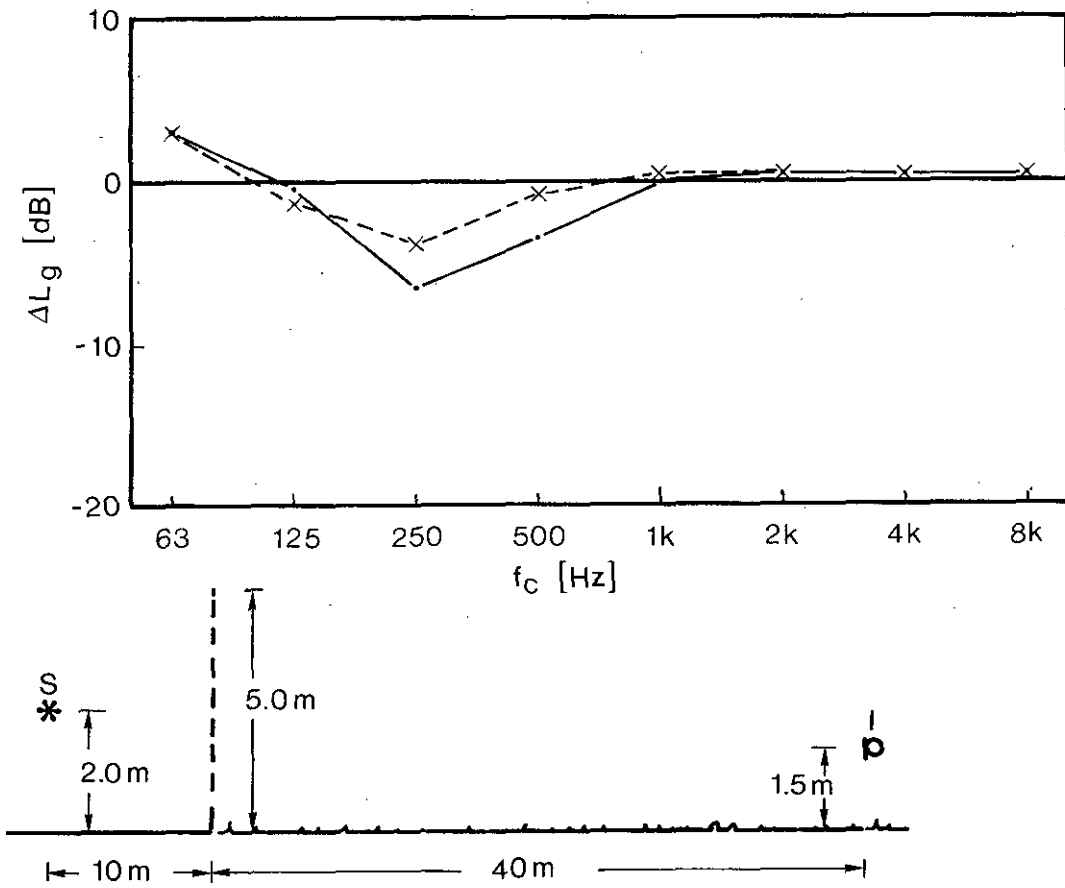
$$h_i + h_e \left(1 - \frac{d_{is}}{d}\right) \quad (5.3.21)$$

d_{is} er afstanden fra beregningspunktet til den nærmeste skærm.

I Figur 5.3.16 er vist et eksempel på, hvad det kan betyde at korrigere højderne h_s og h_i . Figuren viser betydningen for ΔL_g af, at der bygges en 5 m høj skærm 10 m fra en støjkilde, der er 2 m over terræn. Afstanden d fra kilde til beregningspunkt er 50 m, og beregningspunktets højde er 1,5 m. Skærmen ændrer terrænkorrækionen med ca. 3 dB ved 250 Hz og 500 Hz.

Figur 5.3.16 Eksempel på ΔL_g med og uden skærm.

-----●----- uskærmet -----x----- skærmet, $h_e = 2,6$ m



6. Måling af kildestyrke

6.1 Oversigt og generelle forhold

Beregning af støjbelastningen i en virksomheds omgivelser foretages på grundlag af styrken af virksomhedens støjkilder. Kildestyrken af virksomhedens støjende anlæg skal måles under normal drift. Der forudsættes at være stationære støjforhold under kildestyrkemålingerne. I almindelighed skal kildestyrken måles ved anvendelse af en af de her omtalte metoder. I nogle tilfælde skal målingerne suppleres med beregninger, jf. afsnit 7, og i andre tilfælde – især i forbindelse med planlægning o.l., hvor en mindre nøjagtighed kan accepteres – kan oplysninger fra håndbøger, kataloger m.v. anvendes.

Det må fremhæves, at nøjagtigheden af den beregnede støjbelastning ikke er bedre end nøjagtigheden af de anvendte forudsætninger, herunder kildestyrken. Hvis kildestyrken er behæftet med en stor usikkerhed, vil den beregnede støjbelastning også være det.

Til måling af kildestyrke skal en af de nedennævnte metoder benyttes. Metoderne har forskellige begrænsninger og benyttes til forskellige typer af støjkilder eller i forskellige situationer.

Oversigt over målemetoder

- *Kuglemetode.* Kuglemetoden er en generel metode, hvilket vil sige, at den er egnet til alle typer støjkilder. Lydtrykniveauet måles i punkter på en fiktiv kugleflade i stor afstand fra støjkilden. Det er derfor en betingelse, at de akustiske forhold på målestedet er gode. Man opnår information om retningskorrektionen. Metoden er beskrevet i afsnit 6.2.
- *Kassemetode.* Kassemetoden er også en generel metode. Lydtrykniveauet måles i et antal punkter på en fiktiv, kasseformet måleflade, som kan være i lille afstand fra støjkilden. Metoden er egnet til brug i vanskelige akustiske omgivelser. Man får ikke oplysninger om retningskorrektionen. Metoden er beskrevet i afsnit 6.3
- *Metode til procesanlæg.* Denne metode er specielt egnet ved udstrakte anlæg med mange støjkilder. Lydtrykniveauet måles i et stort antal punkter. Hele anlægget betragtes som én støjkilde, og man opnår ikke oplysninger om retningskorrektionen. Metoden er beskrevet i afsnit 6.4. Metoden er udsendt som layout til international standard ISO 8294 [4].
- *Ekstrapolationsmetode.* Denne metode er specielt egnet ved store støjkilder og i tilfælde, hvor støjen fra virksomheder skal beregnes i enkelte givne retninger. Hele virksomheden betragtes som én støjkilde. Lydtrykniveauet måles i ét punkt højt over terrænoverfladen og i stor afstand fra virksomheden og giver mulighed for at beregne støjbelastningen i

andre punkter i denne retning. Metoden er beskrevet i afsnit 6.5.

En række definitioner og generelle forhold, som er fælles for flere af de beskrevne metoder, er samlet i dette afsnit. Det drejer sig om:

- Specifikation og kontrol af måleudstyr
- Afgrænsning af støjkilde
- Målebetingelser, akustisk kvalitet af omgivelser
- Korrektion for baggrundsstøj
- Placering af ækvivalent punktkilde
- Nøjagtighed

6.1.1 Måleudstyr

Måleresultaterne er energiækvivalente lydtrykniveauer i 1/1-oktavbåndene med centerfrekvenser mellem 63 Hz og 8000 Hz, samt totalt A-vægtet. De anvendte måleinstrumenter skal være i stand til at registrere disse størrelser under de i praksis forekommende målebetingelser. Under gunstige omstændigheder kan måleresultaterne aflæses på stedet, for eksempel ved anvendelse af en integrerende lydtrykmåler tilkoblet et oktavbåndsfiltre, men ofte benyttes der med fordel en målekæde, som mindst omfatter: mikrofon – båndoptager – frekvensanalyator (måleforstærker med oktavbåndsfiltre, parallelanalyator eller lignende). Det må forventes, at intensitetsanalyator med probe og printer kan blive et nyttigt hjælpemiddel.

Det skal altid angives i målerapporten, hvilke instrumenter der har været i brug ved dataindsamling og databehandling. Instrumenterne beskrives ved fabrikat, typenr. og identifikationsnr. Det angives, hvornår instrumentet senest er kontrolleret og/eller recalibreret.

Instrumentindstillinger, som har særlig betydning for måleresultaterne, skal beskrives i målerapporten, for eksempel tidsvægtning, samplingprocedure og programmering af digitalt udstyr etc.

Alle instrumenter skal betjenes efter de retningslinier, som er givet af fabrikanten.

Specifikationer

Den samlede målekæde skal opfylde IEC publikation 804 for integrerende lydtrykmålere, type 1 instrument. I tilfælde, hvor der måles stationær støj, kan i stedet henvises til IEC publikation 651, type 1. Oktavbåndsfiltre, parallelanalyator eller frekvensanalyator skal opfylde IEC publikation 225.

Mikrofonen bør under måling altid være forsynet med vindskærm. I tilfælde, hvor det er påkrævet at måle vindhastigheden (ekstrapolationsmetoden, kuglemetoden), anbefales det at anvende vindretnings- og vindhastighedsfølere koblet til en regi-

strerende enhed, der muliggør bestemmelse af såvel middelvindretning som middelvindhastighed over 10 min. perioder.

Kalibrering

Måleopstillingen skal kalibreres af brugeren i overensstemmelse med fabrikantens anvisninger i betjeningsvejledningen for hvert enkelt instrument.

Hele det akustiske målesystem skal kalibreres ved mindst én frekvens med passende mellemrum; som minimum ved begyndelse og afslutning af en måling.

Instrumentkontrol

Instrumenterne skal kontrolleres jævnligt efter de til enhver tid gældende retningslinier, sædvanligvis én gang om året. Kontrollen skal give sporbar dokumentation for instrumenternes tilstand på tidspunktet for kontrollens udførelse. Nærmere oplysninger kan fås hos Miljøstyrelsen eller Referencelaboratoriet.

Lydtrykmålere, mikrofoner, båndoptagere og oktavbåndsfiltre bør kontrolleres mindst én gang hvert andet år. Akustiske kalibratorer bør kontrolleres mindst én gang årligt.

Overvågning

Under målingerne bør det sikres, at signalernes vej gennem måleopstillingen er stabil samt fri for forvrængning og elektrisk støj.

I tilfælde, hvor ikke alle instrumenter i en måleopstilling er udstyret med overstyringsindikatorer, er det hensigtsmæssigt at anvende spidsværdivisende instrumenter eller en anden form for indikation af overstyring af instrumenterne. Medhør – eventuelt ved hjælp af hovedtelefoner – vil på enkel vis kunne afsløre ustabile forbindelser, forvrængning samt elektrisk støj i måleopstillingen. Medhøret medvirker desuden til at sikre, at støj fra uvedkommende støjkluder ikke får indflydelse på måleresultaterne.

6.1.2 Afgrænsning af støjkilde

Støjkluden skal i almindelighed afgrænses, så den er så lille som muligt. Der opnås en bedre nøjagtighed ved at måle hver enkelt kilde i en gruppe og eventuelt efterfølgende slå kilderne sammen end ved at betragte flere støjkluder eller en udstrakt installation som én støjkilde. Praktiske forhold gør det imidlertid ofte nødvendigt at anvende den sidste fremgangsmåde.

Referenceboks

I flere af målemetoderne anvendes begrebet referenceboks til at afgrænse en støjkilde.

Referenceboksen er en tænkt flade, som netop omslutter støjkluden, og som ender på den eller de nærliggende reflekterende flade(r). Der ses bort fra dele af støjkluden, som ikke bidrager til støjudsendelsen. Referenceboksen har i almindelighed 3-6 frie sider, men den kan udarte til en enkelt flade, se Figur 6.1.1.

Karakteristisk dimension

Referenceboksen karakteriseres ved størrelsen d_0 (den karakteristiske dimension) vist i Figur 6.1.2. d_0 beregnes efter (6.1.1).

- For en »flad« referenceboks:

$$d_0 = \sqrt{(l_1/2)^2 + (l_2/2)^2}$$

- for en referenceboks på én reflekterende flade:

$$d_0 = \sqrt{(l_1/2)^2 + (l_2/2)^2 + l_3^2}$$

(6.1.1)

- for en referenceboks på to flader i en kant):

$$d_0 = \sqrt{(l_1/2)^2 + l_2^2 + l_3^2}$$

- for en referenceboks på tre flader i et hjørne):

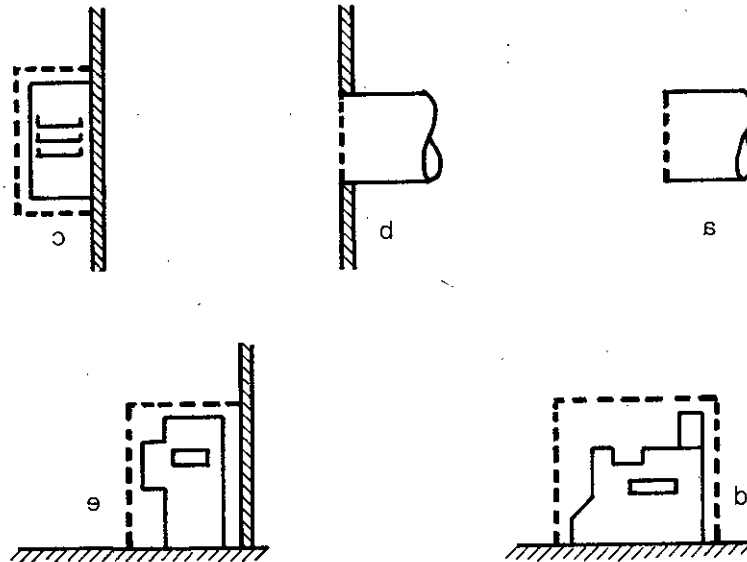
$$d_0 = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 + l_3^2}$$

Referenceboksen skal vælges så lille, at den netop indeholder de støjstrålende dele. Den skal føres ind på nærliggende reflekterende flader, når det ikke med rimelighed er muligt at anbringe målepunkter mellem den reflekterende flade og støj-kilden.

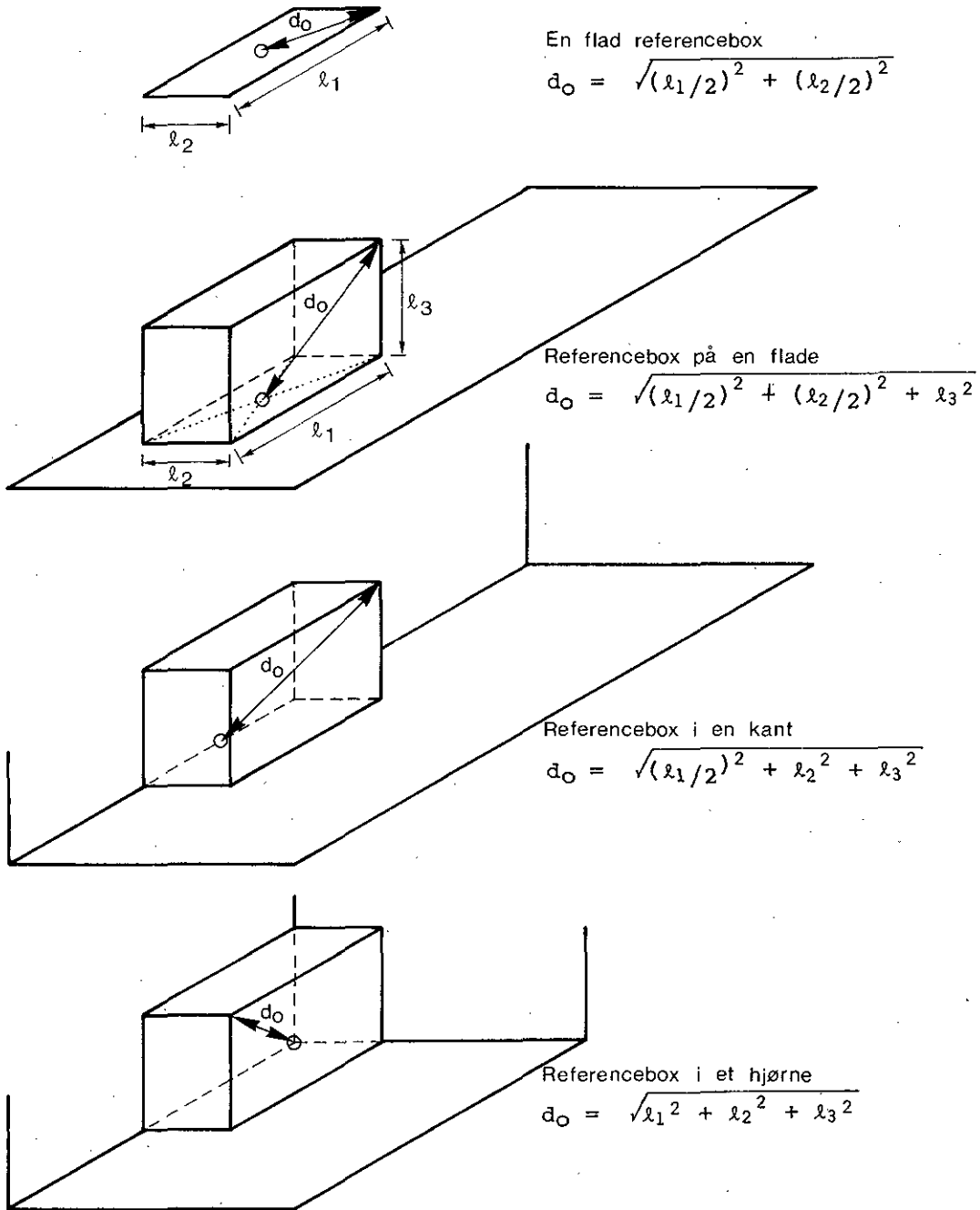
Figur 6.1.1

Eksempel på referenceboks, angivet som prikket linie.

- Fri åbning: flad reference«boks»
- Åbning i plan med reflekterende flade: flad reference«boks»
- Støjkilde i nærheden af reflekterende flade: referenceboks, som ender på fladen (5 frie sider)
- Støjkilde på terræn: referenceboks (med 5 sider) ender på terrænet
- Støjkilde i nærheden af kant (eller hjørne): referenceboks med 4 (3) sider, som ender på 2 (3) reflekterende flader



Figur 6.1.2 Eksempler på referencebokse og angivelse af karakteristisk dimension, d_o



6.1.3 Målebetingelser

For at der kan foretages en gyldig omregning fra de målte lydtrykkniveauer rundt om en støjkilde til en kildestyrke, skal en række målebetingelser være opfyldt.

Omgivelser

Kuglemetoden (afsnit 6.2) og kassemetoden (afsnit 6.3) har som generelle forudsætninger, at lyden kan udbrede sig frit i de retninger, hvor lydudbredelsen ikke er hindret af reflekterende flader i nærheden af støjkilden. Der må altså ikke forekomme andre reflekterende flader end de flader, som referenceboksen ender på.

Omgivelseskorrektion

Svarer omgivelserne ikke hertil, skal måleresultaterne korrigeres for omgivelsernes indflydelse. Denne korrektion benævnes omgivelseskorrektionen, K , og angives i dB.

Omgivelseskorrektionen kan måles som omtalt i det følgende, der er en videre bearbejdning af en metode specificeret i [2]. Der benyttes en referencelydkilde, hvis kildestyrke kendes fra en måling (kalibrering) udført i et frit felt over en reflekterende plan.

Referencelydkilden placeres på støjkildens plads, og dens kildestyrke bestemmes ved måling i de samme målepositioner og i øvrigt på samme måde som ved målingen af støjkildens kildestyrke. Omgivelseskorrektionen bestemmes derpå som forskellen (pr. 1/1-oktav og pr. målepunkt) mellem den målte kildestyrke af referencelydkilden og kildestyrken bestemt ved kalibreringen korrigeret med 0 dB, +3 dB eller +6 dB afhængigt af, om støjkilden er placeret på en flade, ved en kant eller i et hjørne.

Hvis der er tvivl om, hvor det er bedst at placere referencelydkilden »på støjkildens plads«, anbefales det at bruge flere placeringer og bestemme middelværdien af omgivelseskorrektionerne.

Måling af omgivelseskorrektionen er i bedste fald meget omstændelig. Sædvanligvis skønnes dens størrelse på grundlag af teoretiske betragtninger. Som støtte for disse skal her anføres:

- Hvor terrænet mellem kilden og målepunktet er akustisk porøst, men omgivelserne i øvrigt ideelle, er

$$K(63 \text{ Hz}) = 0 \text{ dB}$$

$$K(125 \text{ Hz} - 8 \text{ kHz}) = -3 \text{ dB} \quad (6.1.2)$$

- Hvor målepunktet er beliggende mellem støjkilden og en reflekterende flade, er $0 \leq K \leq 3 \text{ dB}$.
Når afstanden fra målepunkt til kilden er R , og afstanden mellem fladen og målepunktet er mindre end $R/10$, men større end 2 m, gælder at $K \approx 3 \text{ dB}$.
- Hvor støjkilden befinder sig indendørs i et rum med volumen V [m^3] og efterklangstiden t_e [s] (sædvanligvis frekvensafhængig), og målefladens frie overflade er S [m^2] (se afsnit 6.2 og 6.3), er K for alle målepunkter:

$$K = 10 \log \left(1 + \frac{25 \cdot t_e \cdot S}{V} \right) \text{ dB} \quad (6.1.3)$$

Jo større værdi K antager, desto mindre er målenøjagtigheden. I kugle- og kassemetoden (afsnit 6.2 og 6.3) tillades ikke resultater opnået, hvor K har været 7 dB eller større.

6.1.4 Korrektion for baggrundsstøj

I forbindelse med måling af lydtrykniveauet i punkter rundt om en støjkilde skal baggrundsstøjniveauet i mindst ét af punkterne også måles.

Baggrundsstøjniveauet kan måles ved at afbryde støjkilden. I tilfælde hvor dette ikke kan lade sig gøre, skal baggrundsstøjniveauet skønnes, og det skal anføres i rapporten.

Korrektion for baggrundsstøjen foretages som angivet i vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 6/84 »Måling af ekstern støj fra virksomheder«, afsnit 3.3.

I kuglemetoden, kassemetoden og ekstrapolationsmetoden kræves det, at baggrundsstøjniveauet skal være mindst 3 dB lavere end totalstøjniveauet (lydtrykniveauet fra støjkilden og baggrundsstøjen tilsammen). I procesanlægmetoden er foreskrevet, at baggrundsstøjniveauet skal være mindst 6 dB lavere end totalstøjniveauet.

Er disse betingelser ikke overholdt, kan korrektionen for baggrundsstøjens indflydelse ikke udføres med tilstrækkelig nøjagtighed. Målingerne må gentages på et tidspunkt eller i en afstand fra støjkilden, hvor baggrundsstøjens indflydelse er mindre. Hvis det ikke er muligt at gentage målingerne, anføres de ukorrigerede resultater tillige med en bemærkning om, at lydtrykniveauet er stærkt påvirket af baggrundsstøj.

6.1.5 Ækvivalent punktkilde

Ved beregning af ekstern støj fra virksomheder erstattes alle virkelige støjkluder på virksomheden med ækvivalente punktkilder. Hver ækvivalent punktkilde er karakteriseret ved sin kildestyrke og sin placering.

Placering af ækvivalent punktkilde

Sædvanligvis placeres den ækvivalente punktkilde noget højere end midtpunktet af referenceboksen. Punktkildens projektion på terrænoverfladen er punkt »O« i Figur 6.1.2, og højden er $\ell_3 \times 2/3$. Hvis ℓ_3 er vinkelret på en lodret flade, anvendes i stedet afstanden $\ell_3/2$ fra denne flade.

Hvis støjkilden indeholder en identificerbare dominerende delstøjkilde, vælges dennes placering som den ækvivalente punktkildes placering. Valget og begrundelsen herfor rapporteres.

6.1.6 Nøjagtighed på bestemmelse af kildestyrke

En lang række faktorer har afgørende indflydelse på, hvor nøjagtig en måling af kildestyrken kan forventes at være.

Forhold som:

- lavt baggrundsstøjniveau
- gunstige akustiske omgivelser ($K = 0$)
- passende stor måleafstand

medfører generelt en god nøjagtighed på bestemmelsen af kildestyrken. Under mindre gunstige omstændigheder er kildestyrken behæftet med en større ubestemthed. I mange tilfælde bevirker dårlige akustiske forhold, at kildestyrken bliver overestimeret.

For støjkilder, som ikke sender lige meget lyd ud i alle retninger, opnås den bedste nøjagtighed ved brug af en målemetode, som gør det muligt at bestemme en retningskorrektion (kuglemetoden, afsnit 6.2, eller ekstrapolationsmetoden, afsnit 6.5). Den fejl, der begås ved ikke at tage hensyn til en støjkildes retningssegenskaber, kan være både positiv og negativ. Især kan positive fejl (overestimering af kildestyrken i nogle retninger) forekomme ved delvist afskærmede støjkilder, mens store negative fejl er mindre sandsynlige.

Der kan under gunstige omstændigheder regnes med en ubestemthed på omkring 3 dB på den totale A-vægtede kildestyrke og i de midterste 1/1-oktavbånd (250 Hz – 2 kHz), mens ubestemtheden ved lave og høje frekvenser må forventes at være større, f.eks. 5 dB.

Ved anvendelse af kuglemetoden eller ekstrapolationsmetoden kan det i de fleste tilfælde forventes, at ubestemtheden vil være omkring 3 dB. Metoden til procesanlæg (afsnit 6.4) kan i tilfælde, hvor den gennemsnitlige måleafstand er tilstrækkelig stor ($\bar{a}/\sqrt{S_p} > 0,1$), forventes at give resultater med en tilsvarende ubestemthed. Kassemetoden (afsnit 6.3) må derimod i almindelighed forventes at give resultater med en ubestemthed på omkring 5 dB, fordi metoden især finder anvendelse i situationer med dårlige akustiske forhold.

6.2 Kuglemetoden

Kuglemetoden til måling af kildestyrke for industrielle støjkilder er oprindeligt beskrevet i [3] som »Long Distance Method«. Den finder anvendelse på støjkilder, som er anbragt under så gode akustiske forhold, at målingerne kan gennemføres i en afstand fra støjkilden, som er større end 2 gange den karakteristiske dimension, d_0 . Dette stiller dels krav til baggrundsstøjniveauet i omgivelserne, dels krav om uforstyrrede lydudbredelsesforhold.

Under sådanne forhold giver metoden de mest nøjagtige resultater af de her anførte målemetoder. Metoden giver desuden oplysninger om støjildens retningsegenskaber.

6.2.1 Måleflade

Målefladen er en kugle, når der ikke er reflekterende flader i nærheden af referenceboksen. Dette tilfælde optræder sædvanligvis ved skorstene og frit placerede, høje luftafkast, jf. eksemplet i afsnit 6.2.9. Når referenceboksen ender på én reflekterende flade (f.eks. terrænet), er målefladen en halvkugle (Figur 6.2.1 a). For en referenceboks i en kant eller et hjørne er målefladen 1/4-kugle (Figur 6.2.1 b) henholdsvis 1/8-kugle (Figur 6.2.1 c).

Centrum for kuglefladen er midtpunktet af referenceboksen og dens spejlbillede i de tilstødende reflekterende flader, punktet »O« i Figur 6.1.2.

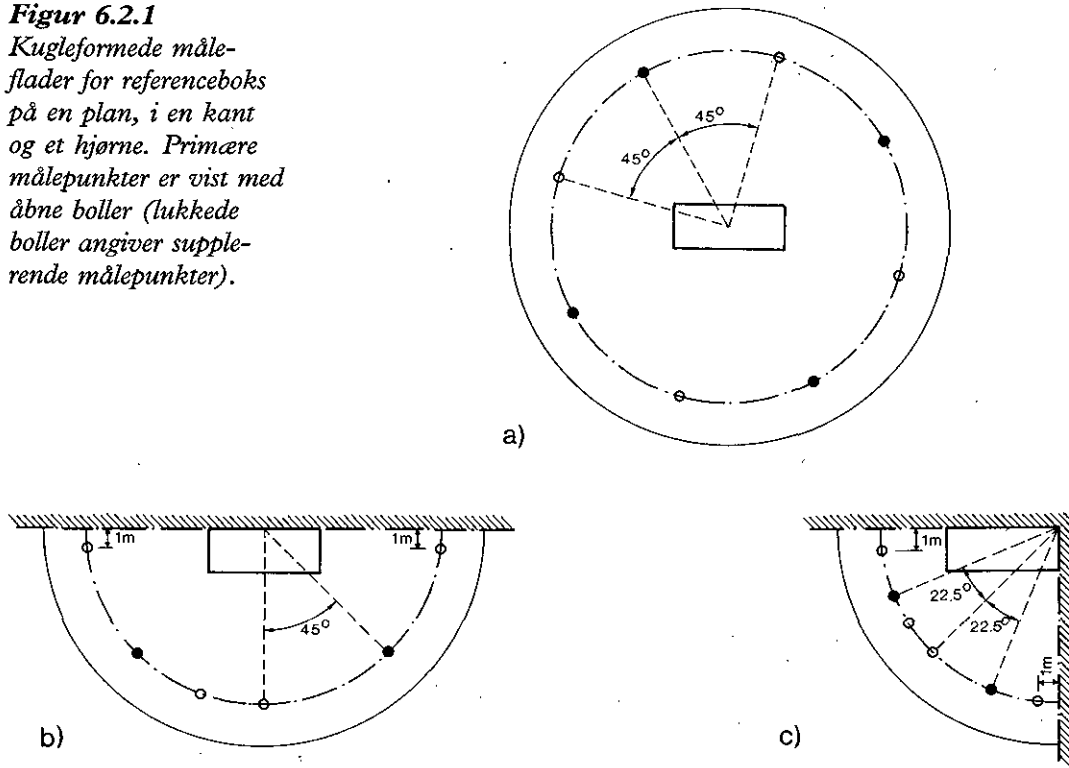
Kuglefladens radius R vælges så stor, som de praktiske forhold (baggrundsstøj, akustisk kvalitet af omgivelserne m.m.) tillader. Følgende krav skal opfyldes:

$$R \geq 2 \cdot d_0 \quad (6.2.1)$$

Desuden skal ethvert punkt på kuglefladen være mindst 1 m fra referenceboksen.

Figur 6.2.1

Kugleformede måleflader for referenceboks på en plan, i en kant og et hjørne. Primære målepunkter er vist med åbne boller (lukkede boller angiver supplerende målepunkter).



6.2.2 Vejrbetingelser

Vejret under målingernes udførelse har også indflydelse på, hvor stor målefladens radius R kan vælges. Denne sammenhæng er angivet i Tabel 6.2.1.

Tabel 6.2.1

Krav til vejret under målingen efter kuglemetoden og dertil hørende største værdi af R .

Vindhastighed [m/s]	Retning	Temperaturgradient	Største R [m]
2-6	Medvind ($\pm 90^\circ$)	Uden betydning	Ubegrænset
2-6	Modvind ($\pm 90^\circ$)	Uden betydning	50 m
0-2	Uden betydning	Positiv	Ubegrænset
0-2	Uden betydning	Negativ	50 m

Vindhastigheden måles i et frit beliggende punkt, 2 m over terrænoverfladen. Temperaturgradienten skønnes med tilstrækkelig nøjagtighed ud fra tidspunktet på døgnet: Om dagen er den negativ og om natten positiv. I denne forbindelse er dag tidsrummet mellem solopgang og solnedgang.

6.2.3 Primære målepunkter

- For skorstenene og tilsvarende støjkluder, hvor målefladen er en helkugle, anvendes fremgangsmåden, der er beskrevet i eksemplet i afsnit 6.2.9.
- Hvor målefladen er en halvkugle, lokaliseres først det punkt i højden $0,6 \times R$ (og den vandrette afstand til centrum $0,8 \times R$), hvor det A-vægtede lydtrykniveau er højest. Højden skal dog være mindst 1 m og kan begrænses til højest 10 m. Med basis i dette punkt vælges i alt 4 jævnt fordelte punkter i samme højde, se Figur 6.2.1 a, hvor punkterne er vist med åbne boller.
- Hvor målefladen er 1/4-kugle, vælges 4 målepunkter i højden $0,6 \times R$ (dog mindst 1 m; kan begrænses til 10 m). Det ene punkt vælges, hvor det højeste A-vægtede lydtrykniveau er lokaliseret. Det andet punkt er midt på halvcirklen, og de resterende punkter i afstanden 1 m fra den lodrette reflekterende plan, se Figur 6.2.1 b.
- Hvis målefladen er 1/8-kugle, vælges på tilsvarende måde 4 målepunkter, se Figur 6.2.1 c.

Det kan være nødvendigt at ændre målepunkter eller helt at udelade enkelte punkter på grund af lokale forstyrrende forhold. Sådanne ændringer skal altid anføres i rapporten. Ved

tilrettelæggelse af målingerne skal der lægges vægt på at undgå udeladelse af målepunkter i retninger mod særligt kritiske beregningspunkter.

6.2.4 Supplerende målepunkter

På en kugle- eller halvkugleformet måleflade skal der, hvis forskellen mellem det A-vægtede lydtrykniveau i to vilkårlige primære målepunkter overstiger 6 dB, vælges 4 supplerende målepunkter i samme højde som de primære og anbragt jævnt fordelt imellem dem. Jf. Figur 6.2.1 a.

På tilsvarende vis skal der for 1/4- og 1/8-kugleformede måleflader vælges to supplerende målepunkter. Disse placeres som vist med lukkede boller i Figur 6.2.1 b og c.

6.2.5 Måling af lydtrykniveau

I hvert af de valgte målepunkter måles det energiækvivalente lydtrykniveau i hvert 1/1-oktavniveau mellem 63 Hz og 8 kHz samt totalt A-vægtet. For støjkilder, som udsender stationær støj, er det i reglen tilstrækkeligt at integrere over 1 minut. For intermitterende støjkilder skal der integreres over et helt antal perioder. Det er ofte fordelagtigt at foretage en båndoptagelse af støjen og gennemføre frekvensanalysen senere.

Desuden skal baggrundsstøjniveauet måles i mindst ét målepunkt.

Måleresultaterne korrigeres for baggrundsstøj (jf. afsnit 6.1.4), og energimiddelværdien beregnes:

$$\bar{L}_p = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_{pi}/10} \quad (6.2.2)$$

hvor N er antallet af målepunkter, og L_{pi} er det korrigerende lydtrykniveau pr. 1/1-oktav i målepunkt nr. i.

6.2.6 Kontrol af omgivelsernes akustiske kvalitet

Hvis der er tvivl om, hvorvidt de akustiske omgivelser er tilstrækkeligt ideelle, skal samtlige målinger gentages med en måleflade, hvis frie overfladeareal er omkring det dobbelte af den først valgte måleflades.

Hvis energimiddelværdien af de nye måleresultater (korrigeret for baggrundsstøj) er mindst 1 dB lavere end den tilsvarende middelværdi af de oprindelige resultater, er omgivelserne i orden.

Hvis dette ikke er tilfældet, skal der bestemmes en korrektion, K, for omgivelsernes indflydelse efter anvisningerne i afsnit 6.1.3. Ofte er korrektionen forskellig i de forskellige målepunkter. I tilfælde, hvor der skal bestemmes en sådan korrektion, skal der beregnes en ny, korrigeret energimiddel-

værdi efter (6.2.3), der bruges i stedet for energimiddelværdien i (6.2.2).

$$\bar{L}_p = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{(L_{pi}-K_i)/10} \quad (6.2.3)$$

hvor N er antallet af målepunkter, L_{pi} er lydtrykniveauet korrigeret for baggrundsstøj i målepunkt nr. i, og K_i er den tilhørende omgivelseskorrektion.

6.2.7 Beregning af kildestyrke

Overfladearealet af den frie del af målefladen (S) bestemmes:

$$S = \begin{cases} 2\pi R^2 \text{ [m}^2\text{]} & \text{(halvkugle)} \\ \pi R^2 \text{ [m}^2\text{]} & \text{(1/4-kugle)} \\ (\pi/2)R^2 \text{ [m}^2\text{]} & \text{(1/8-kugle)} \end{cases} \quad (6.2.4)$$

Den totale kildestyrke er da:

$$L_W = \bar{L}_p + 10 \log S \text{ [dB re 1 pW]} \quad (6.2.5)$$

Retningskorrektionen ΔL_ϕ kan beregnes for retningerne fra støjilden gennem målepunkterne. I tilfælde, hvor forskellen mellem det A-vægtede lydtrykniveau i to målepunkter overstiger 6 dB, skal ΔL_ϕ beregnes.

$$\Delta L_\phi = (L_{pi} - K_i - \bar{L}_p + \begin{cases} 3 \text{ dB (1/4-kugle)} \\ 6 \text{ dB (1/8-kugle)} \end{cases}) \quad (6.2.6)$$

6.2.8 Eksempel, tagventilator

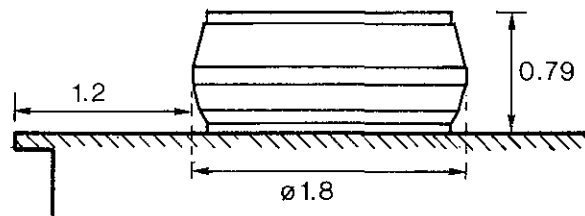
Kildestyrken af en tagventilator, som er anbragt nær kanten af et tag, skal bestemmes. Ventilatorens ydre mål og anbringelse er vist i Figur 6.2.2. Der er ikke forstyrrende reflekterende flader eller støjkluder umiddelbart i nærheden.

På grund af de gunstige akustiske omgivelser er det muligt at bruge kuglemetoden til målingen.

Tagfladen betragtes som reflekterende, og referenceboksen får dimensionerne $l_1 \times l_2 \times l_3 = 1,8 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,79 \text{ m}$ og den karakteristiske dimension $d_0 = 1,5 \text{ m}$.

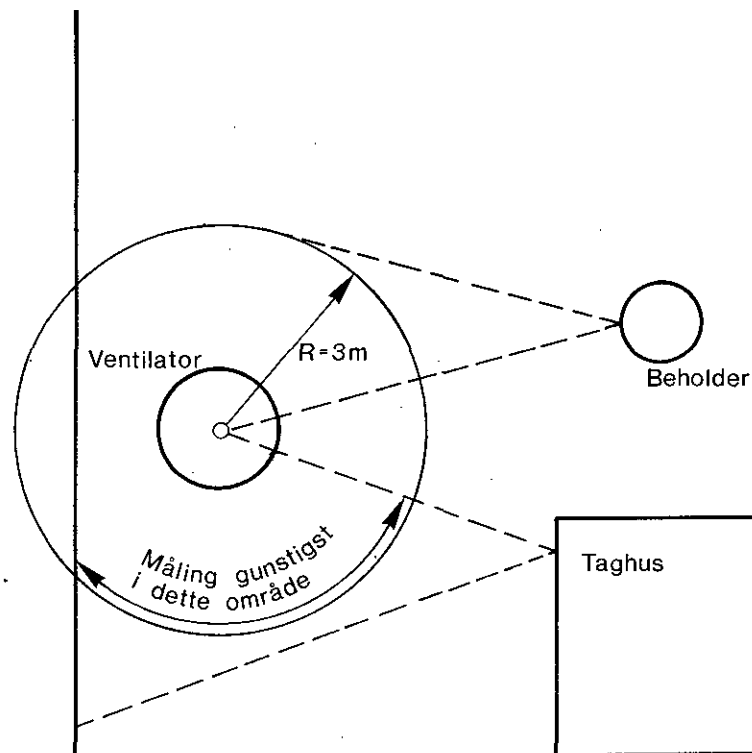
Den mindste måleafstand er $R = 2 \cdot d_0 = 3 \text{ m}$ og den hertil svarende højde (over taget) 1,8 m.

Figur 6.2.2
Opstalt af tagventilator,
mål i meter.



På grund af ventilatorens symmetri er det ikke nødvendigt at måle i 4 punkter rundt om ventilatoren; der måles i 1-2 punkter, hvor omgivelserne er gunstigst. I Figur 6.2.3 er vist, hvilke reflekterende flader der kan have indflydelse.

Figur 6.2.3
Plan over tagflade med
ventilator og reflekter-
ende flader.



I den øverste og højre del af målefladen (se på Figur 6.2.3) vil der i større eller mindre grad forekomme lydrefleksion fra den runde beholder (kl. 11 – kl. 4), mens taghuset ikke bidrager med refleksion. Det meste af den venstre del af målefladen kan ikke benyttes, fordi den reflekterende flade mangler, hvilket giver anledning til målefejl (kl. 7 – kl. 11). Heraf ses, at det vil være fordelagtigt at udføre målinger i 1-2 punkter nederst på målefladen (mellem kl. 4 og kl. 7).

6.2.9 Eksempel, skorsten

Måling af kildestyrken af skorstensmundinger og tilsvarende støjkluder er et vanskeligt arbejde, hvilket ikke mindst skyldes

problemerne med at anbringe og overvåge en målemikrofon i nærheden af skorstenstoppen. Den foreliggende viden tillader imidlertid ikke, at kildestyrken estimeres på grundlag af målinger af lydtrykniveauet inde i røgrøret.

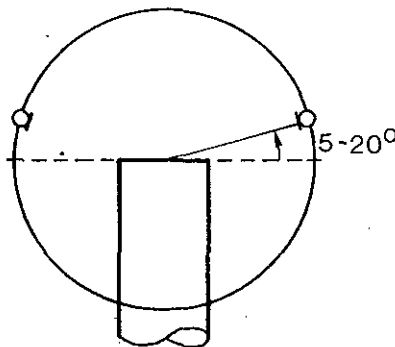
Skorstensåbninger har en betydelig lodret retningsvirkning; lydudstrålingen er forskellig målt i forskellige vinkler med lodret. Parametre som røggassens hastighed og temperatur og skorstenenes dimensioner har stor indflydelse på retningsvirkningen.

På det foreliggende grundlag anbefales følgende fremgangsmåde ved måling af skorstensåbningers kildestyrke:

- Lydtrykniveauet måles i 1-2 punkter i afstanden R fra skorstensåbningens centrum. R skal være mindst $1,5 \times$ skorstensåbningens diameter og samtidig mindre end $0,5 \times$ åbningens højde over reflekterende flader, f.eks. et tag. Hvis R af praktiske årsager vælges mindre end $1,5 \times$ diameteren, må det forventes, at kildestyrken overestimeres.
- For skorstenene med høj afkasttemperatur (højere end 200°C) skal det ene målepunkt vælges i medvindsretningen. Vindens indflydelse er mindre kritisk for lavere gastemperaturer.
- Kildestyrken, som skal anvendes ved beregningspunkter i større afstand end ca. $3 \times$ skorstenshøjden, findes ved målinger i retninger mellem 5° og 20° over åbningens plan. For beregningspunkter beliggende tættere ved skorstenen vælges målepunkter i tilsvarende mindre vinkler, evt. målepunkter *under* åbningens plan. Det kan forventes, at kildestyrken herved bliver omkring 5-10 dB lavere, end hvad der måles 5° - 20° over åbningen.
- Kildestyrken beregnes efter udtrykket:

$$L_w = \bar{L}_p + 10 \log (4\pi R^2) \quad (6.2.7)$$

Figur 6.2.4
Målepunkter ved måling af kildestyrken af skorsten.



6.3. Kassemetoden

Kassemetoden er især velegnet til støjkluder anbragt under mindre ideelle akustiske forhold, f.eks. på steder med højt baggrundsstøjniveau, eller hvor der er mange reflekterende flader. Ved store støjkluder og/eller tæt ved en støjklude kræver den, at der måles i mange punkter. Målemetoden giver ikke oplysninger om støjkludens retningssegenskaber.

Under mindre ideelle akustiske forhold med reflekterende flader o.l. kan intensitetsmålinger evt. benyttes, især når der foreligger en standardiseret målemetode.

Kassemetoden er oprindeligt beskrevet i [3] som »Short Distance Method«.

6.3.1 Måleflade

Målefladen er kasseformet (måleboks). Den har på alle leder afstanden a ind til referenceboksen (jf. figur 6.3.2). Måleboksen og referenceboksen er geometrisk ligedannede og slutter til de samme reflekterende flader. For en helt frit anbragt kilde, f.eks. en frit anbragt vibrationssigte, jf. Figur 6.3.1, anbringes måleboksen symmetrisk herom.

Måleafstanden a kan vælges forholdsvis frit. Den skal være større end 0,15 m, den bør være større end 1 m og i øvrigt så stor som muligt. Anvendelse af en lille måleafstand medfører en forringelse af målenøjagtigheden, især ved lave frekvenser, samt at der skal måles i mange målepunkter (jf. afsnit 6.3.4).

6.3.2 Vejrbetaingelser

Principielt gælder samme vejrbetaingelser for denne målemetode som for kuglemetoden, jf. afsnit 6.2.2. Imidlertid vil det kun undtagelsesvis forekomme, at der udføres målinger efter denne metode i større afstande end 50 m. Derfor er vejrbetaingelserne i almindelighed uden betydning.

6.3.3 Primære målepunkter

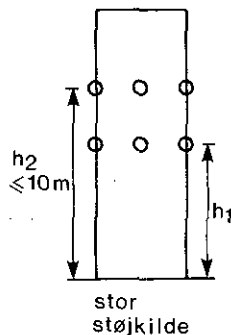
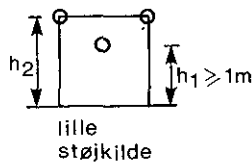
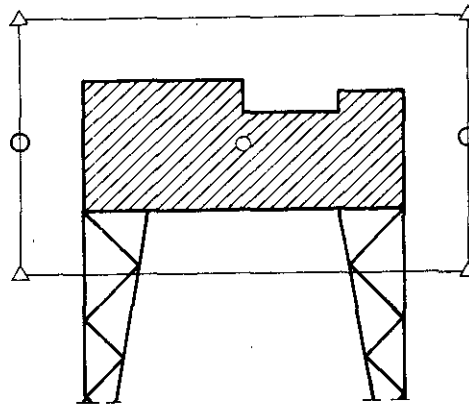
- For en helt frit anbragt støjklude vælges 4 målepunkter, ét midt på hver lodret flade af måleboksen. Hvis måleboksen er tæt ved referenceboksen. Hvis måleboksen er tæt ved referenceboksen ($a < l_1/2$, $a < l_2/2$ eller $a < l_3/2$), skal der yderligere vælges 8 målepunkter, ét i hvert hjørne, jf. Figur 6.3.1.
- Hvor måleboksen slutter til én reflekterende plan (har 5 frie sider), vælges 8 målepunkter, ét midt på hver fri side, der er vinkelret på planen, og ét i hvert frit hjørne.

Målepunkternes højder over den reflekterende plan er $h_1 = (l_3 + a)/2$, og $h_2 = l_3 + a$. Højderne h_1 og h_2 skal være større end 1 m og kan begrænses til ikke at overstige 10 m.

For små støjkluder, hvor $(l_3 + a)/2 < 1$ m, vælges h_1 til at være mellem h_2 og 1 m. For store støjkluder, hvor $l_3 + a > 10$ m,

Figur 6.3.1

Måleboks med 6 frie sider og målepunkter.
o: 4 primære målepunkter midt på hver lodret flade. Δ : 8 målepunkter i hjørnerne.



kan målepunkterne i højden $l_3 + a$ erstattes af punkter i en højde h_2 ($1 \text{ m} < h_2 < 10 \text{ m}$), hvor det højeste lydtrykniveau forventes. For meget store støjkilder, hvor også $(l_3 + a)/2 > 10 \text{ m}$, kan h_1 begrænses tilsvarende. Det kan forekomme, at de to højder h_1 og h_2 bliver ens.

Valg af andre højder h_1 og h_2 end $(l_3 + a)/2$ og $l_3 + a$ skal anføres i målerapporten.

Hvis måleboksen er tæt ved referenceboksen ($a < l_1/2$, $a < l_2/2$ eller $a < l_3/2$), skal der vælges yderligere 4 målepunkter i hver højde, midt på hver af de frie kanter.

- Hvor måleboksen slutter til to reflekterende planer (har 4 frie sider), vælges 5 målepunkter, ét midt på hver lodret side og ét i hvert frit hjørne.

Som ovenfor vælges yderligere 5 målepunkter (ét midt på hver kant), når måleboksen er tæt ved referenceboksen.

Også i dette tilfælde begrænses højderne h_1 og h_2 til at være mellem 1 og 10 m.

- Hvor måleboksen slutter til tre reflekterende planer (har 3 frie sider), vælges 3 målepunkter, ét på hver lodret side og ét i det frie hjørne. Der vælges yderligere 3 målepunkter, når måleboksen er tæt ved referenceboksen, og også i dette tilfælde begrænses højderne h_1 og h_2 .

Det kan være nødvendigt at ændre målepunkter eller helt at udelade enkelte punkter på grund af lokale forstyrrende forhold. Sådanne ændringer eller udeladelser skal anføres i rapporten.

6.3.4 Supplerende målepunkter

Supplerende målepunkter vælges, hvis det under målingernes udførelse viser sig nødvendigt. Det er tilfældet, når forskellen mellem det A-vægtede lydtrykniveau L_{pA} i to vilkårlige målepunkter (primære og evt. yderligere målepunkter) overskrider

6 dB, og den vandrette afstand langs måleboksens overflade mellem målepunkterne samtidigt er større end $2a$.

De supplerende målepunkter ligger jævnt fordelt i samme højde som de oprindelige og med den vandrette afstand langs måleboksens overflade mindre end $2a$. Hvis der er valgt en lille måleafstand, er det altså nødvendigt at måle i mange målepunkter.

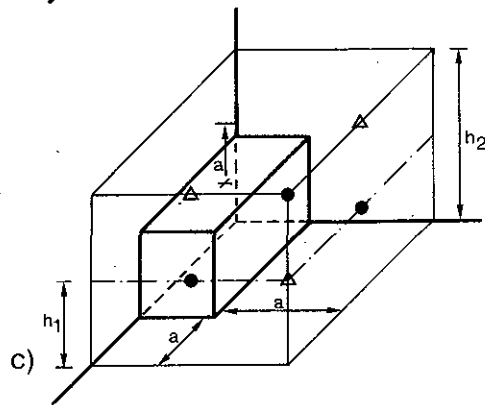
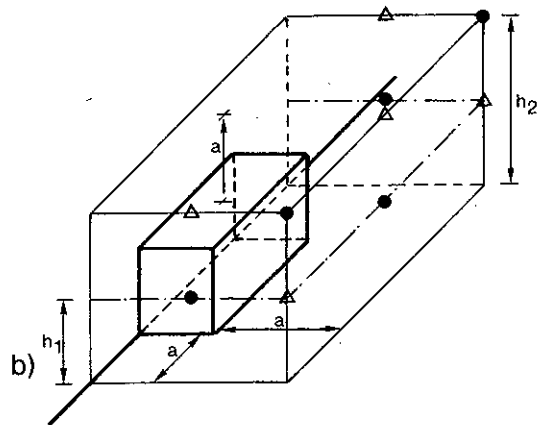
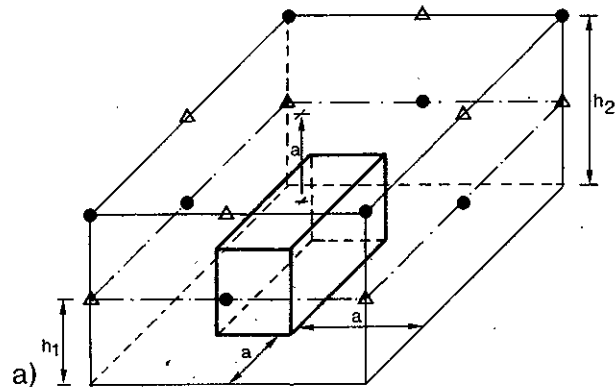
Figur 6.3.2

Målebokse med

5, 4 og 3 frie sider.

• : Primære målepunkter.

Δ : Yderligere målepunkter, som skal bruges, hvis måleboksen er tæt ved referenceboksen.



6.3.5 Måling af lydtrykniveau

I hvert af de valgte målepunkter måles det energiækvivalente lydtrykniveau i hvert 1/1-oktavniveau mellem 63 Hz og 8 kHz samt totalt A-vægtet. For støjklender, som udsender stationær støj, er det i reglen tilstrækkeligt at integrere over 1 minut. For intermitterende støjklender skal der integreres over et helt antal perioder. Det er ofte fordelagtigt at foretage en båndoptagelse af støjen og gennemføre frekvensanalysen senere.

Desuden skal baggrundsstøjniveauet måles i mindst ét målepunkt.

Måleresultaterne korrigeres for baggrundsstøj (jf. afsnit 6.1.4), og energimiddelværdien beregnes:

$$\bar{L}_p = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_{pi}/10} \quad (6.3.1)$$

hvor N er antallet af målepunkter, og L_{pi} er det korrigerede lydtrykniveau pr. 1/1-oktav i målepunkt nr. i.

6.3.6 Kontrol af omgivelsernes akustiske kvalitet

Hvis der er tvivl om, hvorvidt de akustiske omgivelser er tilstrækkeligt ideelle, skal *samtliche målinger gentages med en måleflade, hvis frie overfladeareal er omkring fire gange så stort som den først valgte måleflade.*

Hvis energimiddelværdien af de nye måleresultater, korrigeret for baggrundsstøj, er mindst 4 dB lavere end den tilsvarende middelværdi af de oprindelige resultater, er omgivelserne i orden.

Hvis dette ikke er tilfældet, skal der bestemmes en korrektion, K, for omgivelsernes indflydelse efter anvisningerne i afsnit 6.1.3. Ofte er korrektionen forskellig i de forskellige målepunkter. I tilfælde, hvor der skal bestemmes en sådan korrektion, skal der beregnes en ny, korrigeret middelværdi efter (6.3.2), der bruges i stedet for energimiddelværdien efter (6.3.1):

$$\bar{L}_p = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{(L_{pi}-K_i)/10} \quad (6.3.2)$$

hvor N er antallet af målepunkter, og L_{pi} er lydtrykniveau korrigeret for baggrundsstøj i målepunkt nr. i, og K_i er den tilhørende omgivelseskorrektion.

6.3.7 Beregning af kildestyrke

Overfladearealet af den frie del af måleboksen (S) bestemmes:

$$S = \begin{cases} 2((l_3+2a)(l_1+l_2+4a)+(l_1+2a)(l_2+2a)) \text{ [m}^2\text{]} & \text{(6 frie sider)} \\ 2(l_3+\cancel{X}a)(l_1+l_2+4a)+(l_1+2a)(l_2+2a) \text{ [m}^2\text{]} & \text{(5 frie sider)} \\ 2(l_3+a)(l_2+a)+(l_1+2a)(l_2+l_3+2a) \text{ [m}^2\text{]} & \text{(4 frie sider)} \\ (l_1+l_2+2a)(l_3+a)+(l_1+a)(l_2+a) \text{ [m}^2\text{]} & \text{(3 frie sider)} \end{cases} \quad (6.3.3)$$

X) Fejl i formel rettet af Reference-laboratoriet

Overfladearealet af den frie del af referenceboksen (S_{ref}) bestemmes tilsvarende. Ud fra forholdet mellem S_{ref} og S fastlægges en korrektion, E, for nærfeltfejl.

Tabel 6.3.1

Korrektion for nærfeltfejl, gyldig for ikke-retningsfølsomme mikrofoner.

S_{ref}/S	E
0 - 0,4	0 dB
0,4 - 0,7	1 dB
0,7 - 0,9	2 dB
0,9 - 1,0	3 dB

Den totale kildestyrke er:

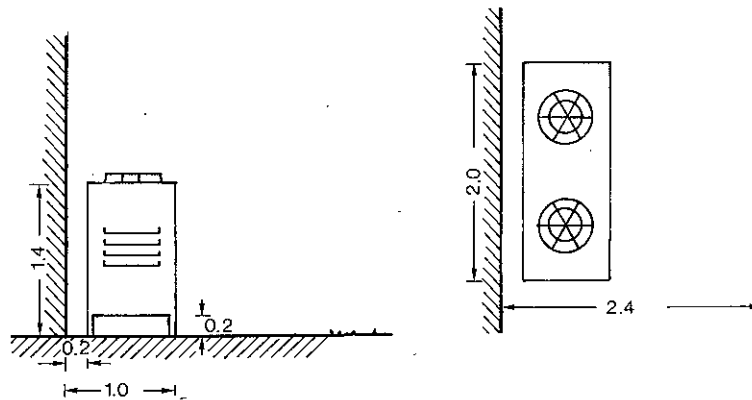
$$L_W = \bar{L}_p + 10 \log S - E \quad [\text{dB re 1 pW}] \quad (6.3.4)$$

I retninger foran eventuelle reflekterende flader er retningskorrektionen $\Delta L_\phi = 3$ dB, når måleboksen slutter til én lodret reflekterende flade, og $\Delta L_\phi = 6$ dB, når måleboksen slutter til to lodrette reflekterende flader.

6.3.8 Eksempel, køleaggregat

Kildestyrken af et køleaggregat opstillet tæt uden for en fabriksbygning skal bestemmes. Støjen fra anlægget er dels kompressorstøj, som udstråles fra hele aggregatets overflade, og dels ventilatorstøj fra de to ventilatorer i toppen af aggregatet. Aggregatet står på en 2,4 m bred asfalteret vej, som grænser op til et bevokset areal. I Figur 6.3.3 er vist opstalt og plan af aggregatet og dets omgivelser.

Figur 6.3.3
Opstalt og plan af
køleaggregat og opstillet
uden for fabriksbygning.
Alle mål i meter.

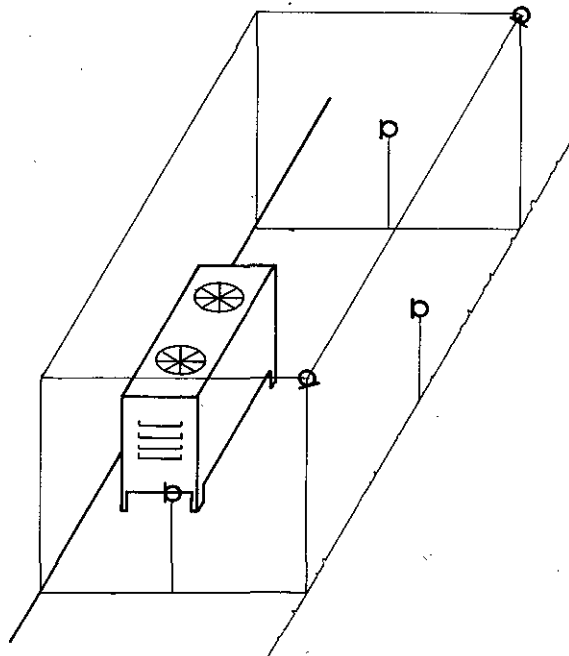


Da det ikke er muligt at måle imellem aggregatet og væggen, vælges en referenceboks, som slutter til to reflekterende flader, nemlig væggen og den asfalterede vej. Referenceboksens dimensioner bliver så: $l_1 \times l_2 \times l_3 = 2,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} \times 1,4 \text{ m}$, og den karakteristiske dimension $d_0 = 2,0 \text{ m}$.

Måleafstanden a kan vælges frit; den skal være større end 15 cm og i øvrigt så stor som muligt. Et godt valg i dette tilfælde er $a = 1,4 \text{ m}$. Det er den største afstand, der kan vælges, uden at målepunkterne bliver beliggende over akustisk porøst terræn, hvilket medfører, at nøjagtigheden bliver begrænset, selv om der korrigeres (jf. afsnit 6.1.3).

Lydtrykniveauet skal måles i 5 punkter, ét på hvert frit hjørne af måleboksen og ét midt på hver frie side, jf. Figur 6.3.4.

Figur 6.3.4
Skitse af køleaggregat
med angivelse af
måleboks og måle-
punkter.

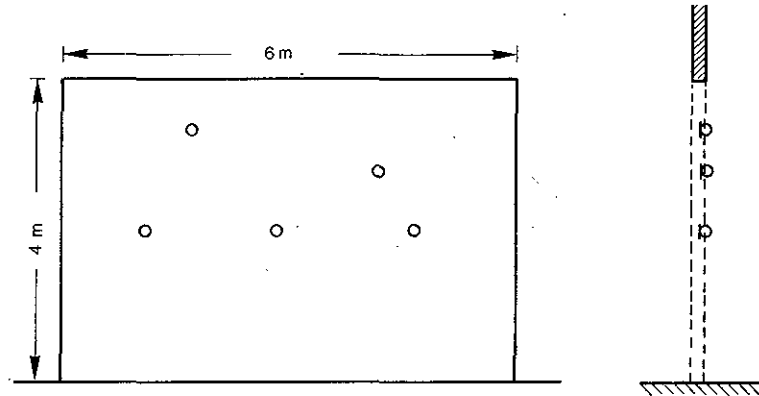


6.3.9 Eksempel, portåbning

Kildestyrken af en åben port i en virksomhed skal måles. Portens dimensioner er $h \times b = 4 \times 6$ m, og såvel gulvet inde i hallen som forpladsen er akustisk hårde, jf. Figur 6.3.5.

Referenceboksen er en flade med samme mål som portåbningen. I sådanne tilfælde, hvor kildestyrken af en åbning skal bestemmes, er det fordelagtigt at anvende måleafstanden $a = 0$, selv om dette i princippet ikke er tilladt i metoden. Måleboksen er da sammenfaldende med den flade referenceboks.

Figur 6.3.5
Opstalt og lodret snit i portåbning med angivelse af målepunkter.



Lydtrykniveauet måles i et antal punkter fordelt tilfældigt over den øverste halvdel af åbningen. Som retningslinie for valg af antal målepunkter kan anføres $N \geq \sqrt{l_1 \cdot l_2}$, hvor l_1 og l_2 er åbningens dimensioner i meter. I dette tilfælde anvendes 5 målepunkter som vist i Figur 6.3.5.

Da måleboksen og referenceboksen har samme overfladeareal, er korrektionsstørrelsen $E = 3$ dB, jf. Tabel 6.3.1.

6.4 Metode til procesanlæg

I dette afsnit beskrives en metode beregnet til brug ved måling af kildestyrken af store industrianlæg med mange delstøjklender, hvis væsentligste udstrækning er i den vandrette plan, og hvor lydudsendelsen forventes at være ligelig i alle retninger. Typiske eksempler på sådanne anlæg er åbne procesanlæg.

Metoden indebærer, at lydtrykniveauet måles i et stort antal punkter på en lukket linie rundt om anlægget. Procesanlægmetoden kan beskrives som en version af kassemetoden (afsnit 6.3), som er særligt tilpasset store støjklender. Metoden er under standardisering i ISO [4].

6.4.1 Afgrænsning af støjklenden

Støjklendens udstrækning beskrives ved grundfladen, S_p , og den gennemsnitlige højde, \bar{h} . Grundfladen er det mindste areal,

som netop indeholder alle delstøjklenderne, se Figur 6.4.1. Den gennemsnitlige højde, \bar{h} , findes af udtrykket:

$$\bar{h} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M h_j \quad [\text{m}] \quad (6.4.1)$$

hvor h_j er højden til midtpunktet af delstøjkilde nr. j , og M er antallet af delstøjklender.

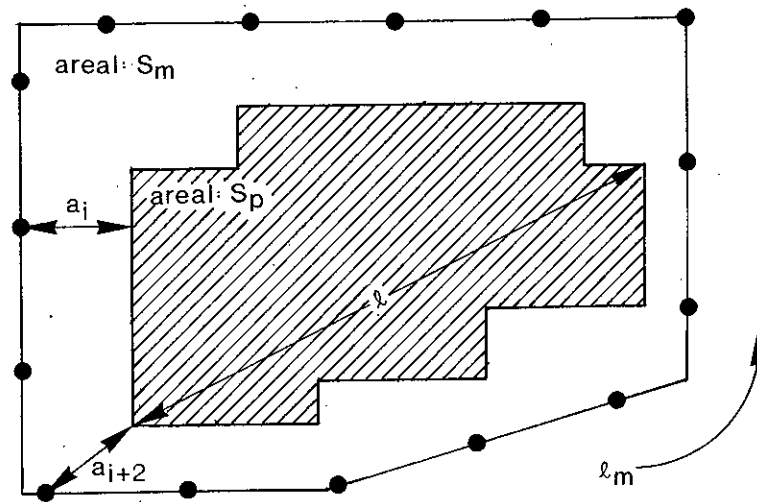
Hvis anlægget indeholder mere end 10 delstøjklender, hvis højde er mindre end 2 m, kan deres gennemsnitlige højde sættes til 1 m og deres antal skønnes inden for $\pm 10\%$.

For at metoden skal kunne anvendes, kræves det, at anlæggets største lineære dimension, ℓ , skal være:

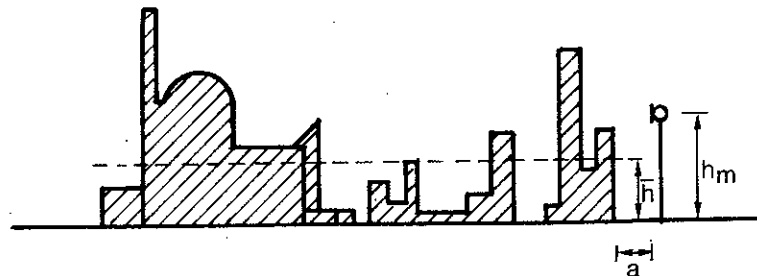
$$16 \text{ m} \leq \ell < \text{ca. } 320 \text{ m} \quad (6.4.2)$$

Hvis anlægget er større end angivet, må det deles op i delkilderområder. Er anlægget mindre, vil det i almindelighed være muligt at bruge andre metoder, f.eks. kassetmetoden (afsnit 6.3).

Figur 6.4.1
Illustration af begræbnerne grundflade, S_p , og målelimens fladeindhold, S_m .



Figur 6.4.2
Illustration af gennemsnitlig højde, \bar{h} , og målehøjde, h_m .



6.4.2 Målebetingelser

Følgende målebetingelser skal være opfyldt i videst muligt omfang under målingerne:

- Uden for anlæggets grundflade må der ikke findes reflekterende genstande (f.eks. større bygninger), som kan have væsentlig indflydelse på lydtrykniveauet i målepunkterne.
- Støjen fra anlægget skal være rimeligt stationær.
- Baggrundsstøjen skal være mindst 6 dB lavere end totalstøjen i alle målepunkter og i alle 1/1-oktavniveauer. Vindhastigheden og -retningen må ikke ændre sig signifikant under målingerne. Det er fordelagtigt at udføre målinger om natten i stille vejr.

6.4.3 Målelinie og målepunkter

Rundt om anlægget fastlægges den enklost mulige målelinie, og på målelinien bestemmes et antal målepunkter med samme indbyrdes afstand, jf. Figur 6.4.1. Målelinien behøver ikke at være rektangulær, men følgende krav skal overholdes:

- Den gennemsnitlige vandrette afstand \bar{a} fra målepunkterne til anlæggets grænse skal være

$$0,05 \sqrt{S_p} < \bar{a} < 0,5 \sqrt{S_p} \quad \text{og} \quad (6.4.3)$$

$$5 \text{ m} < \bar{a} < 35 \text{ m}$$

- Målelinien må ikke have indadgående hjørner. Fra ethvert målepunkt skal anlægget ses under en vinkel, som er mindre end 180° .
- Den indbyrdes afstand mellem målepunkterne skal være mindre end $1,8 \bar{a}$.

Målelinien vælges, så afstanden til anlæggets grænse bliver så stor, som baggrundsstøjforholdene tillader. Målelinien skal desuden vælges, så lydtrykniveauet i målepunkterne er omtrent af samme størrelse, se afsnit 6.4.5. Op til 10% af målepunkterne kan udelades, hvis lokale forhold umuliggør måling; er der behov for yderligere udeladelser, må det vælges en anden målelinie.

Måleliniens samlede længde, l_m , og fladeindhold, S_m , bestemmes med en nøjagtighed på $\pm 5\%$.

Målepunkternes højde over terrænet, h_m , findes af:

$$h_m = \bar{h} + 0,025 \sqrt{S_m} \quad [\text{m}] \quad (6.4.4)$$

h_m skal dog være mindst 5 m. Hvis praktiske forhold umuliggør måling i den herved fundne højde, skal målingerne udføres i den størst mulige højde, dog mindst 5 m.

6.4.4 Måling af lydtrykkniveau

I hvert af de valgte målepunkter måles det energiækvivalente lydtrykkniveau i hvert 1/1-oktavbånd mellem 63 Hz og 8 kHz. For støjkilder, som udsender stationær støj, er det i reglen tilstrækkeligt at integrere over 1 minut. For intermitterende støjkilder skal der integreres over et helt antal perioder.

Desuden skal baggrundsstøjniveauet måles i hvert målepunkt i den udstrækning, det er praktisk gennemførligt.

Under målingerne skal mikrofonens symmetriakse være vandret og vinkelret på målelinien. Hvis der anvendes en retningfølsom mikrofon for at undertrykke baggrundsstøjens indflydelse, skal den vinkel, Θ_m , hvor følsomheden i forhold til symmetriaksen er aftaget med 3 dB, være større end $\pm 30^\circ$.

6.4.5 Beregning af kildestyrke

Måleresultaterne for hvert målepunkt korrigeres for baggrundsstøj (jf. afsnit 6.1.4), og energimiddelværdien beregnes:

$$\bar{L}_p = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_{pi}/10} \quad (6.4.5)$$

hvor N er antallet af målepunkter, og L_{pi} er det korrigerede lydtrykkniveau pr. 1/1-oktav i målepunkt nr. i.

Hvis et eller flere korrigerede lydtrykkniveauer overskrider middelværdien \bar{L}_p med mere end 10 dB, skal målingerne kasseres og en ny række målinger gennemføres på en ny målelinie med større afstand til anlæggets grænse. Er dette ikke praktisk gennemførligt, erstattes i stedet alle korrigerede lydtrykkniveauer, som er højere end $L_p + 5$ dB med $L^*_{pi} = L_p + 5$ dB. Herefter beregnes en ny, korrigeret energimiddelværdi:

$$\bar{L}^*_p = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L^*_{pi}/10} \quad (6.4.6)$$

hvor N er antallet af målepunkter og L^*_{pi} er lig med L_{pi} , hvor denne værdi ikke overskrider $\bar{L}_p + 5$ dB, og ellers $\bar{L}_p + 5$ dB.

Den totale kildestyrke findes af:

$$L_W = \bar{L}_p + 10 \log (2S_m + h_m \ell_m) + \log a / (4 \cdot \sqrt{S_p}) \\ + 0,5\alpha_a \sqrt{S_m} + \Delta L_m \text{ [dB re 1 pW]} \quad (6.4.7)$$

Hvis middelværdien \bar{L}^*_p er beregnet, skal denne anvendes i stedet for \bar{L}_p .

ΔL_m er et mikrofonkorrektionsled, som beregnes af:

$$\Delta L_m = 3 \left(1 - \frac{\Theta}{90^\circ}\right) \text{ dB} \quad (6.4.8)$$

hvor Θ er den vinkel, hvor mikrofonens følsomhed i forhold til følsomheden på symmetriaksen er aftaget med 3 dB.

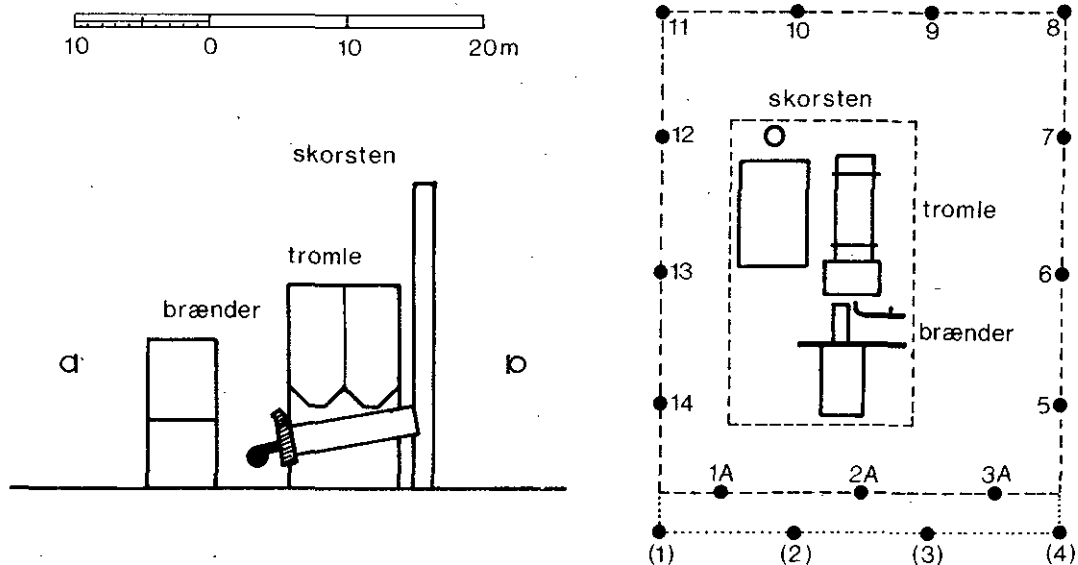
For ikke-retningsfølsomme mikrofoner er $\Delta L_m = 0$.

α_a er dæmningskoefficienten for lydabsorption i luft, som er angivet i Tabel 5.3.2.

6.4.6 Eksempel, asfaltblandeværk

Støjen fra et asfaltblandeværk skulle bestemmes i et antal punkter i forskellige retninger omkring værket.

Figur 6.4.3 Opstalt og plan af asfaltblandeværk



Ved et besøg på værket blev de dominerende støjkilder lokaliseret til: skorstenen, den skrå, roterende tørretromle og en åben oliebrænder for enden af tørretromlen. Mindre støjbidrag kom fra to sugetræksblæsere ved foden af skorstenen, et sigtetårn og en fødeluftblæser.

Det blev besluttet bl.a. at anvende procesanlægsmetoden til at bestemme kildestyrken af asfaltblandeværket, selv om antallet af kilder ikke er meget stort, og den væsentligste udstrækning ikke er i vandret plan.

Grundfladen af værket blev på en tegning opmålt til 12,3 m \times 22,5 m, hvilket giver $S_p = 276,8 \text{ m}^2$.

Den gennemsnitlige afstand til målelinien, \bar{a} , skal derfor være imellem 0,8 m og 8,3 m. I første omgang blev målelinien med punkterne 1-14 på Figur 6.4.3 valgt. Målelinien ligger »skævt« i forhold til værkets grundflade, men nogenlunde ligeligt omkring brænderen og tromlen, som var de mest betydende støjkilder. Derfor kunne det forventes, at lydtrykniveauet skulle være omtrent lige stort på hele målelinien. For målelinien blev det beregnet, at $\bar{a} = 8,3$ m, den totale længde $l_m = 136$ m og målehighden $h_m = 8,7$ m.

Der blev gennemført målinger i de 14 ligeligt fordelte punkter. Afvigelseerne i lydtrykniveau pr. 1/1-oktav i forhold til midelværdien var inden for +5 dB og -8 dB. Dette er inden for det tilladte variationsområde, jf. afsnit 6.4.5, men på det pågældende tidspunkt havde målemetoden en anden udformning, hvori der blev krævet mindre afvigelser. Derfor blev målingerne fra punkterne 1-4, hvor de store negative afvigelser forekom, forkastet og erstattet af nye målinger i punkterne 1A-3A, hvor lydtrykniveauet kunne forventes at være højere. Den beregnede kildestyrke ændredes ikke væsentligt ved ændringen af målelinien.

For sammenligningens skyld blev kildestyrken for asfaltblandeværket desuden bestemt efter kuglemetoden, hvor lydtrykniveauet blev målt i 8 punkter i 50 m afstand. Der blev ikke fundet signifikant forskel mellem kildestyrken bestemt på denne måde og efter procesanlægmetoden.

Eksemplet er hentet fra [5], hvor flere detaljer kan findes.

6.5 Ekstrapolationsmetoden

Ekstrapolationsmetoden til måling af kildestyrken for store industrielle støjkilder er oprindeligt beskrevet i [6]. Metoden forudsætter – i lighed med metoden til procesanlæg (afsnit 6.4) – at hele virksomheden eller anlægget betragtes som én ækvivalent punktkilde. Metoden giver imidlertid mulighed for en mere nøjagtig beskrivelse af støjkilder med forskellig kildestyrke i forskellige retninger end procesanlægsmetoden, og den indebærer målinger i betydeligt færre punkter. De til metoden knyttede målebetingelser er mere restriktive, især fordi målepunkterne er langt fra støjkilden.

Metoden er særligt velegnet til brug i tilfælde, hvor det er nødvendigt at beregne støjen i enkelte punkter eller i enkelte retninger ud fra virksomheden.

6.5.1 Afgrænsning af støjkilden

I lighed med kuglemetoden (afsnit 6.2) og kassemetoden (afsnit 6.3) afgrænses anlægget eller virksomheden af en referenceboks.

6.5.2 Målebetingelser

Følgende målebetingelser skal være opfyldt under målingerne:

- Uden for referenceboksen må der ikke findes skærmende eller reflekterende genstande, som kan have væsentlig indflydelse på lydtrykniveauet i målepunkterne. Terrænet mellem virksomheden og målepunkterne skal være rimeligt plant.
- Baggrundsstøjen skal være mindst 3 dB lavere end totalstøjen i alle målepunkter og i alle 1/1-oktavbånd.
- For vindhastighedens komponent i retningen fra referenceboksens midtpunkt til målepunktet stilles kravene i Tabel 6.5.1 afhængigt af temperaturgradienten.

Tabel 6.5.1

Krav til vindhastigheden ved måling efter ekstrapolationsmetoden.

<i>Temperaturgradient</i>	<i>vindhastighedskomponent, 2 m højde</i>
Negativ	Større end 3 m/s
Neutral	Større end 1 m/s
Positiv	Mellem -1 m/s og +2 m/s

Temperaturgradienten kan skønnes ud fra tidspunktet på døgnet: mellem solopgang og solnedgang (dag) er den normalt negativ og om natten positiv. Når det er overskyet, er temperaturgradienten neutral (lille); især om sommeren kræves det, at skydækket er meget tæt.

6.5.3 Målepunkter

Der vælges et antal målepunkter, som overholder kravene til afstand fra støjilden:

$$R_i \geq d_0 \quad \text{og} \quad (6.5.1)$$

$$a_i \geq d_0/2$$

hvor d_0 er den karakteristiske dimension (afsnit 6.1.2), R_i er afstanden fra målepunkt nr. i til midtpunktet af referenceboksen, og a_i er den korteste afstand fra målepunkt nr. i til kanten af referenceboksen, jf. Figur 6.5.1.

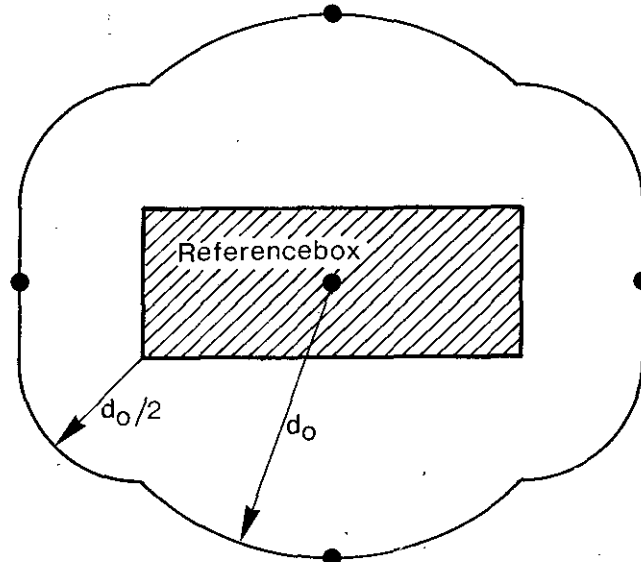
Målepunkterne behøver ikke at have samme afstand til midten af referenceboksen; placeringen kan indrettes efter lokale forhold.

Hvis støjen skal beregnes i nogle få retninger ud fra virksomheden, vælges ét målepunkt i hver relevant retning. Skal den totale kildestyrke for virksomheden bestemmes, vælges der 4 målepunkter i retninger med 90° indbyrdes vinkel. Det kan være nødvendigt at vælge 4 supplerende målepunkter fordelt

herimellem, jf. afsnit 6.5. Er kun lydudstrålingen i et begrænset vinkelområde af interesse, vælges et antal målepunkter inden for dette område.

Målepunkterne skal have samme højde over terrænet; højden skal være mellem 5 og 10 m.

Figur 6.5.1
Illustration af referenceboks samt 4 jævnt fordelte målepunkter.



6.5.4 Måling af lydtrykniveau

I hvert af de valgte målepunkter måles det energiækvivalente lydtrykniveau i hvert 1/1-oktavbånd mellem 63 Hz og 8 kHz samt totalt A-vægtet. Der skal i reglen integreres over 4-10 min. Det er i reglen nødvendigt at foretage en båndoptagelse af støjen og gennemføre frekvensanalysen senere.

Desuden skal baggrundstøjen måles i hvert målepunkt i den udstrækning, det er praktisk muligt.

6.5.5 Supplerende målepunkter

Hvis kildestyrken af virksomheden skal bestemmes for et vinkelområde, og forskellen mellem de normaliserede A-vægtede lydtrykniveauer, $L_{pAi}(1\text{ m})$, fra to målepunkter inden for vinkelområdet afviger mere end 6 dB fra hinanden, skal der udføres målinger i supplerende målepunkter.

Det normaliserede A-vægtede lydtrykniveau, $L_{pAi}(1\text{ m})$, for målepunkt nr. i beregnes efter udtrykket:

$$L_{pAi}(1\text{ m}) = L_{pAi} + 20 \log R_i \quad (6.5.2)$$

hvor

L_{pAi} er det A-vægtede lydtrykniveau i målepunkt nr. i,
 R_i er afstanden fra midtpunktet af referenceboksen til målepunkt nr. i [m].

Supplerende målepunkter vælges på vinkelhalveringslinierne mellem retningerne til de oprindelige målepunkter, jf. Figur 6.5.1. Afstandskravene i afsnit 6.5.3 skal overholdes.

6.5.6 Beregning af kildestyrke

Kildestyrken i retningen Φ_i gennem målepunkt nr. i bestemmes af:

$$L_W(\Phi_i) = L_{pi} + 10 \log 4\pi R_i^2 - \Delta L_a - \Delta L_g \text{ [dB re 1 pW]} \quad (6.5.3)$$

hvor L_{pi} er lydtrykniveauet i målepunkt nr. i , eventuelt korrigeret for baggrundsstøj, R_i er afstanden mellem midten af referenceboksen og målepunkt nr. i , ΔL_a er korrektionen for luftabsorption (afsnit 5.3.3), og ΔL_g er korrektionen for terrænvirkning (afsnit 5.3.7).

Er $L_W(\Phi_i)$ bestemt i $N = 4$ (eller 8) jævnt fordelte retninger omkring virksomheden, kan den samlede kildestyrke, L_W , bestemmes:

$$L_W = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10L_W(\Phi_i)/10 \quad (6.5.4)$$

I dette tilfælde kan retningskorrektionen ΔL_Φ for hver retning Φ_i bestemmes som:

$$\Delta L_\Phi = L_W(\Phi_i) - L_W \quad (6.5.5)$$

Hvis $L_W(\Phi_i)$ er bestemt i et antal uregelmæssigt fordelte retninger fra virksomheden, kan $L_W(\Sigma\Delta\Phi)$ for det undersøgte vinkelområde $\Sigma\Delta\Phi$ bestemmes af:

$$L_W(\Sigma\Delta\Phi) = 10 \log \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[10L_W(\Phi_i)/10 \cdot \frac{\Phi_i}{\Sigma\Delta\Phi} \right] \right\} \quad (6.5.6)$$

hvor $\Delta\Phi_i$ er det vinkelområde, som her repræsenteres af målepunkt nr. i .

6.5.7 Eksempel, petrokemisk anlæg

Støjen fra et petrokemisk anlæg skulle bestemmes i to punkter henholdsvis 600 m nord og 1080 m sydøst for anlægget, jf. Figur 6.5.2. Ved besøg på stedet kunne det bestemmes, at den helt dominerende støjkilde var selve procesanlægget (vist skravet i Figur 6.5.2), som omfattede et fladeareal på 145 m × 350 m. Andre mindre anlægsdele støjede ubetydeligt i forhold hertil.

Den overvejende del af installationerne var anbragt mindre

end 10 m over terrænet; enkelte destillationskolonner var 35 m og tre skorstenene 90 m høje.

Referenceboksen, som omfatter hele procesanlægget incl. skorstenene, har udstrækningen $l_1 \times l_2 \times l_3 = 145 \text{ m} \times 350 \text{ m} \times 90 \text{ m}$ og den karakteristiske dimension $d_0 = 209 \text{ m}$.

En aften udførtes støjmålinger i punkterne A og E, som ligger imellem det subjektivt bedømte »støjmæssige tyngdepunkt«, S_0 , af procesanlægget og de to beregningspunkter 1 og 2. Punkterne ligger henholdsvis 250 m og 540 m fra S_0 og overholder afstandskravene i afsnit 6.5.3. De blev valgt dels ud fra dette kriterium, dels ud fra hensyn til lokale kilder til baggrundsstøj og til tilgængelighed. Således kunne punktet E have været valgt noget tættere ved procesanlægget. Fra begge punkter var der frit sigt til hele procesanlægget, på nær en mulig skærmning fra lave (2-4 m) tankvolde. For at undgå en eventuel indflydelse herfra blev støjmålingerne udført i 10 m højde.

Vejret var klart og stille under målingerne, hvilket om natten sædvanligvis indebærer, at temperaturgradienten er positiv. De meteorologiske krav (afsnit 6.5.2) skønnedes at være overholdt. Det var ikke muligt at måle baggrundsstøjen i de to målepunkter.

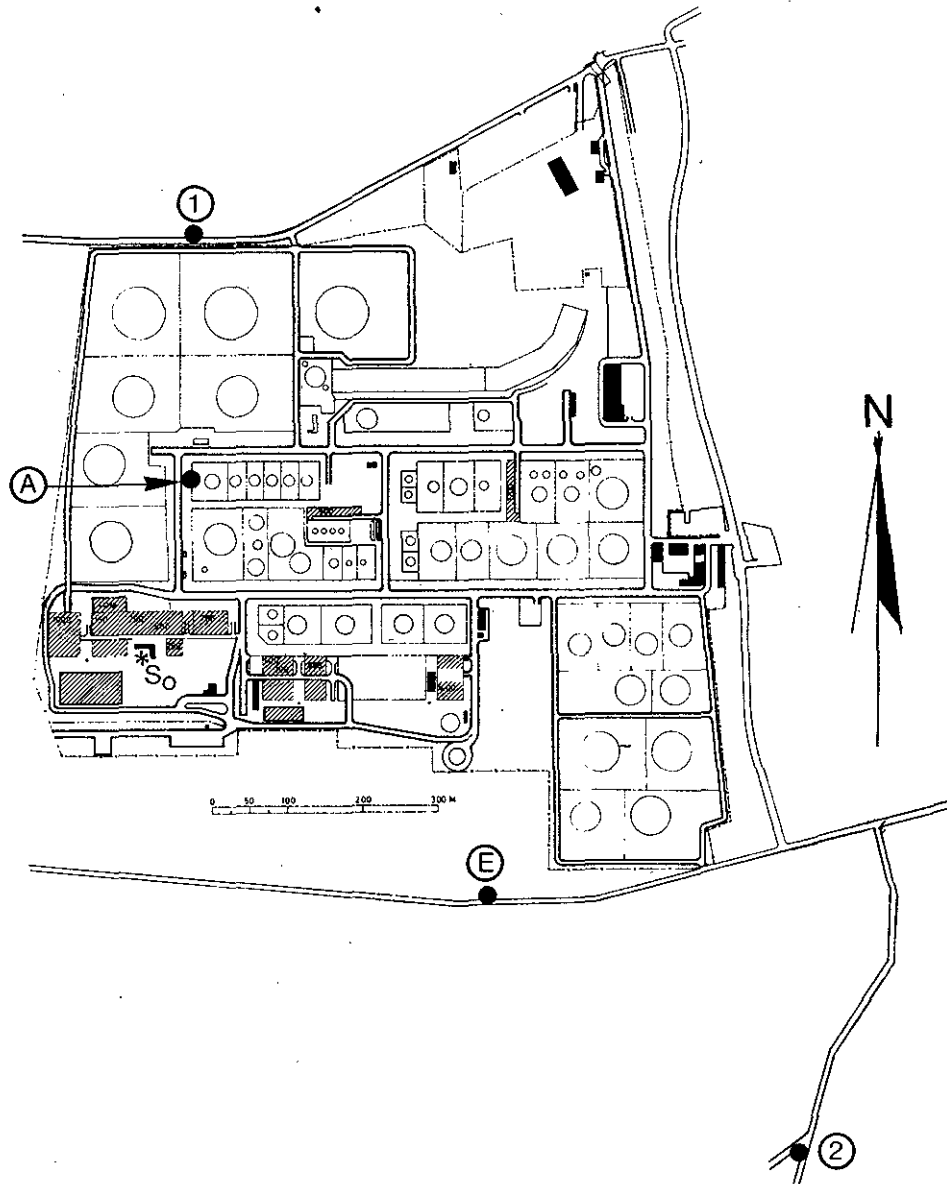
I hvert af de to målepunkter blev støjen optaget på bånd i 5-10 minutter. I laboratoriet blev båndene analyseret med en parallelanalysator, hvor perioder, som var forstyrret af baggrundsstøj (f.eks. trafikstøj) blev udeladt.

På grundlag af de herved opnåede værdier af lydtrykniveau pr. 1/1 oktav blev procesanlæggets kildestyrke i de to retninger bestemt ud fra udtrykket (6.5.3) i afsnit 6.5.6. Ved beregningen af ΔL_g blev en skønnet »middelkildehøjde« h_s på 10 m anvendt.

Ved den efterfølgende beregning af støjen i punkterne 1 og 2 blev den samme kildehøjde anvendt. Der blev ikke regnet med, at tankene eller tankvoldene mellem punkt 1 og procesanlægget virkede som skærme. For tankvoldenes vedkommende var årsagen deres ringe højde i forhold til afstanden (jf. udtrykket (5.3.13)), og for tankenes vedkommende, at de ikke udgør en ubrudt række.

Figur 6.5.2

Plan over petrokemisk anlæg med målepunkter og »støjmæssigt tyngdepunkt« angivet.



I punkterne 1 og 2 blev det A-vægtede lydtrykniveau i 1,5 m højde beregnet til $L_{Aeq} = 54,5$ dB re 20 μ Pa henholdsvis $L_{Aeq} = 45,1$ dB re 20 μ Pa. Ved direkte målinger af lydtrykniveauet i punkterne (om natten og under medvindsforhold) fandtes i punkt 1 $L_{Aeq} = 51$ dB re 20 μ Pa og i punkt 2 $L_{Aeq} = 47$ dB re 20 μ Pa.

Eksemplet og måleresultaterne er hentet fra [5], hvor flere detaljer kan findes.

7. Beregning af kildestyrke

7.1. Generelt

I tilfælde, hvor det ikke er muligt direkte at bestemme styrken af industrielle støjkilder, kan kildestyrken undertiden bestemmes ved supplerende beregninger.

Den simpleste korrektion anvendes for støjkilder med intermitterende drift, f.eks. et kompressoranlæg, som kun er i drift en del af tiden. Hvis anlæggets kildestyrke under konstant drift er L_w , beregnes den driftstidskorrigerede kildestyrke ved hjælp af (5.2.3).

Tilsvarende beregninger anvendes for støjkilder, der bevæger sig, jf. afsnit 7.3 »Intern transport«.

Kildestyrken af bygningsfacader kan enten bestemmes ved en direkte måling (sædvanligvis kassetmetoden) eller ved en beregning, som er beskrevet i afsnit 7.2. Beregningen baseres på det lydtrykniveau, som måles inde i bygningen, og de lydisolierende egenskaber af facadekonstruktionen.

7.2 Kildestyrke af bygninger

Lydudstrålingen fra vægge og tag eller fra åbninger i industribygninger kan være af væsentlig betydning for støjbelastningen omkring en virksomhed. Kildestyrken af bygningsdele (vægge, vinduer, tag, porte osv.) og af åbninger kan måles direkte efter én af metoderne i afsnit 6. En række forhold betyder, at det ofte er mere fordelagtigt at beregne bygningsdelenes kildestyrke efter anvisningerne i dette afsnit.

Dette kan f.eks. være tilfældet, når de akustiske forhold (baggrundsstøj, reflekterende flader) omkring bygningen gør en måling umulig eller i hvert fald meget unøjagtig. En anden årsag til at foretrække en beregnet kildestyrke frem for en målt kan være, at den målemetode (kassetmetoden, afsnit 6.3), som hyppigst vil blive anvendt i disse tilfælde, ikke giver oplysninger om retningsvirkningen, men forudsætter, at støjkilden udsender lige meget støj i alle retninger. Ved beregning af kildestyrken kan anvisningerne i afsnit 7.2.4 om retningskorrektion udnyttes.

7.2.1 Beregningsmetode

Kildestyrken for bygningsdel (eller åbning) nr. n i retningen Φ , $L_w(\Phi, n)$, beregnes efter udtrykket:

$$L_w(\Phi, n) = L_{p,i} - R_n + 10 \log S_n - 6 + \Delta L_\Phi \text{ [dB re 1 pW]} \quad (7.2.1)$$

hvor $L_{p,i}$ er middellydtrykniveauet (pr. 1/1 oktav) målt i rummet bagved bygningsdelen (eller åbningen), jf. afsnit 7.2.2 [dB re 20 μ Pa],

R_n er reduktionstallet for bygningsdelen (eller åbningen) (pr. 1/1-oktav), jf. afsnit 7.2.3 [dB],

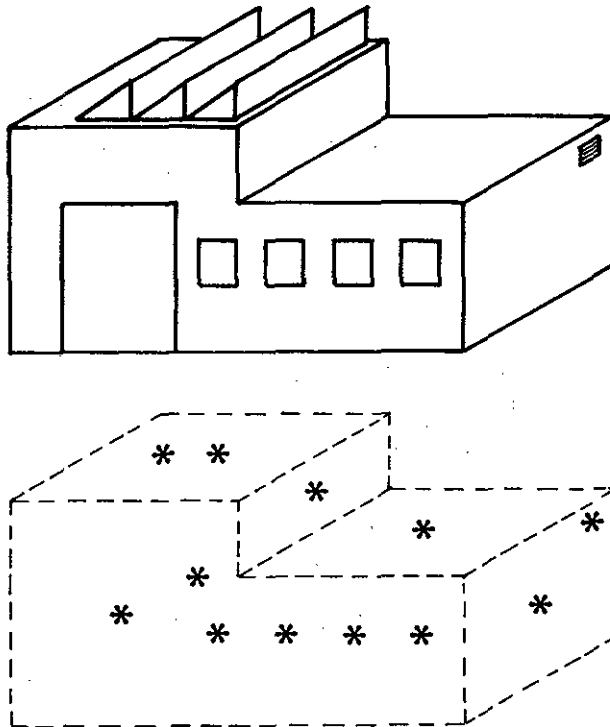
S_n er bygningsdelens (eller åbningens) areal [m^2],

ΔL_ϕ er retningskorrektionen for bygningsdelen (eller åbningen), jf. afsnit 7.2.4 [dB].

Principielt skal bidraget til lydtrykniveauet i beregningspunktet bestemmes for hver enkelt bygningsdel (eller åbning), jf. Figur 7.2.1. I praksis er det ofte fordelagtigt at gruppere de ækvivalente punktkilder, som repræsenterer de enkelte bygningsdele (eller åbninger), jf. afsnit 5.2.3.

Figur 7.2.1

Illustration af ækvivalente punktkilder, som erstatter bygningsdele og åbninger.



7.2.2 Lydtrykniveau i rummet

Middellydtrykniveauet i rummet, $L_{p,i}$, er middelværdien af mindst 3 målinger. Målepunkterne skal vælges i nogen afstand fra støjklenderne i rummet (f.eks. mindst 2 m) og mindst 1 m fra vægge og andre reflekterende flader. Målepunkterne skal des-

uden være i forskellig afstand fra reflekterende flader, herunder gulvet.

I store rum vælges målepunkterne i den del af rummet, som er i nærheden af den pågældende bygningsdel.

Der kan ikke påregnes en tilstrækkelig nøjagtighed på L_W , hvis lydtrykniveauet i rummet beregnes.

7.2.3 Reduktionstal

Det reduktionstal, som skal indsættes i udtrykket (7.2.1), skal karakterisere den aktuelle bygningsdel. I almindelighed er reduktionstallet for bygningsdele, når de måles under feltforhold, forskellige fra de laboratoriemålte reduktionstal, som kan findes i opslagsværker og håndbøger [7, 8].

Årsagerne hertil er dels, at bygningsdelene i praksis monteres anderledes (ofte mindre omhyggeligt) end i laboratoriet, og dels at bygningsdelenes dimensioner er anderledes. Især for lette facadedele og for vinduer kan disse forhold bevirke, at reduktionstallet i praksis er betydeligt lavere end de laboratoriemålte. For massive bygningsdeles vedkommende gælder, at de er meget effektive til at omsætte strukturlyd til støj. En massiv væg vil derfor i praksis, hvor den påvirkes af såvel støj som af strukturlyd (vibrationer fra maskiner m.v.), udsende mere støj end forventet ud fra dens reduktionstal, som sædvanligvis er meget højt⁴.

Det er naturligvis væsentligt at anvende realistiske værdier for reduktionstallet. I Tabel 7.2.1 er anført en række reduktionstal for almindelige bygningsdele. De er fastlagt efter anvisninger i [9] på grundlag af oplysninger om reduktionstal i [7, 8, 10]. Andre reduktionstal bør kun anvendes, hvis det kan vises, at de udtrykker den pågældende bygningsdels lydisolationssevne i praksis.

4. Et mere nøjagtigt mål for kildestyrken af massive bygningsdele påvirket af såvel støj som vibrationer kan opnås ved at måle middelsvingningshastigheden på de pågældende bygningsdele. Er L_v middelsvingningshastighedsniveauet [dB re 10^{-9} m/s] pr. 1/1-oktav over mindst 5 accelerometerpositioner, findes kildestyrken som:

$$L_W = L_v + 10 \log S_n - 34 \text{ [dB re 1 pW]} \quad (7.2.2)$$

Tabel 7.2.1

Reduktionstal for almindelige bygningsdele. Værdierne er fastlagt under hensyn til den forringelse af reduktionstallet, som ofte forekommer i praksis, jf. [9].

*) Se fodnoten på foregående side.

Bygningsdel	Reduktionstal, dB pr. 1/1 oktav							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Centerfrekvens, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Åbning (åben port, ventilationsåbning)	0	0	0	0	0	0	0	0
Vindue med enkeltglas, utæt	6	8	12	16	16	16	16	16
Vindue med enkeltglas, tæt	8	15	18	21	24	25	25	27
Vindue med dobbeltglas, tæt	15	23	18	25	30	35	35	35
Ovenlysvindue, plast	8	8	12	17	22	25	25	25
Dør ell. port, uisoleret, utæt	7	9	12	16	16	16	16	16
Dør ell. port, uisoleret eller isoleret med hårdt skum, tæt	12	18	20	22	22	20	25	30
Dør ell. port, isoleret med porøst materiale, tæt	15	15	25	30	30	30	30	30
Væg/tag med pladebeklædning, enkelt (plan metalplade, eternit)	9	15	20	23	27	30	30	30
Væg/tag med korrugeret plade, enkelt	9	15	15	15	20	25	30	30
Væg/tag med pladebeklædning, isoleret	15	22	25	28	35	42	50	50
Væg af tegl ell. beton (ell. dobbelt letbeton)	30	35	37	42	50	55	60	60
Væg af letbeton, enkelt	25	30	33	30	35	40	48	52
Enkelt væg af tegl*) eller beton, påvirket af maskinvibrationer	20	22	25	30	35	40	45	45

7.2.4 Retningskorrektion

Retningsafhængigheden af lydudstrålingen fra bygningsdele og åbninger er afhængig af bl.a. lydets frekvens, af bygningsdelens eller åbningens dimensioner og af bygningsdelens akustiske egenskaber. Sammenhængen mellem disse parametre og retningskorrektionen er omtalt i [9, 11]. Det er imidlertid ikke muligt på dette grundlag at give enkle og entydige retningslinier for en beregning af retningskorrektionen.

Derfor er det i denne sammenhæng valgt at tilnærme de virkelige forhold med en retningskorrektion, som er uafhængig af de omtalte parametre. Disse anvisninger baserer sig på sammenfatningerne i [9, 12].

Retningskorrektionen ΔL_{Φ} beregnes tilnærmet efter følgende udtryk:

Bygningsdele

For bygningsdele (7.2.3):

$$0^{\circ} \leq \Phi < 85^{\circ}: \Delta L_{\Phi} = -3 + \left(3 \times \frac{\Phi}{42,5^{\circ}}\right) \quad [\text{dB}]$$

$$85^{\circ} \leq \Phi \leq 135^{\circ}: \Delta L_{\Phi} = 3 - 10 \log [0,4(\Phi - 90^{\circ}) + 3] \quad [\text{dB}]$$

$$135^{\circ} < \Phi \leq 180^{\circ}: \Delta L_{\Phi} = -10 \text{ dB}$$

Åbninger

For åbninger (7.2.4):

$$0^{\circ} \leq \Phi < 45^{\circ}: \Delta L_{\Phi} = 4 \text{ dB}$$

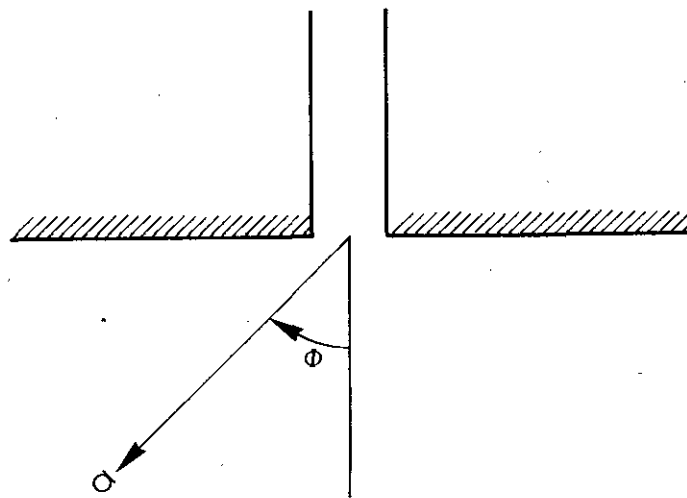
$$45^{\circ} \leq \Phi < 85^{\circ}: \Delta L_{\Phi} = 6 \log \left(\frac{90^{\circ} - \Phi}{10}\right) \quad [\text{dB}]$$

$$85^{\circ} \leq \Phi \leq 135^{\circ}: \Delta L_{\Phi} = -2 - 6 \log [0,4(\Phi - 90^{\circ}) + 3] \quad [\text{dB}]$$

$$135^{\circ} < \Phi \leq 180^{\circ}: \Delta L_{\Phi} = -10 \text{ dB}$$

Φ er vinklen (i grader) mellem retningen til beregningspunktet I og bygningsdelens normal, jf. Figur 7.2.2

Figur 7.2.2
Illustration af vinklen Φ , her vist for en åbning.

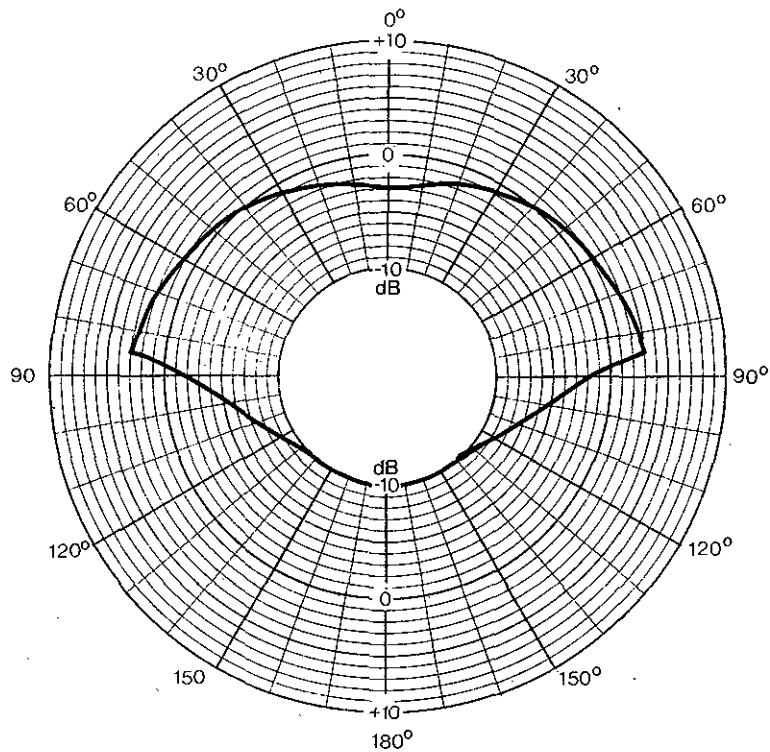


I nogle situationer giver udtrykkene (7.2.3) og (7.2.4) for høje værdier af ΔL_{Φ} bagved bygningen ($\Phi > 135^\circ$). Det kan eksempelvis være tilfældet for enkelte bygningsdele med særlig høj kildestyrke (for eksempel vinduer), og støjkilder monteret på en facade. Hvis det er væsentligt at beregne ΔL_{Φ} præcist for sådanne støjkilder (for eksempel hvis der ikke forekommer andre, uskærmede støjkilder set fra det pågældende beregningspunkt), kan et mere nøjagtigt mål for ΔL_{Φ} fås ved at benytte beregningsmetoden for skærmning i afsnit 5.3.5 og beregne $\Delta L_{\Phi} = \Delta L_s$ pr. 1/1-oktavbånd.

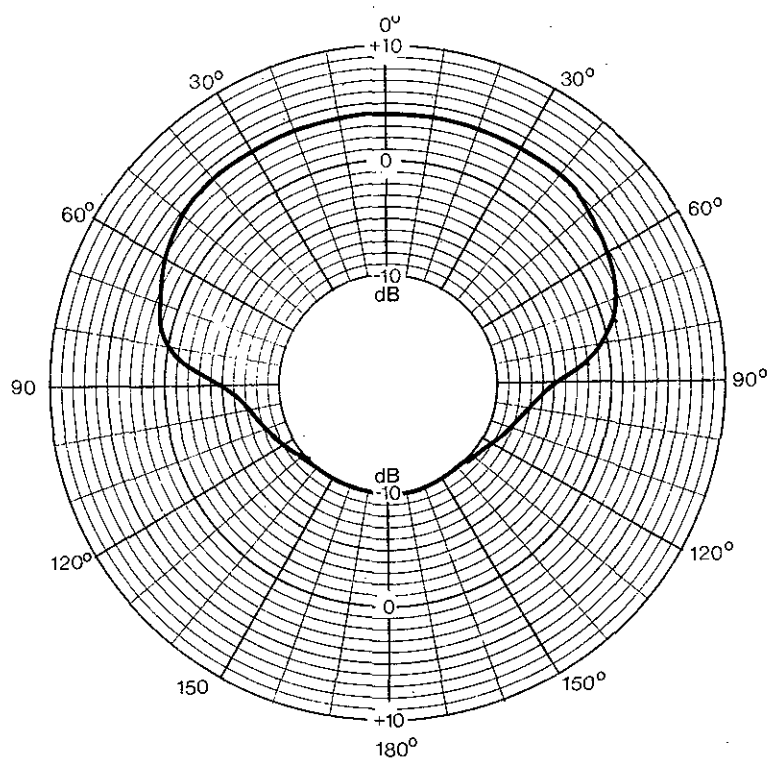
Facaden betragtes da som en skærm. Det er en forudsætning for denne fremgangsmåde, at afstanden fra støjkilden til facadens kanter er større end lydens bølgelængde. Det skal desuden sikres, at der ikke forekommer transmissionsveje rundt om bygningen via refleksion.

ΔL_{Φ} for bygningsdele og åbninger er vist grafisk i Figur 7.2.3 og 7.2.4.

Figur 7.2.3
Retningskorrektions for bygningsdele.



Figur 7.2.4
Retningskorrektion for
åbninger.



7.3 Bevægelige støjkloder

Støjen fra transport med lastbiler, trucks, hjullastere etc. inden for virksomhedens grundgrænser er somme tider afgørende for den samlede støjbelastning. Tilsvarende kommer meget af støjen fra rangerbanegårde og stationsområder fra støjkloder, der bevæger sig. Næsten hele støjbelastningen omkring motorsportsbaner stammer fra støjkloder i bevægelse.

Ved beregning af støjbelastningen fra kloder i bevægelse bruges en særlig fremgangsmåde, der beskrives i det følgende. Anvisningerne, der især bygger på [13], er ikke så gennemprøvede i praksis som metoderne i afsnit 6 til bestemmelse af kildestyrken. Der foreligger for eksempel ikke en egentlig standardiseret metode til måling af kildestyrken. Derfor er der i det følgende givet en samlet beskrivelse af, hvordan man kan måle støjen nær ved kilden og derpå beregne en kildestyrke til brug ved beregningen af støjbelastningen.

Specielt hvad angår støj fra rangering og fra motorsport henvises til [13] og [14]. I det følgende er i eksempelform givet nogle anvisninger, som er særligt betydningsfulde ved vurdering af støjen fra transport af materialer og produkter på virksomheder.

Ved beregningen af støjbelastningen fra en kilde i bevægelse

erstattes den virkelige kilde af en eller flere stillestående punktkilder. Derefter beregnes som beskrevet i afsnit 5. Hver af de stillestående punktkilder repræsenterer en del af den strækning eller det område, den virkelige kilde bevæger sig i.

Styrken af disse stillestående punktkilder karakteriseres ved den varighedskorrigerede kildestyrke, L'_{w_i} af den bevægelige støjkilde.

Eksempel

I Figur 7.3.1 er vist et eksempel. På en virksomhed kører lastbiler ad den viste rute (stiplet linie). Støjbelastningen i punkt I skal beregnes fra den del af kørslen, der sker fra skellet mod den offentlige vej, til lastbilernes støj bliver skærmet af lagerhallen. I figurens nederste del er vist 5 delstrækninger. Bidragene til støjbelastningen i punkt I fra hver af punktkilderne $S_1 \dots S_5$ beregnes og lægges sammen. Fra kilderne $S_2 \dots S_4$ er der bidrag fra refleksion fra lagerhallens facade.

Opdelingen af køreveje i delstrækninger foretages efter disse retningslinier:

- Lydudbredelsesforholdene (for eksempel skærmning, refleksion) skal være ensartede for hele delstrækningen.
- Længden af delstrækningen skal være mindre end 1,5 gange afstanden fra beregningspunktet til delstrækningens midtpunkt (punktkildens placering).
- Afstanden fra beregningspunktet til delstrækningens fjerneste punkt skal være *mindre* end dobbelt så stor som afstanden til dens nærmeste punkt.

Retningslinierne kan også bruges, hvor man for eksempel for at reducere beregningernes omfang ønsker at behandle flere nærliggende delstrækninger som én punktkilde.

Kildestyrken

Hvis de lastbiler, der kører langs lagerhallen, har kildestyrken L_w , bestemmes styrken af kilderne $S_1 \dots S_5$ i figur 7.3.1 svarende til delstrækningerne 1-5 som:

$$L'_{w_i} = L_w + 10 \log \frac{t_i}{T} = L_w + 10 \log \frac{\ell_i}{v \cdot T} \quad (7.3.1)$$

L'_{w_i} = kildestyrke af delstrækning nr. i = varighedskorrigeret styrke af kilden [dB re 1 pW]

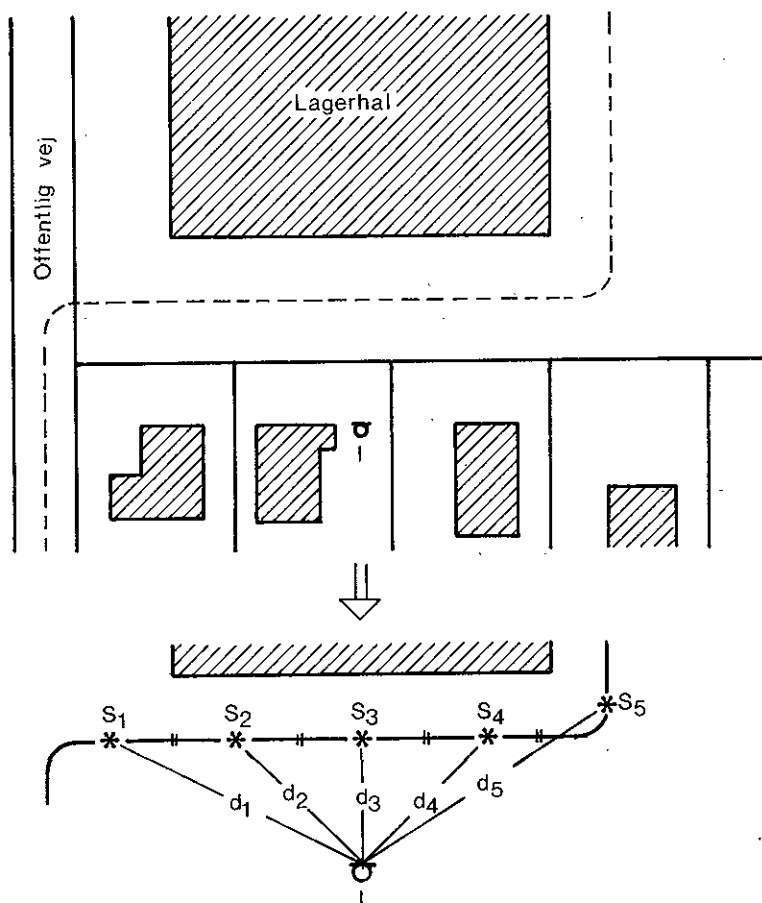
t_i = den tid, kilden er om at gennemkøre delstrækning nr. i [sek.]

T = referencetidsrummets længde [sek.]

ℓ_i = længden af delstrækningen nr. i [m]

v = kildens (konstante) fart [m/s]

Figur 7.3.1
 Eksempel på opdeling i
 delstrækninger, hver
 repræsenteret ved en
 punktkilde $S_1 \dots S_5$.



Referencetidsrummet er i reglen 8 timer, 1 time (aften) eller $\frac{1}{2}$ time (nat), men det kan vælges vilkårligt.

Hvis kildens fart varierer på en delstrækning, bruges gennemsnitsfarten.

Kildestyrken L_W for en kørende kilde kan bestemmes som vist i Figur 7.3.2. Støjen måles ved forbikørsel i (kort) afstand a [m] fra mikrofonen med farten v [m/s]. Afstanden a til kørevejens midterlinje skal være omkring 5-10 m og mikrofonens højde 1,5-4 m. Der måles $L_{eq,t}$ for tidsrummet t [sek.] omkring forbikørslen pr. 1/1-oktav i området 63 Hz til 8 kHz. L_W [dB re 1 pW] bestemmes af (7.3.2):

$$L_W = L_{eq,t} + 10 \log t + 10 \log 4va - \Delta L_g \quad (7.3.2)$$

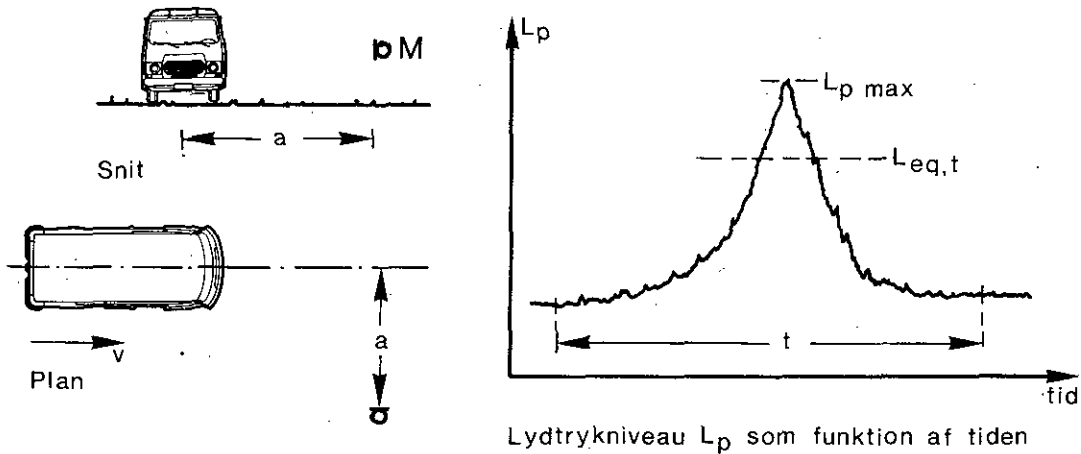
I nogle tilfælde, for eksempel når man kun er interesseret i at bestemme den totale A-vægtede kildestyrke L_{WA} til brug ved overslagsberegninger, kan man i stedet måle det maksimale lydtrykniveau, L_{pmax} , under forbikørslen og beregne kildestyrken efter udtrykket (7.3.3):

$$L_W = L_{pmax} + 10 \log 4 \pi a^2 - \Delta L_g \quad (7.3.3)$$

Resultaterne opnået ved brug af denne metode er i det væsentligste i overensstemmelse med de resultater, der beregnes med udtrykket (7.3.2), men det må forventes, at ubestemtheden er større, især på kildestyrken pr. 1/1-oktav.

ΔL_g er terrænvirkningen. Hvis terrænoverfladen mellem støjkilden og mikrofonen er hård, er $\Delta L_g = 3$ dB. Dette bør foretrækkes. Hvis terrænet er delvist porøst, beregnes ΔL_g som angivet i afsnit 5.3.7.

Figur 7.3.2 Måling af styrken af en bevægelig støjkilde.



Målingen bør udføres på begge sider af kilden, og den største værdi af L_W bør bruges ved beregningen. Som regel ved man nemlig ikke helt nøjagtigt, hvordan bevægelige kilder »færdes« på en virksomhed. Derfor bør man ikke tage hensyn til kilderens retningsvirkning, men i stedet regne med det værste tænkelige.

Driftsbetingelserne for kilden (gearvalg, fart, acceleration m.v.) bør være »typiske«. Der er som regel stor forskel på støjudsendelsen fra for eksempel lastbiler. Både bilens type osv. og førerens måde at køre på har betydning. Støjen bør måles ved mindst tre typiske passager af hver af tre forskellige køretøjer. Beregningen af L_{Aeq} baseres på middelværdien af alle L_W -værdierne.

Eksempel

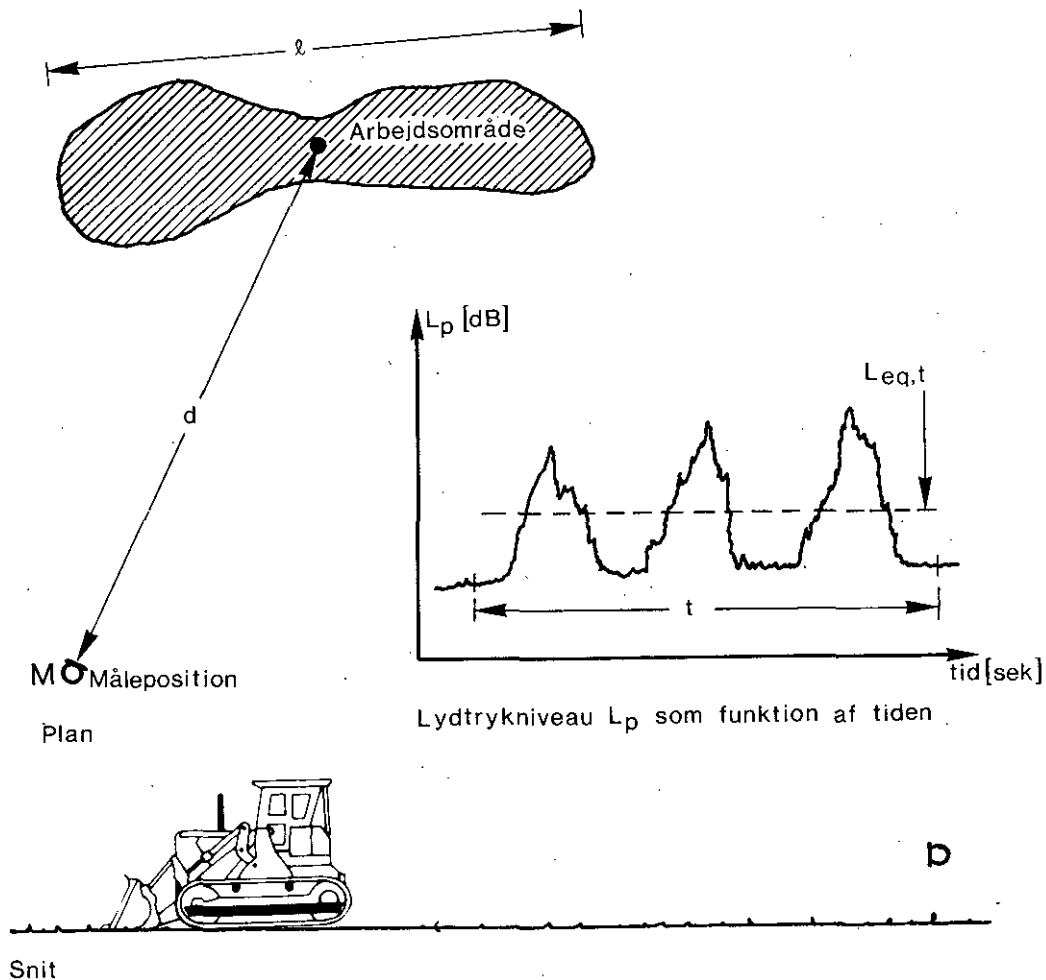
Et andet eksempel er vist i Figur 7.3.3. Støjkilden kører ikke langs en bestemt strækning, men bevæger sig inden for et afgrænset område, hvis største udstrækning er l . Det kan for eksempel være en hjullaster, der læsser grus på lastbiler i en grusgrav eller en dozer, der flytter kul på en kulplads ved et kraftværk.

Styrken af en sådan kilde kan somme tider bestemmes ved

måling af støjen i afstand d fra områdets midte ($d > \ell$). Lydtrykniveauet L_p varierer med tiden, både fordi afstanden mellem kilde og måleposition varierer, og fordi kildens støjudsendelse afhænger af, hvilken deloperation af sin arbejdsproces den udfører.

$L_{eq,t}$ bestemmes for tidsrummet t , som skal være langt nok til at indeholde præcist én eller flere end tre gentagelser af arbejdsprocessen.

Figur 7.3.3 Måling af styrken af støjkilde, der arbejder inden for et område.



Kildestyrken bestemmes af (7.3.4):

$$L_w = L_{eq,t} + 10 \log(4 \pi R^2) - \Delta L_g \quad (7.3.4)$$

R er afstanden mellem arbejdsområdets midte og måleposition. R kan være lidt større end den vandrette afstand d , men i reglen er $R = d$.

ΔL_g er terrænkorrektionen beregnet som angivet i afsnit 5.3.7.

Hvis målingerne udføres i så stor afstand fra støjkilden, at luftabsorptionen skønnes at influere væsentligt på måleresultatet, bør der korrigeres for dette ved beregningen af L_w .

Den beskrevne fremgangsmåde svarer til at bruge ekstrapolationsmetoden fra afsnit 6.5. De krav til vejrforhold m.v., som er specificeret der, bør derfor overholdes ved målingerne.

8. Andre oplysninger

8.1 Generelt

I en række tilfælde er det ikke muligt eller ikke nødvendigt at måle eller beregne kildestyrken.

- Når der fra en producent foreligger *garanterede* støjdata om en komponent, kan disse uden videre anvendes til beregningerne. For de mest almindelige typer af støjkilder er der i Støjatabogen [15] anvisninger på, hvordan støjdata kan omregnes til kildestyrken, benævnt immissionsrelevant lyd-effektniveau [15]. I disse tilfælde er det nødvendigt at måle eller beregne kildestyrken.
- I en planlægnings- eller projekteringssituation er støjkilderne nøjagtige type og art sjældent fastlagt. Det er derfor i disse tilfælde ikke muligt at skaffe præcise oplysninger om kildestyrken. Ofte er det heller ikke nødvendigt, da skitseagtige beregninger af støjbelastningen (overslagsberegninger) med fordel kan gennemføres på grundlag af mere generelle oplysninger som for eksempel leverandørens katalogdata, oplysninger fra Støjatabogen eller fra Støjatabanken.

Kildestyrke

8.2 Støjatabogen

Støjatabogen, som indeholder afsnit om ventilatorer, trykluftkompressorer, kølekompressorer og kølekondensatorer, giver oplysninger om typiske støjdata for markedsførte støjkilder.

Ud over typiske støjdata findes også en simpel metode til overslagsmæssig beregning af kildestyrke i [15] kaldt immissionsrelevant lydeffektniveau.

I 1989 blev Støjatabogen suppleret med et afsnit om støj fra køretøjer m.v., der anvendes til intern kørsel og transport på virksomheder.

Støjatabogens oplysninger er af generel art og må i almindelighed ikke benyttes som aktuelle data i konkrete beregninger. De vil dog kunne finde anvendelse til overslagsberegninger i forbindelse med planlægning m.v. Den primære anvendelse er til kontrol af beregningsforudsætninger.

Ved virksomheder, hvor der forekommer kørsel af mange forskellige lastbiler tilhørende forskellige vognmænd, er det ofte mere hensigtsmæssigt at bruge Støjatabogens kildestyrker ved beregningerne end at gennemføre de omfattende målinger af kildestyrken, der vil være nødvendige for at få mere nøjagtige data end Støjatabogens.

8.3 Støjdatabanken

Ved ELAB, Elektroniklaboratoriet ved Norges Tekniske Højskole, er der oprettet en databank for støjkilder. Ved opdateringen i 1980-81 indeholdt den veldokumenterede måleresultater for ca. 900 støjkilder.

For en stor del af støjkilderne mangler der 1/1-oktavspektrum eller lydeffektniveau, og oplysningerne om disse kilder kan derfor ikke anvendes til beregning af støjbelastning. I tilfælde, hvor lydeffektniveauet for en relevant driftstilstand er angivet pr. 1/1-oktav i området 63 Hz - 4 kHz (eller 8 kHz), kan dette anvendes til beregninger på samme betingelser som leverandørers katalogdata m.v.

Støjdatabanken er fælles nordisk.

Det er planen, at Støjdatabanken i Danmark skal administreres af Lydteknisk Institut, hvor enten enkelte oplysninger eller en komplet kopi af alle bankens data vil kunne rekvireres.

Figur 8.3.1 Eksempel på udskrift fra støjdatabanken. Støjkilden er en stor råoliepumpe. »Other Level« er det A-vægtede middellydtrykniveau på målefladen, og »Frequency Spectrum« er det tilsvarende lineære 1/1-oktav spektrum.

```

*****
*
* MACHINE TYPE... PUMP, CRUDEOIL REF NO 80 10168.01
*
* MANUFACTURER... UCP / THUNE-EUREKA
* MODEL..... H14X29DVSHF PROD YEAR.....1979
*
*****
*
* MACHINE MODIFIC NO
* MAXIMUM POWER.. 2260 kW MAX RPM 1792 rpm MAX SPEED m/s
*
* OPERATION..... PUMPING
* OPERATION POWER kW OP. RPM 100 X OP. SPEED m/s
* MATERIAL..... WATER
*
*****
*
* POWER LEVEL.... 113 dBA
* OPERATOR LEVEL. dBA OPERATOR DISTANCE m
* OTHER LEVEL.... 095 dBA MEASUREMENT DIST. 1,0 m
*
* OCTAVEBAND CENTERFREQUENCY 63 125 250 500 1k 2k 4k 8k Hz
* FREQUENCY SPECTRUM *N1 97. 98. 95. 92. 88. 90. 79. 75 dB
* TEST CODE/STD. . ISO 3744 METER RESPONSE SLOW
*
*****

```

DESCRIPTION OF MEASUREMENT:

Pumpe for råolie målt i testrigg ved pumping av vann. Måling i 6 punkt på 1 m avstand. "Other Level" er middelnivå for beregnet effektnivå. Måleflatens størrelse: 63 m². Alle data gitt av leverandør.

STATFJORD "B"-PROJECT /GRR/NPC - 1979 - K. UDNES (LUND & AASS).

9. Dokumentation og rapportering

Forudsætninger dokumenteres

Resultater af beregning af ekstern støj fra virksomheder skal dokumenteres og rapporteres på tilsvarende måde som resultater af støjmålinger, jf. Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984 og 6/1984. Det er i almindelighed ikke relevant at specificere, *hvordan* beregningerne er udført. Derimod skal *beregningsforudsætningerne* dokumenteres, dvs. de *inddata*, som er brugt.

Måleresultater

Iagttagelser Antagelser

Alle de forhold, der har betydning for den eksterne støj fra virksomheden, skal dokumenteres. Det gælder såvel måleresultater (for eksempel kildestyrke), iagttagelser og oplysninger (for eksempel om virksomhedens driftsforhold) som skøn og antagelser. De mest betydende forhold skal beskrives i rapporten.

Huskeliste

Nedenfor anføres en huskeliste til hjælp for indsamling af oplysninger. Den omfatter en række forhold, som i konkrete tilfælde har haft væsentlig støjmæssig betydning. Dog er huskelisten ikke dækkende for enhver situation, og i meget enkle tilfælde vil den være for omfattende.

Virksomheden

- Generel beskrivelse af virksomhedens art/produktion og indretning. Målsat tegning eller kort med nordpil.
- Virksomhedens betydende støjkilder og de støjkilder, der er udeladt af beregningerne.
Note: I tilfælde, hvor der gennemføres støjdemning af de mest betydende kilder, bliver andre kilder bestemmende for støjbelastningen.
- De(n) af virksomhedens driftstilstand(e), der er belyst ved beregningerne.

Støjkilder

Identifikation af hver støjkilde, herunder placering, art/type, fabr.nr. og betraget driftstilstand. Desuden dokumenteres kildens generelle tilstand (alder, slitage) og eventuelle støjdempende foranstaltninger.

Ved måling af kildestyrke

Anvendte måleinstrumenter, særligt væsentlige instrumentindstillinger, kalibrering og kontrol. Afgrænsning af støjkilden (i forhold til andre støjkilder og til reflekterende flader), beskrivelse af støjkildens omgivelser og evt. omgivelseskorrektion. Desuden specificeres:

- Måleafstand og -højde
- Baggrundsstøj
- Målemetode eller -princip
- Evt. afvigelse fra godkendte målemetoder
- Forekomst af impulser eller toner, som *kan* være tydeligt hørbare i beregningspunktet

	<ul style="list-style-type: none"> ● Forudsætninger for beregning af kildestyrken (herunder angivelse af terrænforhold, omgivelseskorrektioner m.v.)
	<p>For bygninger: Reduktionstal af facader, tage m.v. For bevægelige støjkloder: Kørselsforhold under målingen.</p>
<i>Kontrolmulighed</i>	For at lette senere kontrol bør lydtrykniveauet i et relevant og velspecificeret punkt i nærheden af hver støjkilde rapporteres.
<i>Andre oplysninger om kildestyrke</i>	Stammer oplysningerne om kildestyrken <i>ikke</i> fra veldokumenterede målinger af støjen fra de aktuelle kilder under relevante driftsforhold, skal det specificeres, hvorledes oplysningerne er fremkommet. Ubestemtheden ved anvendelse af oplysningerne i den pågældende situation vurderes.
<i>Beregningspunkter</i>	Punkternes beliggenhed og højde over lokalt terræn samt afstande fra virksomheden. Kort med målestok og nordpil. Punkternes omgivelser: Hvilke områder er repræsenteret af punkterne? Hvordan/hvorfor er netop disse punkter valgt?
<i>Lydudbredelsesforhold</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Terrænets art (akustisk hårdt/porøst) samt eventuelle forenklinger ved fastsættelse af beliggenhed og højde af kilde og beregningspunktdel af terrænoverfladen. ● Bevoksning (udstrækning/art/løvfældning). ● Skærme; beliggenhed og art af skærme, eventuelle forenklinger ved komplekse skærme. Afstand kilde-skærm, skærmhøjde, -længde og skærmens vinkel med lydens udbredelsesretning. ● Reflekterende genstande, beliggenhed og art. Afstand kilde-reflekterende genstand, kontrol af, om genstanden er stor nok til at fremkalde refleksion. Er transmissionsvejen for den reflekterede lyd omtrent som for den direkte lyd? ● Forventede ændringer af lydudbredelsesforhold; nedrivning af eksisterende bebyggelse, opførelse af nybebyggelse, anlæg af vej eller parkeringsplads, fældning af vegetation, anlæg af støjskærme m.m.
<i>Beregningsresultat</i>	<p>Som resultat af beregningerne fremkommer L_{Aeq} pr. støjkilde og ved summation L_{Aeq} for hele virksomheden. På grundlag af en subjektiv vurdering (eller måling efter anvisningerne i Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1984) afgøres det, om der skal gives tillæg for tydeligt hørbare impulser eller toner.</p> <p>Desuden skal ubestemtheden på resultaterne vurderes og anføres. Baggrundsstøjen i områderne omkring virksomheden beskrives på grundlag af måling, beregning eller vurdering.</p>
<i>Rapport</i>	Dokumentationen af beregningerne skal anføres i rapporten i den udstrækning, det skønnes hensigtsmæssigt, evt. i et bilag. Hvis den fuldstændige dokumentation ikke er rapporteret, skal det anføres, at supplerende oplysninger kan indhentes hos den institution, der har udført beregningerne.

10. Referencer

- [1] J. Kragh, J. Jakobsen, Bent Andersen: »Environmental Noise from Industrial Plants. General Prediction Method«. Lydteknisk Institut, rapport nr. 32, Lyngby 1982.
- [2] ISO 3744: »Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Engineering method for free-field conditions over a reflecting plane«. 1981.
- [3] H. Jonasson, L. Eslon: »Determination of Sound Power Levels of External Noise Sources«. Statens Provningsanstalt SP-RAPP 1981:45, Borås 1981.
- [4] Layout for International Standard ISO 8297: »Acoustics - Determination of Sound Power Levels of Multi-Source Industrial Plants for the Evaluation of the Sound Pressure Levels in the Environment - Engineering Method«. 1990.
- [5] J. Jakobsen, B. Andersen: »Noise Immission from Industry. Measurement and Prediction of Environmental Noise from Industrial Plants«. Lydteknisk Institut, rapport nr. 105, Lyngby 1983.
- [6] T. Lahti, H.T. Tuominen: »Second Draft Proposal for Measurement Procedure for the Emission of External Noise from Large Industrial Sources«. Technical Research Centre of Finland, LVI/BK1, Espoo 1982.
- [7] »Bygningsakustiske Laboratoriemålinger«. Abonnementserie fra Lydteknisk Institut, ajourføres jævnligt.
- [8] A. Homb, S. Hveem, S. Strøm: »Lydisolerende konstruksjoner. Dataindsamling og beregningsmetode«. Norges Byggforskningsinstitut, anvisning 28, Oslo 1983.
- [9] J. Jakobsen: »Prediction of Noise Emission from Facades of Industrial Buildings«. Lydteknisk Institut, rapport nr. 25, Lyngby 1981.
- [10] VDI 2571: »Schallausbreitung von Industriebauten«. Düsseldorf, 1976.
- [11] D.J. Oldham, Y. Shen: »A Scale Model Investigation of Sound Radiation from Building Elements«. Journal of Sound and Vibration (1983) 91 (3), p. 331-350.
- [12] E. Gerretsen, W.C. Verboom: »Geluidafstraling van wanden en gebouwen«. Technisch Fysische Dienst TNO-TH, rapport IL-HR-13-02, Delft 1982.
- [13] J. Jakobsen, J. Kragh: »Beregningsanvisninger for støj fra rangering«. Lydteknisk Institut, Teknisk Rapport LI 922/83, Lyngby 1983.
- [14] »Støj fra motorsportsbaner«. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 7/1984. København 1984.
- [15] »Støjdatabogen. Beskrivelse af industrielle støjkilder«. Lydteknisk Institut, Lyngby 1986-89.

Appendix 1

		<i>Symbolliste</i>
C	[-]	Centrum af cylinders grundflade
C_h	[-]	Faktor afhængig af skærmhøjde
DI	[dB]	Retningsindeks (Directivity Index)
E	[dB]	Korrektion for nærfeltfejl
F	[-]	Punkt, hvorfra støjen reflekteres.
G	[-]	Andelen af porøst terræn i:
	index	s kildedelen
		i beregningspunktdelen
		c den centrale del af terrænet mellem kilde og beregningspunkt
H	[m]	Højde over vandret referenceplan af:
	index	g laveste terræn nær skærm
		i beregningspunkt
		o reflekterende genstand
		s støjkilde
		t overkant af skærm
I	[-]	Beregningspunkt
K	[dB]	Omgivelseskorrektion
	index	i omgivelseskorrektion i målepunkt nr. i
L	[-]	Venstre hjørne af skærm
$L_{Aeq,T}$	[dB]	Energiækvivalent, A-vægtet lydtrykniveau for referencetidsrummet T, reference 20 μ Pa
$L_{eq,t}$	[dB]	Energiækvivalent lydtrykniveau for tidsrummet t, reference 20 μ Pa
L_p	[dB]	Lydtrykniveau, reference 20 μ Pa
L_{pA}	[dB]	A-vægtet lydtrykniveau, reference 20 μ Pa
$L_{pAi}(1 \text{ m})$	[dB]	Normaliseret A-vægtet lydtrykniveau i retningen gennem målepunkt nr. i, reference 20 μ Pa
L_{pAmax}	[dB]	Maksimalt A-vægtet lydtrykniveau, reference 20 μ Pa
L_{pi}	[dB]	Lydtrykniveau i målepunkt nr. i, reference 20 μ Pa
$L_{p,i}$	[dB]	Lydtrykniveau indendørs (ved en bygningsdel eller åbning), reference 20 μ Pa
L^*_{pi}	[dB]	Korrigeret lydtrykniveau i målepunkt nr. i, reference 20 μ Pa
\overline{L}_{pi}	[dB]	Energimiddelværdi af lydtrykniveau, reference 20 μ Pa
$\overline{L^*}_{pi}$	[dB]	Korrigeret energimiddelværdi af lydtrykniveau, reference 20 μ Pa
$(L_p)_i$	[dB]	Lydtrykniveau i oktavbånd nr. i, reference 20 μ Pa

L_v	[dB]	Hastighedsniveau på bygningsdel, reference 10^{-9} m/s
L_w	[dB]	Kildestyrke, lydeffektniveau i en vandret plan, reference 1 pW
$L_w(\Phi)$	[dB]	Kildestyrke i retning Φ , reference 1 pW
index	j	for støjkilde nr. j
	m	for spejlkilde
	res	for resulterende kildestyrke
$L_w(\Phi, n)$	[dB]	Kildestyrke i retningen Φ af bygningsdel eller åbning nr. n, reference 1 pW
$L_w(\Sigma\Delta\Phi)$	[dB]	Kildestyrke i vinkelområdet $\Sigma\Delta\Phi$, reference 1 pW
L'_w [[dB]	Varighedskorrigeret kildestyrke, reference 1 pW
index	i	for delstrækning nr. i
$L'_w(\Phi)$	[dB]	Driftstidskorrigeret kildestyrke i retningen Φ , reference 1 pW
LR	[-]	Skærmkant
M	[-]	Antal støjkilder i gruppe
		Antal delkilder
N	[-]	Antal målepunkter
N	[-]	Hjælpestørrelse (Fresnelstal) svarende til omvejene:
index	ℓ	venstre om skærm
	r	højre om skærm
	v	i en lodret plan
P	[-]	Skæringspunkt mellem skærm og ret linie mellem S og I
index	ℓ	projektion af P på venstre skærmkant
	r	projektion af P på højre skærmkant
	ℓ_1	projektion af P på venstre kant af skærm nr. 1
	r_2	projektion af P på højre kant af skærm nr. 2
$ PT $	[m]	Afstand mellem P og T
$ P_r P_\ell $	[m]	Afstand mellem P_r og P_ℓ
Q	[-]	Skæringspunkt mellem skærm og krum lydbane mellem S og I
$ QI $	[m]	Afstand fra Q til I
R	[-]	Punkt, højre hjørne af skærm
R	[m]	Afstand mellem støjkilde og beregningspunkt
R	[m]	Afstand mellem midtpunkt af referenceboks og målepunkter
index	i	til målepunkt nr. i
	o	referenceafstand = 1 m
R	[dB]	Reduktionstal
index	n	for flade nr. n

S		[-]	Støjkilde
index		m	spejlkilde
		1	støjkilde, som repræsenterer delstrækning nr. 1
S		[m ²]	Areal
index		-	af måleflades fri overflade
		m	af målelinies fladeindhold
		n	af bygningsdel eller åbning nr. n
		p	af grundflade af procesanlæg
		ref	af referenceboksens frie overflade
SI		[m]	Afstand fra S til I = R
ST		[m]	Afstand fra S til T
SQ		[m]	Afstand fra S til Q
T		[-]	Skæringspunkt mellem overkant af skærm og lodret plan gennem S og I
T		[sek]	Referencetidsrum
TI		[m]	Afstand fra T til I
V		[m ³]	Rumvolumen
a		[m]	Afstand mellem referenceboks og kasseformet måleflade, vinkelret fra målepunkt til kørevej
index	i		vandret afstand mellem referenceboks og målepunkt nr. i
			vandret afstand mellem procesanlæg og målepunkt nr. i
\bar{a}		[m]	Gennemsnitlig afstand mellem procesanlæg og målelinie
$a(h)$		[-]	Funktion, som indgår i beregning af terrænvirkning, ΔL_g , i 125 Hz oktavbåndet
$b(h)$		[-]	Funktion, som indgår i beregning af terrænvirkning, ΔL_g , i 250 Hz oktavbåndet
$c(h)$		[-]	Funktion, som indgår i beregning af terrænvirkning, ΔL_g , i 500 Hz oktavbåndet
d		[m]	Vandret afstand mellem støjkilde og beregningspunkt, vandret projektion af R
index	i		vandret udstrækning af delområde nær beregningspunktet
	s		vandret udstrækning af delområde nær støjkilden
	v		vandret projektion af transmissionsvej gennem bevoksning
	o		karakteristisk dimension af referenceboks
	1		vandret afstand mellem støjkilde og skærm
	2		vandret afstand mellem beregningspunkt og skærm
	ic		vandret afstand mellem beregningspunkt og centrum af cylinder

	io	vandret afstand mellem beregningspunkt og reflekterende flade
	is	vandret afstand mellem beregningspunkt og den nærmeste skærm
	sc	vandret afstand mellem støjkilde og centrum af cylinder
	so	vandret afstand mellem støjkilde og reflekterende flade
	ss	vandret afstand mellem støjkilde og den nærmeste skærm
	1 2	vandret afstand mellem skærm nr. 1 og nr. 2
$d(h)$	[-]	Funktion, som indgår i beregning af terrænvirkning, ΔL_g , i 1000 Hz oktavnådet
f_c	[Hz]	Centerfrekvens i oktavnådet
h	[m]	Højde af målepunkter
index	e	effektiv skærmhøjde
	i	højde af beregningspunkt over terræn
	j	højde af delstøjkilde nr. j i procesanlæg
	m	højde af mikrofon/beregningspunkt
	s	højde af støjkilde over terræn
	w	højde af udstrakt (flade-) støjkilde
	1	højde af målepunkter
	2	højde af målepunkter
h'_s	[m]	Højde af støjkilde over lokalt terræn
\bar{h}	[m]	Gennemsnitlig kildehøjde i procesanlæg
l	[m]	Udstrækning af gruppe af støjkilder eller af udstrakt (flade-) støjkilde
		Største lineære dimension af procesanlæg
index	i	længde af delstrækning nr. i
	m	længde af målelinje omkring procesanlæg
	o	vandret udstrækning af reflekterende flade, diameter af cylinder
	1	udstrækning af referenceboks, »længde«
	2	udstrækning af referenceboks, »bredde«
	3	udstrækning af referenceboks, »højde«
m	[-]	Funktion, der indgår i beskrivelse af $\Delta L_{g,c}$
n_v	[-]	Antal grupper af vegetation
t	[s]	Tid, tidsrum
index	e	efterklangstid
	i	driftstidsrum for intermitterende støjkilde
v	[m/s]	Fart af bevægelig støjkilde
ΔL	[dB]	Korrektion for:
index	A_i	A-kurven (IEC) i oktavnådet nr. i
	a	absorption i luft (overføringsfunktion)
	d	afstand (overføringsfunktion)
	g	terrænvirkning (overføringsfunktion)

	i	intern spredning (overføringsfunktion)
	m	retningsvirkning af mikrofon (måling, procesanlæg)
	r	refleksion (overføringsfunktion)
	s	skærmning (overføringsfunktion)
	v	bevoksning (overføringsfunktion)
	g,s	terræn nær kilden
	g,i	terræn nær beregningspunkt
	g,c	den centrale del af terrænet imellem kilde og beregningspunkt
	s ₁	skærmvirkning af skærm nærmest kilde
	s _{2,h}	skærmvirkning af skærm nærmest beregningspunkt, for hypotetisk kilde
	Φ	retningsvirkning
	Φ _i	retningsvirkning i retningen gennem målepunkt nr. i
Δd _i	[m]	Vandret projektion af transmissionsvej gennem installationer
Δh	[m]	Højde af krum lydbane over den rette linie mellem kilde og beregningspunkt
ΔΦ _i	[°]	Vinkelområde omkring retningen gennem målepunkt nr. i
Θ	[°]	Vinkel, retning
index	m	vinkel, hvor en mikrofons følsomhed i forhold til følsomheden i symmetriaksen er aftaget med 3 dB
	r	indfaldsvinkel på en reflekterende flade
	s	vinkel mellem en skærm og linien SI
ΣΔL	[dB]	Overføringsfunktion (sum af korrektioner)
ΣΔΦ	[°]	Vinkelområde
Φ	[°]	Vinkel mellem referenceretningen og transmissionsvejens retning
Φ _i	[°]	Vinkel mellem referenceretningen og retningen gennem målepunkt nr. i
Φ'	[°]	Vinkel mellem referenceretningen og transmissionsvejen via en refleksion
Ψ	[°]	Vinkel mellem linierne SC og IC
α _a	[dB/m]	Koefficient for lydabsorption i luft
α _i	[dB/m]	Koefficient for lydabsorption ved udbredelse gennem installationer
α _v	[dB/gruppe]	Koefficient for lydabsorption ved udbredelse gennem vegetation
δ	[m]	Omvej ved transmission:
index	l	venstre om en skærm
	r	højre om en skærm
	v	over en skærm

λ_c	[m]	Lydens bølglængde i luft ved frekvensen f_c
ρ	[-]	Refleksionskoefficient

Appendix 2

IEC-kurve A

Hvis 1/1-oktavniveauer eller kildestyrker skal omregnes til A-vægtede niveauer, adderes IEC kurve A korrektionerne fra Tabel A.2.

Tabel A.2 IEC kurve A korrektioner.

Oktavniveau nr. i	1	2	3	4	5	6	7	8
Centerfrekvens f_c [Hz]	65	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k
A-korrektion ΔL_{Ai} [dB]	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1

Det totale A-vægtede lydtrykniveau L_{pA} beregnes på grundlag af 1/1-oktavniveauerne $(L_p)_i$ ved hjælp af udtrykket (A.2.1).

$$L_{pA} = 10 \log \sum_{i=1}^8 10^{\frac{(L_p)_i + \Delta L_{Ai}}{10}} \quad (\text{A.2.1})$$

Appendix 3

Skærmning - Flere skærme

Når mere end én skærm påvirker støjens udbredelse fra kilde til beregningspunkt, beregnes deres samlede virkning som beskrevet i det følgende.

Hvis alle skærmene har negativ effektiv skærmhøjde, jf. (5.3.16), eller hvis kun én af skærmene har positiv effektiv højde, sættes den kombinerede virkning af alle skærmene lig med virkningen, jf. (5.3.9), af den ene skærm, der har den største omvej, δ_v , jf. (5.3.12). Dette er ofte, men ikke altid, den skærm, der har den største effektive højde.

Metode

Hvis to eller flere af skærmene har en positiv effektiv højde, udvælges de to, som er mest effektive, og den samlede virkning af disse to skærme beregnes som vist i Figur A.3.1.

ΔL_s

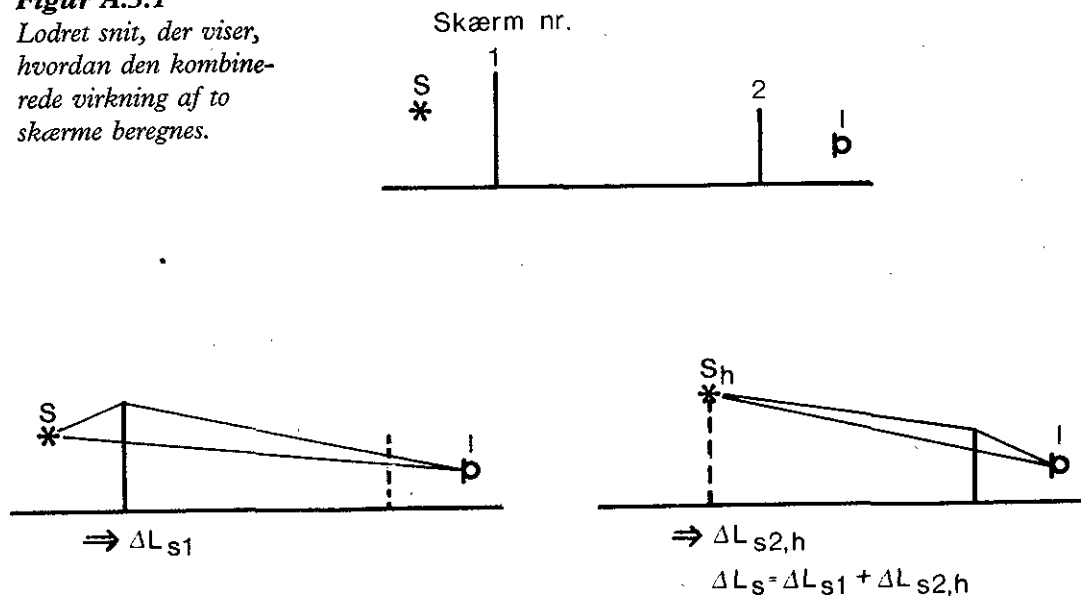
ΔL_s beregnes da som summen af to led. Det første led, ΔL_{s1} , beregnes som ΔL_s for skærm nr. 1 uden hensyntagen til, at skærm nr. 2 findes. Det andet led, beregnes som ΔL_s for skærm nr. 2 med en hypotetisk kilde placeret på toppen af skærm nr. 1.

$$\Delta L_s = \Delta L_{s1} + \Delta L_{s2,h} \quad (\text{A.3.1})$$

ΔL_{s1} og $\Delta L_{s2,h}$ beregnes ved hjælp af udtrykket (5.3.9).

Figur A.3.1

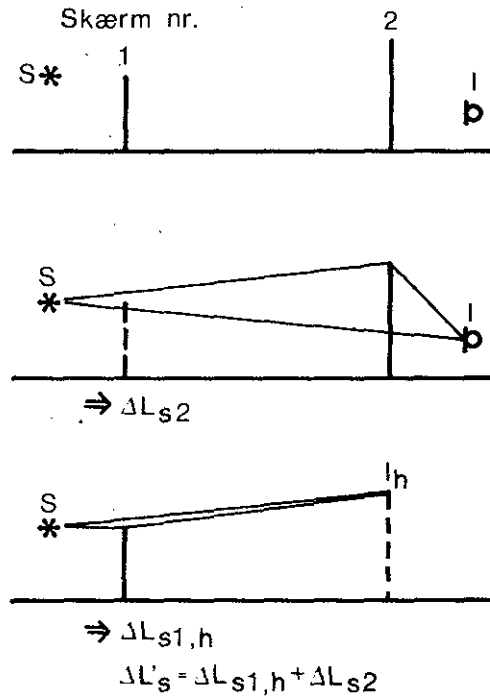
Lodret snit, der viser, hvordan den kombinerede virkning af to skærme beregnes.



I nogle tilfælde giver en beregning som vist i Figur A.3.2 en større skærmvirkning end beregningen vist i Figur A.3.1. Derfor skal begge beregninger udføres, og den mindste værdi af ΔL_s , svarende til den største virkning af skærmene, skal bruges.

Figur A.3.2

Alternativ beregning af den samlede virkning af skærm nr. 1 og 2. Virkningen ΔL_2 af skærm nr. 2 beregnes uden hensyntagen til skærm nr. 1. Derefter beregnes virkningen $\Delta L_{s1,h}$ af skærm nr. 1 i et hypotetisk beregningspunkt på toppen af skærm nr. 2. Den samlede virkning er $\Delta L'_s$. Den mindste værdi af ΔL_s og $\Delta L'_s$ i Figur A.3.1-2 bruges.



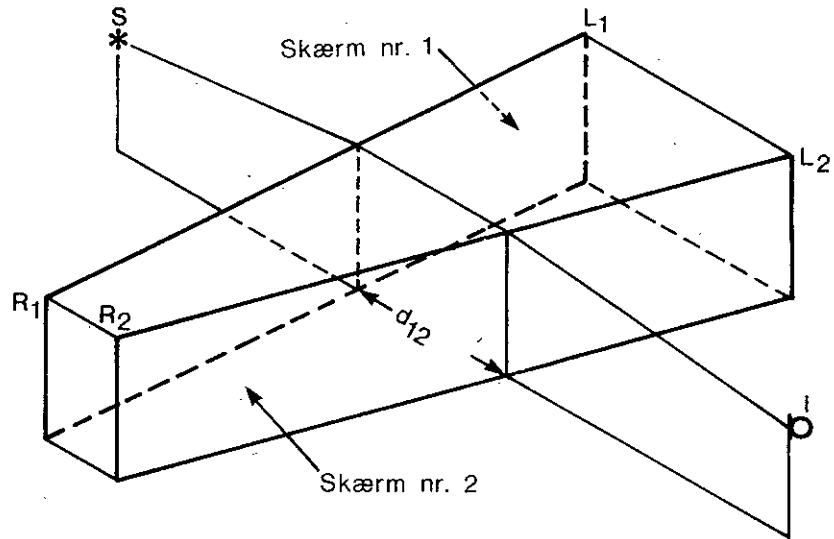
Valg af to skærme

For at kunne vælge de to mest effektive skærme anbefales⁵ det at beregne skærmkorrektionen for hver af skærmene alene. Beregningen sker ved hjælp af udtrykket (5.3.9). De to af skærmene, der har de mindste ΔL_s -værdier, vælges som skærm nr. 1 og 2 i Figur A.3.1-2.

En bred bygning repræsenteres ved netop to skærme, jf. Figur A.3.3. Virkningen beregnes ved hjælp af (A.3.1).

5. Denne fremgangsmåde afviger fra udvælgelsesmetoden i [1]. Teoretisk kan udvælgelsen give forskellige resultater, men dette vurderes at være af mindre betydning i praksis. Fremgangsmåden, som er anbefalet her, er lettere at bruge end metoden i [1].

Figur A.3.3
 En bred bygning,
 repræsenteret ved to
 skærme.



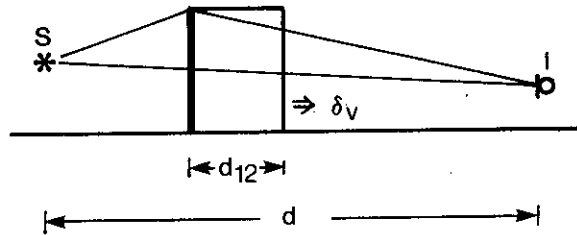
Når en bygning repræsenteres ved kun én tynd skærm, beregnes omvejene δ_r og δ_l som de længste omkring bygningen, se Figur A.3.4.

Figur A.3.4
 Bygning repræsenteret
 ved én skærm.
 Omvejene d_r og d_l
 bestemmes ved

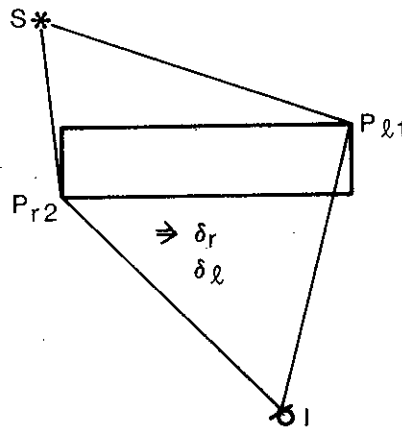
$$\delta_r = |SP_{r2}| + |P_{r2}I| - |SI|$$

(A.3.2)

$$\delta_l = |SP_{l1}| + |P_{l1}I| - |SI|$$



Lodret snit



Plan

Appendix 4

Virksomheden af terræn, der ikke er vandret og plant, ΔL_g og ΔL_s

Beregningen af terræncorrekturen ΔL_g er beskrevet i afsnit 5.3.7. Beregningsmetoden er udviklet for plant, vandret terræn ved tilpasning af beregningsudtrykkene i Tabel 5.3.5 til et stort antal måleresultater.

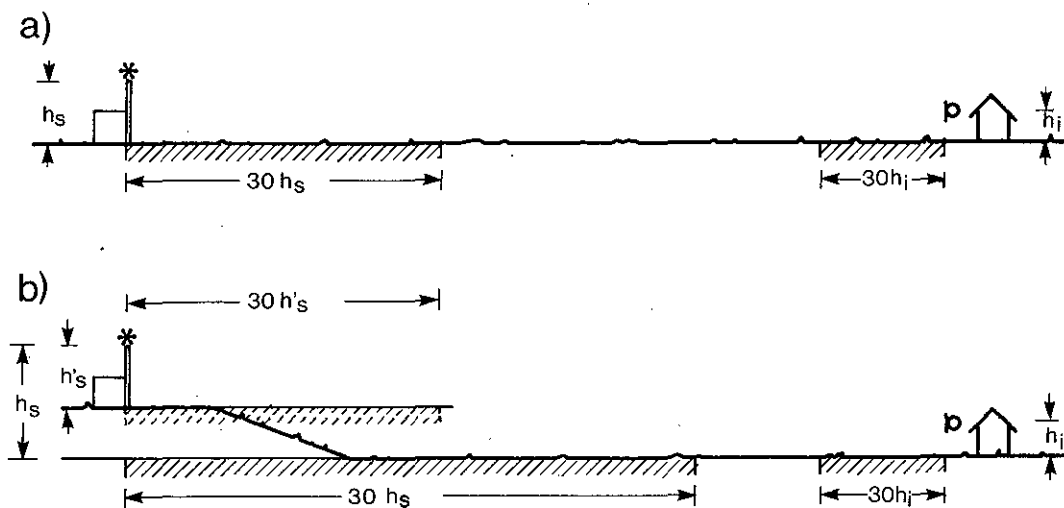
Når terrænet ikke er plant og vandret, kan det undertiden være svært at fastsætte værdierne af højderne h_s og h_i . Forudsætningen om, at udstrækningen d_s og d_i af delområderne nær kilde og beregningspunkt skal måles vandret, er ikke altid relevant. Udstrækningen d_s og d_i af delområderne bruges ved fastlæggelse af værdien af faktoren G i Tabel 5.3.5, og d_s og d_i bruges også ved fastlæggelse af højderne h_s og h_i .

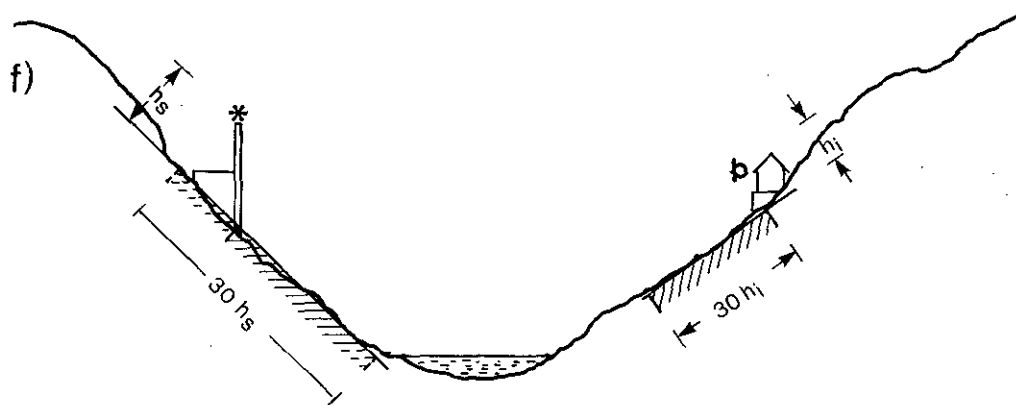
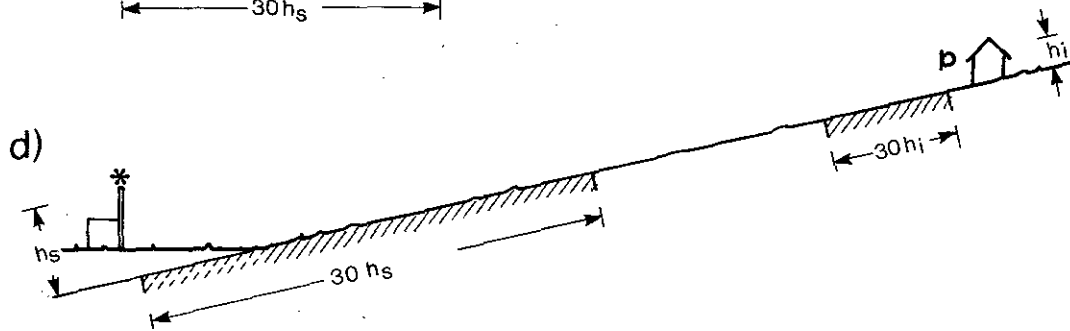
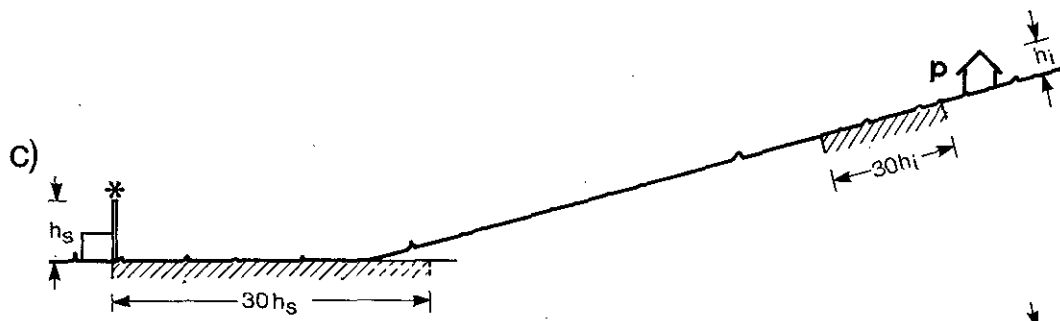
I Figur A.4.1 er for forskellige situationer vist, hvordan h_s og h_i fastsættes. Samtidigt er udstrækningen af delområderne af terrænoverfladen nær ved kilde og beregningspunkt vist. Den centrale del er området mellem disse.

Det understreges, at gyldigheden af beregningerne ikke er blevet verificeret i ekstreme tilfælde som for eksempel i del f) af Figur A.4.1. I tilfælde som i del f) anbefales det at se bort fra bidraget til ΔL_g fra det centrale delområde.

I figurens del b) er h'_s kildens højde over den »lokale« terrænoverflade. $30 \cdot h'_s$ strækker sig ud over den lavere terrænoverflade længere fra kilden. Derfor defineres en ny kildehøjde h_s og et nyt kildenært delområde $30 \cdot h_s$.

Figur A.4.1 Snit, der viser højderne h_s og h_i og den tilhørende udstrækning af delområderne af terrænoverfladen.



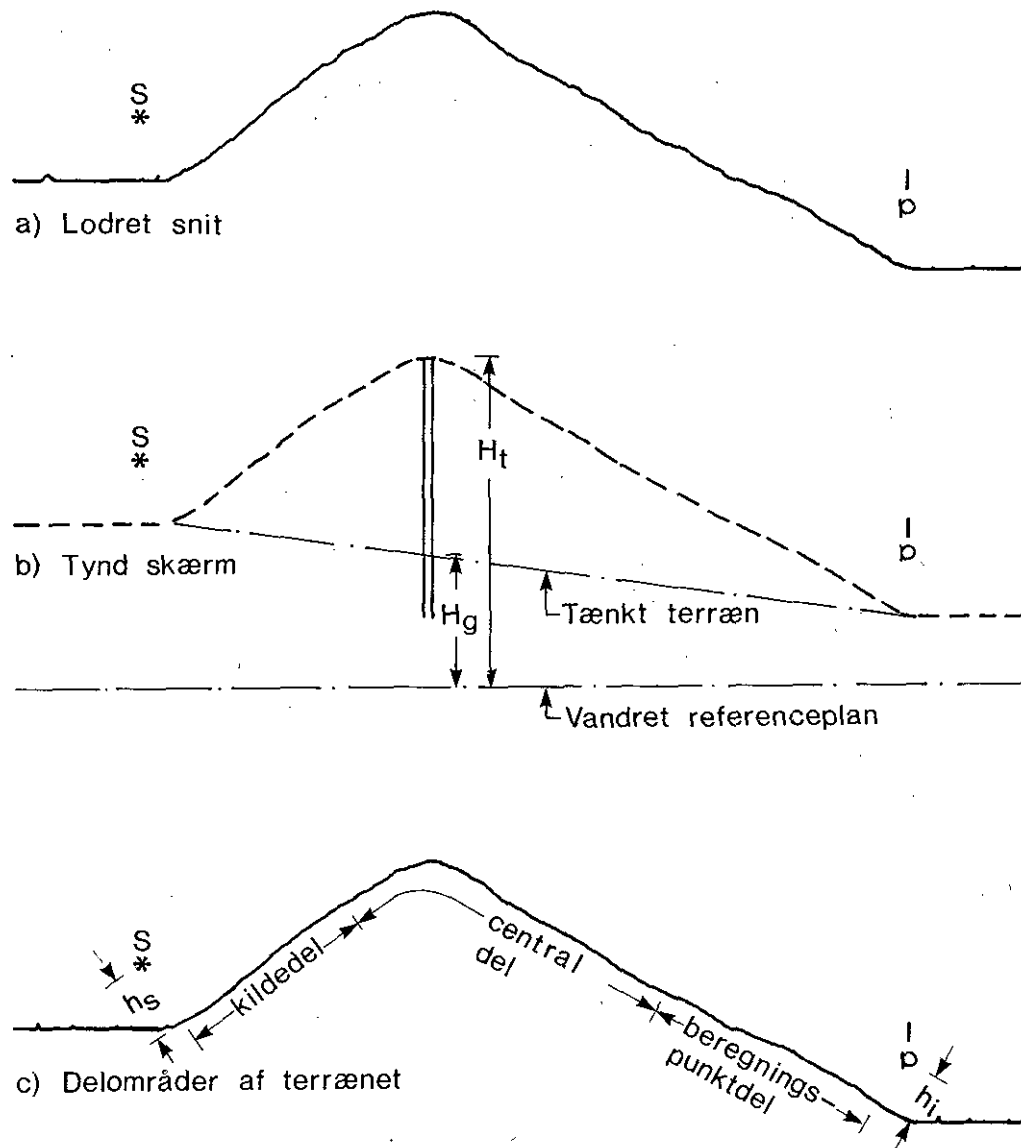


Terræn som skærm

Når et bakke drag virker som skærm, beregnes ΔL_s for en tynd skærm placeret som vist i Figur A.4.2 a-b. Højdeforskellen $H_t - H_g$, jf. Figur 5.3.5, bestemmes som vist i figurens del b), idet der tænkes at eksistere en terrænoverflade som vist.

Ved beregning af terrænkorrektionen, se afsnit 5.3.7, fastlægges højderne h_s og h_i og delområderne af terrænoverfladen som vist i Figur A.4.2 c).

Figur A.4.2 Parametre ved beregning af skærmvirkningen af et bakke drag.



Appendix 5

Intern spredning, DL_i

Der findes kun ganske få resultater af undersøgelser af spredningen af støjen under transmissionen gennem installationer på virksomheder. Det anbefales derfor i tilfælde, hvor denne virkning er af stor betydning for den samlede støjbelastning, at udføre målinger (ved hjælp af for eksempel højttalere som lydkilde) af lydtrykniveauets aftagen ved udbredelse mellem de konkrete installationer. Lydens udbredelse påvirkes af typen af installationer, deres tæthed, dimensioner og højde.

Hvis der medregnes en korrektion ΔL_i for spredningen, skal der ikke medregnes korrektion for skærmning, ΔL_s , eller refleksion, ΔL_r , fra installationerne.

De vejledende værdier, som er gengivet i Tabel A.5.1, kan bruges ved planlægning af åbne procesanlæg. Korrektionen ΔL_i beregnes ved hjælp af (A.5.1).

$$\Delta L_i = \alpha_i \cdot \Delta d_i \quad (\text{A.5.1})$$

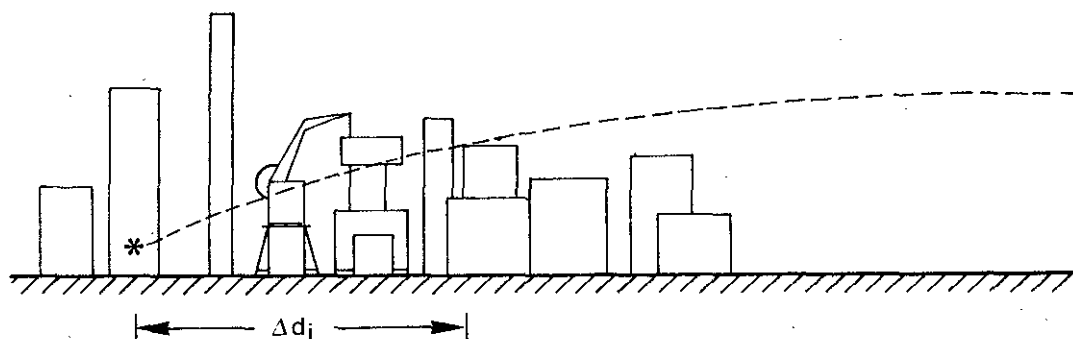
Hvis $\Delta L_i < -10$ dB, sættes ΔL_i lig med -10 dB.

α_i er en dæmningskoefficient [dB/m].

ΔL_i er længden af transmissionsvejen gennem installationen [m].

ΔL_i fastlægges på samme måde som d_v for bevoksning, se Figur 5.3.12-13 og Figur A.5.

Figur A.5 Længden DL_i af transmissionsvej gennem installationer.



Tabel A.5 Vejledende værdier af α_i .

1/1 oktav f_c [Hz] ΔL	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
α_i [dB/M]	0,00	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Appendix 6

Oversigt over fordelagtigste metode til bestemmelse af støjniveau

Selv om den nordiske beregningsmetode til bestemmelse af støj fra virksomheder har været kendt og brugt gennem nogle år, kan det ikke entydigt fastlås, hvornår beregning eller måling er mest fordelagtigt.

Udover indflydelsen af rent tekniske faktorer som tilstedeværelse af en veludbygget samling støjmåleudstyr eller af data-program og datamaskine vil også den enkelte persons rutine i forbindelse med anvendelse af måleudstyr eller anvendelse af dataudstyr spille ind ved valget mellem måling og beregning. Der er således også rent psykologiske faktorer, der vil spille ind i valget mellem måling og beregning.

Efter Miljøstyrelsens opfattelse skal beregningsmetoden betragtes som et tilbud og ikke som et krav om anvendelse.

Det er fordelagtigst at måle:

- ved ukomplicerede støjforhold som f.eks. få støjkloder,
- ved korte afstande og få målepunkter,
- ved komplicerede terrænforhold, evt. også komplicerede skærmforhold

Det er fordelagtigst at beregne:

- ved projektering af ny virksomhed,
- ved projektering af afhjælpende foranstaltninger, når der er mange støjkloder,
- ved bestemmelse af støjniveauet i mange retninger omkring en virksomhed, og hvor medvindskravet kan gøre støjmålingsopgaven vejræssigt og dermed tidsmæssigt uoverkommelig på grund af krav til vindretning »fra alle verdenshjørner«,
- hvor vindretningskravene er sjældent forekommende og derfor vanskelige at opfylde,
- ved bestemmelse af støjbelastningen i stor afstand fra virksomheden,
- ved vedvarende kraftig baggrundsstøj.

Index

A

A-korrektion 26, Appendix 2
Absorption i luft 33, 34
Afstand, korrektion for 32, 33
Akustisk kvalitet, kontrol 71, 79, 87
Arbejdsområde for bevægelig kilde 95
Asfaltblandeværk 78

B

Baggrundsstøj 22, 71
Baggrundsstøj, korrektion for 71
Bebyggelse 38, 43
Beregningspunkt, højde 10, 17, 33, 51, 52
Beregningspunkt, højde, korrigeret 52
Beregningspunkter, antal 16, 17, 22
Bevoksning 44
Bevægelige støjkluder 91
Bygning som skærm 43, Appendix 3
Bygningsdel, kildestyrke 85

C

Cylinder, refleksion i 36

D

Delstrækning 91
Directivity Index 28
Dokumentation 10, 18, 99
Dozer 94
Driftstid, korrektion for 28
Driftstidskorrigeret kildestyrke 28, 85, 91
Driftstilstand 18, 28, 99
Dæmpningskoefficient, bevoksning 44
Dæmpningskoefficient, intern spredning Appendix 5
Dæmpningskoefficient, luft 33, 78

E

Effektiv højde 42, Appendix 3
Ekstrapolationsmetode 54, 79
Energimiddelværdi 64, 71, 77
Energimiddelværdi, korrigeret 77

F

Facade 31, 85
Forudsætninger 99
Frit-felts-værdi 17, 38

G

Garanterede støjdata 97
Gennemsnitlig højde af procesanlæg 75
Gentagne refleksioner 38
Godkendelse, eksisterende virksomhed 13
Godkendelse, ny virksomhed 11
Godkendt eller autoriseret laboratorium 8; 10, 15
Grundflade af procesanlæg 74, 75
Gruppering af støjkilder 17, 30, 85

H

Hjullaster 91, 94
Hypotetisk beregningspunkt Appendix 3
Hypotetisk kilde Appendix 3
Højde af beregningspunkt 10, 17, 33, 51, 52
Højde af lydbane 44, 45
Højde, effektiv 42, Appendix 3
Hårdt terræn 46, 50

I

IEC kurve A Appendix 2
ILYD 3, 25
Immissionsrelevant 32, 129
Impulser 9, 23
Indfaldsvinkel 36, 37
Instrumentkontrol 55, 56
Intermitterende 64, 71, 77, 85
Intern spredning Appendix 5

K

Kalibrering af måleudstyr 56
Karakteristisk dimension 57
Kassemetode 54, 68
Kildehøjde 31, 51, 52
Kildehøjde, korrigeret 52
Kildestyrke 27
Kildestyrke, af bygning 85
Kildestyrke, af delstrækning 92
Kildestyrke, af spejlkilde 34
Kildestyrke, beregning 85

Kildestyrke, ekstrapolationsmetode 82
Kildestyrke, kassemetode 72
Kildestyrke, kuglemetode 65
Kildestyrke, procesanlæg 77
Kildestyrke, driftstidskorrigeret 28, 85, Appendix 2
Kildestyrke, måling 54
Kildestyrke, nøjagtighed 61
Klager 17
Kompressor 28
Kontrol 16
Kontrol af akustisk kvalitet 71, 79, 87
Kontrol af instrumenter 55, 56
Kontrolpunkter 16, 17
Korrektion for absorption i luft 33, 34
Korrektion for afstand 32, 33
Korrektion for baggrundsstøj 71
Korrektion for bevoksning 44
Korrektion for driftstid 28
Korrektion for nærfeltfejl 72
Korrektion for refleksion 34
Korrektion for retningsfølsom mikrofon 78
Korrektion for skærmning 38
Korrektion for terræn 46
Korrigeret højde af beregningspunkt 52
Korrigeret kildehøjde 52
Krav til skærme 42
Kuglemetode 54, 61
Køleaggregat 72
Kølemaskiner 28

L

Lastbiler 92
Long Distance Method 61
Lydeffektniveau 27

M

Mikrofon, retningsfølsom 77, 78
Mikrofonkorrektionsled 78
Miljøbeskyttelsesloven 10, 11, 13
Motorsportsbane 91
Måleboks 68
Måleflade, kassemetode 68
Måleflade, kuglemetode 61
Målelinie 76
Målepunkter i rum 86
Måleudstyr 55

N

Nordtestmetoden NT-ACOM 080 7
Nærfeltfejl 72
Nøjagtighed 19
Nøjagtighed af kildestyrke 61

O

Omgivelseskorrektion 71, 79, 88
Omvej 38, 41, 45
Opdeling af udstrakt kilde 31
Overføringsfunktion 26, 32
Overholdelse 16
Overskridelse 18, 20
Overvågning af måleudstyr 56

P

Petrokemisk anlæg 84
Portåbning, kildestyrke 74
Porøst terræn 46, 50
Primære målepunkter, ekstrapolationsmetode 80
Primære målepunkter, kassemetode 68, 69
Primære målepunkter, kuglemetode 63, 64
Procesanlæg 74, 82
Procesanlæg, metode til 54, 74
Påbud 13, 16

R

Rangerbanegård 91
Rapportering 49
Reduktionstal 85, 87
Referenceboks 28, 56
Referencelydkilde 59
Referenceplan, vandret 32, 39
Referenceretning 25, 89
Referencetidsrum 29, 92
Refleksion fra bygning 34
Refleksion ved kilden 27, 38
Refleksioner, gentagne 38
Refleksionskoefficient 35, 36
Retningsfølsom mikrofon 76, 77
Retningsindeks 27, 28
Retningskorrektion, bygningsdel 85, 89
Retningskorrektion, ekstrapolationsmetode 82
Retningskorrektion, kassemetode 72
Retningskorrektion, kuglemetode 65

Retningskorrektio, åbninger 85, 89
Retningsvirkning, skorsten 67
Rørledning 31
Råoliepumpe 98

S

Sand støjbelastning 18
Short Distance Method 68
Skorsten 66
Skærmning 38
Skærmning, bygninger 43, 92
Specifikationer, måleudstyr 55
Spejlkilde, kildestyrke 35
Spejlkilde, placering 34
Spredning, intern Appendix 4
Stationsområde 91
Stikprøve 16
Stillestående punktkilder, ækvivalente 92
Strukturlyd 87
Støjbelastning 7, 8, 10, 16, 17, 21, 22
Støjdata, garanterede 97
Støjdatabanken 98
Støjdatabogen 97
Støjgrænse 18
Støjmessigt tyngdepunkt 82, 83
Supplerende målepunkter, ekstrapolationsmetode 81
Supplerende målepunkter, kassemetode 69
Supplerende målepunkter, kuglemetode 64
Svingningshastighed 87

T

Tagventilator 65
Temperaturgradient 63, 80
Terræn som skærm 43, Appendix 4
Terræn, hårdt 46, 50
Terræn, porøst 46, 50
Terrænkorrektio 46
Tilsyn 16
Toner 9, 22
Transmissionsvej 24, 26
Transportbånd 31
Trucks 94
Tyngdepunkt, støjmæssigt 83

U

Ubestemthed 18, 20

Ubestemthed på kildestyrke 61

V

Vandret referenceplan 32, 39

Vejrbetingelser, ekstrapolationsmetode 80

Vejrbetingelser, kassemetode 68

Vejrbetingelser, kuglemetode 63

Vejrbetingelser, metode til procesanlæg 76

Vilkår 10, 11, 13, 16

Vindhastighed 63, 76, 80

Vinkelområde 81, 82

Y

Yderligere målepunkter (kassemetoden) 69

Æ

Ækvivalent punktkilde 25, 26, 31, 60, 86

Å

Åbning, beregning af kildestyrke 85

Åbning, måling af kildestyrke 74

Registreringsblad

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K.

Serietitel, nr.: Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 5/1993

Udgivelsesår: 1993

Titel: Beregning af ekstern støj fra virksomheder

Undertitel:

Fælles nordisk beregningsmetode

Forfatter(e):

Udførende institution(er):

Resumé:

Vejledningen indeholder retningslinier for regulering af ekstern støj fra virksomheder og omfatter såvel fastsættelse af vilkår for nye virksomheder som påbud til eksisterende om nedbringelse af gener.

Vejledningen indeholder endvidere anvisninger for den nordiske støjberegningsmetodes anvendelse til måling og beregning af det eksterne støjbidrag.

Emneord:

metodik; støj; virksomheder; godkendelse; modelberegninger; programmel

ISBN: 87-7810-098-4

ISSN: 0108-6375

Pris (inkl. 25% moms): 140,- kr.

Format: A5

Sideantal: 128

Md./år for redaktionens afslutning: januar 1993

Oplag: 2000

Andre oplysninger:

Supplerer: »Ekstern støj fra virksomheder«, Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1984, og: »Måling af ekstern støj fra virksomheder«, Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 6/1984

Tryk: Scantryk, København

Trykt på 100% genbrugspapir, Cyclus

Vejledning fra Miljøstyrelsen

1992

- Nr. 1 : Sundhedsmæssig vurdering af kemiske stoffer i drikkevand
- Nr. 2 : Rotter
- Nr. 3 : *Generel branchevejledning for forurenede grunde*
- Nr. 4 : Branchevejledning for forurenede træimpregneringsgrunde
- Nr. 5 : Branchevejledning for forurenede garverigrunde
- Nr. 6 : Branchevejledning for forurenede tjære/asfaltgrunde
- Nr. 7 : Prioritering af affaldsdepoter
- Nr. 8 : Acceptkriterier for mikrobiologisk rensed jord
- Nr. 9 : Industrial Air Pollution Control Guidelines
- Nr. 10 : Ændring af vandløbslovens § 69 om bræmmer
- Nr. 11 : Tilsyn med de ydre miljøforhold i den grafiske branche
- Nr. 12 : Håndhævelse af miljøskøttelsesloven

1993

- Nr. 1 : Registrering, frigivelse og afmelding af affaldsdepoeter
- Nr. 2 : Begrænsning af forurening fra forbrændingsanlæg
- Nr. 3 : Godkendelse af listevirksomheder
- Nr. 4 : Rotter og levnedsmiddelvirksomheder
- Nr. 5 : Beregning af ekstern støj fra virksomheder

Beregning af ekstern støj fra virksomheder

Vejledningen indeholder retningslinier for regulering af ekstern støj fra virksomheder og omfatter såvel fastsættelse af vilkår for nye virksomheder som påbud til eksisterende om nedbringelse af gener.

Vejledningen indeholder endvidere anvisninger for den nordiske støjberegningsmetodes anvendelse til måling og beregning af det eksterne støjbidrag.

Pris kr. 140,- (inkl. 25% moms)

ISSN nr. 0108-6375

ISBN nr. 87-7810-098-4

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Strandgade 29 · 1401 København K · Tlf 32 66 01 00