

534.836
B1

Måling af vejtrafikstøj



Vejdirektoratet
Vejdatalaboratoriet

Miljøstyrelsen 1982

MÅLING AF VEJTRAFIKSTØJ

MILJØSTYRELSEN
BIBLIOTEKET
Strandgade 29
1401 København K

December 1982

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
DK 1401 København V

Vejdirektoratet
Vejdatalaboratoriet
Stationsalleen 42
DK 2730 Herlev



ISBN 87-503-4411-0

Fu 00-201

JJ trykteknik a-s, København

FORORD

Denne rapport er en oversættelse af NORDTEST's metode til måling af vejtrafikstøj. Denne metode er udsendt af NORDTEST i publikationen NT Acou 039 "Road Traffic Noise". Metoden anvendes i Danmark, Finland, Island, Norge og Sverige.

Metoden omfatter målinger af L_{Aeq} og L_{Amax} samt oktavbåndsmålinger. Den omfatter en enkel specifikation af måleudstyr og detaljerede anvisninger på valg af mikrofonpositioner i åbent terræn, nær bygninger og inde i bygninger. Der gives retningslinier for valg af måle- og observationstidsrum, og der opstilles krav til antallet af forbikørende køretøjer samt til de atmosfæriske forhold i måletidsrummet. Der gives forslag vedrørende fremlæggelse af måleresultaterne. Metoden hviler på et forslag (KILDE-rapport 26), som er fremlagt for NORDTEST af en arbejdsgruppe bestående af:

J. Kragh, Lydteknisk Laboratorium DTH, Danmark,
J. Parmanen, VTT/VVS-Laboratoriet, Finland
B. Sveinbjørnsson, Iontæknistofnun Islands, Island,
M. Ringheim, KILDE, Norge,
S. Lindblad, Inst. för bygnadsakustik, LTH, Sverige.

Det er hensigten senere at udsende en publikation med forenkledede forskrifter for orienterende målinger, hvis resultat kan bruges i situationer, hvor kravet til nøjagtigheden er mindre end hvad der er specificeret i denne anvisning.

INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	FORMÅL.....	Side	7
2.	ANVENDELSESOMRÅDE.....	Side	7
3.	REFERENCER.....	Side	8
4.	DEFINITIONER.....	Side	9
4.1	A-vægtet lydtrykniveau i decibel (dB(A)).....	Side	9
4.2	Energiækvivalent lydtrykniveau i decibel (L_{eq})	Side	9
4.3	Energiækvivalent A-vægtet lydtrykniveau i decibel (L_{Aeq}).....	Side	10
4.4	Det maksimale lydtrykniveau i decibel (L_{max}) ..	Side	10
4.5	Tidsrum.....	Side	10
5.	MÅLEUDSTYR.....	Side	10
5.1	Udstyrsspecifikationer.....	Side	10
5.2	Kalibrering af udstyr.....	Side	13
5.3	Kontrol af udstyr.....	Side	13
6.	PLACERING AF MIKROFONER.....	Side	13
6.1	Udendørs målinger.....	Side	13
6.2	Indendørs målinger.....	Side	15
7.	MÅLINGERNE.....	Side	16
7.1	Trafikforhold.....	Side	16
7.2	Vej- og terrænforhold.....	Side	16
7.3	Valg af måletidsrum.....	Side	17
7.4	Atmosfæriske forhold.....	Side	18
7.5	Sammenlignende målinger.....	Side	19
7.6	Baggrundsstøj.....	Side	20
8.	RESULTATERNE.....	Side	20
8.1	Resultaternes nøjagtighed.....	side	20
8.2	Rapportering af resultaterne.....	Side	21

TILLÆG

A 1	Supplerende anbefalinger vedrørende valg af mikrofonposition nær bygninger.....	Side	23
A 2	Mikrofon på reflekterende flade ("stærkt kor- relede refleksioner").....	Side	27
A 3	Mikrofonplacering ved måling i komplekse, akustiske omgivelser.....	Side	29



1. FORMÅL

Formålet med denne NORDTEST-metode er at give forskrifter for måling af vejtrafikstøjen i åbent terræn samt i og udenfor bygninger. Metoden er først og fremmest anvendelig under måleforhold, hvor det er nødvendigt at minimere

- statistiske fejl som følge af varierende køretøjs- eller trafikforhold, eller skiftende atmosfæriske forhold
- refleksions- og diffraktionsfejl som følge af valg af mikrofonplacering.

Metoden er udarbejdet med henblik på at opnå overensstemmelse mellem målinger og beregninger udført efter "Beregningsmodel for vejtrafikstøj", Vejdatalaboratoriets rapport 23, og kravene til måledokumentationen er søgt udformet sådan, at resultatet kan reproducere ved gentagne målinger.

2. ANVENDELSESOMRÅDE

Målingerne kan betragtes som et alternativ til de standardiserede beregninger efter "Beregningsmodel for vejtrafikstøj". Målinger er ofte et dyrt og tidskrævende alternativ til sådanne beregninger, på grund af

- variationer i lydudbredelsesforhold, som følge af forandringer i vindhastighed- og temperaturgradienter, samt i terrænforholdene (f.eks. 10 - 20 dB variation i L_{Aeq} 100 meter fra vejen, stigende med afstanden),
- variationer i lydtrykniveauet på kort måleafstand (20-40 dB for 1000 køretøjer/time, stigende med faldende trafik-tæthed).

Primært og på grund af disse faktorer skal målingerne finde sted over lange tidsrum og bestemte målebetingelser skal opfyldes. Forskrifterne i dette dokument er primært opstillet med henblik på måling af L_{Aeq} , men forskrifterne angiver også betingelserne for måling af L_{Amax} og af oktavbånds lydtrykniveauer (se de-

finition i afsnit 4.3).

For at undgå uønsket indflydelse fra refleksion, terrændæmpning eller særlige rumegenskaber er kravene til mikrofonplacering udendørs og indendørs omtalt ret detaljeret. Tre typer af mikrofonplaceringer er af særlig interesse, fordi de giver veldefinerede og praktisk anvendelige resultater:

- a) "Frit-felt-støj" målt over åbent terræn, kan anvendes ved vurdering af støjbelastningen i parker, store haver o.s.v. Hvis den anvendes med passende korrektion for refleksion, kan den bruges ved vurdering af støjbelastning nær fremtidige bygninger (b).
- b) Støj målt nær eksisterende bygninger i det begrænsede område, hvor reflekteret og direkte lyd har omtrent samme intensitet og er omtrent ukorrelerede. Anvendes ofte som udgangsværdi ved beregninger af L_{Aeq} og L_{Amax} indendørs.
- c) Støjen målt på en bygnings facade, hvor direkte og reflekterende lyd har samme intensitet og er stærkt korreleret.

Anvendes ved bestemmelse af b) når dette vanskeligt lader sig måle direkte.

3. REFERENCER

- (1) IEC Publication 225. Octave, half-octave and third-octave band filters intended for the analysis of sounds and vibrations.
- (2) IEC Publication 651. Sound level meters.
- (3) ISO 31/7. Quantities and units of acoustics.
- (4) ISO/R 131. Expression of the physical and subjective magnitudes of sound or noise.

- (5) ISO/1683. Acoustics - Preferred reference quantities for acoustic levels.
- (6) ISO 140/V. Acoustics - Measurements of sound insulation in buildings and of building elements - Part V: Field measurements of airborne sound insulation of facade elements and facades.
- (7) ISO/DIS 1996/1. Acoustics - Description and measurement of environmental noise - Part 1: Basic quantities and procedures.
- (8) "Beregningsmodel for vejtrafikstøj", Vejdirektoratet, Vejdata-laboratoriet, rapport 23, 1981.
- (9) IEC Publication 581 --- High fidelity audio equipment and systems; minimum performance requirements.

4. DEFINITIONER (ISO/DIS 1996/1)

4.1 A-vægtet lydtrykniveau, i decibel dB(A).

Værdien af lydtrykniveauet bestemt med A-filter indkoblet, jfr. IEC Publication 651. Referencelydtryk $20 \mu\text{Pa}$.

4.2 Energiækvivalent lydtrykniveau, i decibel (L_{eq}).

Værdien af lydtrykniveauet af en konstant lyd, som inden for et nærmere angivet tidsrum har samme energiindhold, som en lyd, hvis niveau varierer med tiden. Det defineres som

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \quad \text{dB}$$

L_{eq} er det energiækvivalente lydtrykniveau for det tidsrum, der begynder ved t_1 og slutter ved t_2 ,

$t_2 - t_1$ er et nærmere angivet tidsrum,

p_0 er referencelydtrykket, $20 \mu\text{Pa}$,

$p(t)$ er øjebliksværdien af lydtrykket i støjsignalet.

4.3 Energiækvivalent A-vægtet lydtrykniveau i decibel (L_{Aeq})

Værdien af det energiækvivalente lydtrykniveau som angivet i 4.2, hvori lydtrykket defineres som i 4.1.

4.4 Det maksimale lydtrykniveau i decibel (L_{max})¹⁾

Det maksimale A-vægtede - (L_{Amax}) eller oktavbåndlydtrykniveau bestemt med tidsvægtning S ("Slow"), eller med en integrations-tid på 1 sekund. Referencelydtryk 20 μ Pa.

4.5 Tidsrum

Måletidsrum: Det tidsrum indenfor hvilket det kvadrerede lydtrykk integreres og midles.

Observationstidsrum: Det samlede tidsrum, inden for hvilket der gennemføres en måling af det energiækvivalente, A-vægtede lydtrykniveau (eller maksimale lydtrykniveau), enten kontinuert eller diskontinuert ved hjælp af en prøveudtagnings- (sampling) teknik.

Tilsvarende definitioner gælder for måling af oktavbåndsniveauer.

Eksempler på anvendelse af disse tidsrum-definitioner findes i ISO/DIS 1996/1, Annex A.

5. MÅLEUDSTYR

5.1 Udstyrsspecifikationer

En detaljeret specifikation for alle typer instrumenter, som anvendes ved præcisionsmåling af vejtrafikstøj, ligger uden for rammerne af dette dokument. Der gives dog nedenfor en enkelt specifikation for visse almindeligt anvendte instrumenter; Denne bør danne grundlag for bedømmelse af andre instrumenttyper egnethed. De instrumenter, der anvendes ved måling og analyse, bør altid beskrives i målerapporten. I denne beskrivelse skal indgå fabrikat og type af almindelige, kommerci-

1) Ikke defineret i ISO/DIS 1996/1.

elt tilgængelige akustiske instrumenter. Hvis der anvendes "specielt udstyr" skal der gives en beskrivelse af væsentlige aspekter ved signalbehandling, herunder kalibreringsmetode.

Som minimum er frekvensområdet svarende til oktavbåndene 125-4000 Hz af interesse. Dynamikområdet for den komplette måle- og analysekæde skal være mindst 50 dB i hele dette frekvensområde.¹⁾ Instrumentindstillingen skal afpasses således, at dynamikområdet udnyttes bedst muligt. Det kan for eksempel være nødvendigt at "forme" lydsignalet ved hjælp af et A-filter, når der optages på bånd.

Måleudstyret skal bruges på en sådan måde, at overstyring undgås. Automatisk udstyr (udstyr, som ikke er under konstant observation) skal kunne

- enten registrere varighed og tidspunkt for overstyring, som grundlag for en vurdering af resultaternes pålidelighed
- eller angive, at overstyring har fundet sted, således at resultaterne fra det pågældende måletidsrum kan udelades.

Automatiske målekæder skal suppleres med en analog registrering af lyden, hvis dette ikke sker på anden måde - som det er tilfældet ved visse digitale og integrerende instrumenter. Dette er nødvendigt for at gennemføre kontrol af baggrundsstøjniveauer og når der af andre årsager hersker tvivl om resultaternes pålidelighed.

Lydtrykmåleren eller alternative mikrofon/forstærker/filter/vægtningsskredsløb skal opfylde kriterierne i IEC dokument 651, type 1, (IEC 179) for så vidt angår ældre udstyr, samt IEC dokument 225. 1/2" mikrofoner kan anvendes uden retningsrestriktioner. Når der anvendes 1" -mikrofoner, skal fabrikantens anvisninger vedrørende

1) Kravet vedrørende dynamikområde kan slækkes, hvis det kan påvises, at støjen varierer mindre end 40 dB. Dynamikområdet bør dog altid være 10 dB større end støjens variationsområde.

mikrofonaksens retning i forhold til lydkilden følges, under hensyntagen til, at "kilden" kan være meget stor, når der er tale om vejtrafikstøj. Når mikrofonen opstilles nær en reflekterende flade, skal der til oktavbåndsmålinger anvendes 1/2"-mikroroner eller mindre (se tillæg A 2).

Integrerende instrumenter, docimetre.

Udover at opfylde de krav, der stilles til lydtrykmåleren, skal sådanne instrumenter kunne registrere den sande langtids- RMS-værdi af lydsignalet med en nøjagtighed på $\pm 0,5$ dB. Instrumentet skal kunne integrere over tidsrum i overensstemmelse med kriterierne i afsnit 7. Der foreligger endnu ikke en international standard for denne instrumenttype.

Båndoptager.

Båndoptagerens frekvenskarakteristik skal opfylde de krav, der er angivet (for lydtrykmålere) i IEC 651, type 1, og dens dynamikområde skal være større end 50 dB i det frekvensområde, der er af interesse.¹⁾

Udstyringsmetret skal være af en type, som angiver spidsværdien. Dette er en tilstrækkelig indikator af overstyring fra instrumenter, som er under konstant observation. Data for andre instrumenter skal mindst opfylde kravene i IEC 581-4.

Fordelingsanalysator.

Instrumentets niveaupopløsning skal være 2,5 dB eller derunder, d.v.s. lydtrykniveau-intervallerne skal være mindre end eller lig med 2,5 dB.

Ved registrering af L_{\max} skal måle- og analysekæderne være sådan, at de kan angive L_{\max} , svarende til tidsvægtning S ("Slow") eller L_{\max} integreret over 1 sekund. Samplingfrekvensen ved eventuel analog til digital omsætning skal være så høj, at omsætningsfejlen holdes under 0,5 dB.

1) Se fodnote side 8.

5.2 Kalibrering af udstyr

De komplette måle- og analysemetoder skal kalibreres ved mindst een frekvens før og efter målingerne.

5.3 Kontrol af udstyr

Instrumenter med frekvenskarakteristik og frekvensvægtning skal kontrolleres mindst een gang årligt. Kalibreringskilden skal kontrolleres mindst 2 gange årligt. Der skal anvendes pålidelige testprogrammer for EDB-udstyr, der anvendes ved registrering og analyse af lydsignalerne.

6. PLACERING AF MIKROFONER

6.1 Udendørs målinger

Valget af mikrofonposition afhænger i vidt omfang af formålet med målingen. Sammenlignende målinger før og efter forandringer i vejføring, trafikforhold, bygningskonstruktioner o.s.v. eller før og efter gennemførelsen af en støjbegrænsende foranstaltning - medfører som oftest kun mindre overvejelser i forbindelse med mikrofonplaceringen. Hovedformålet er at sikre, at mikrofonposition er typisk for de mindre eller større områder der skal undersøges, og at de øvrige variable, som trafikdata, vejrforhold, måleudstyr og mikrofonplacering forbliver uændrede.

Ved samtidige målinger i to eller flere positioner, med det formål at finde forskellen mellem støjen i disse positioner, er der ligeledes kun forholdsvis små problemer.

Det som komplicerer specifikationen af mikrofonpositioner, er oftest tilstedeværelsen af bygninger og deres beliggenhed i forhold til vejen. Disse problemer behandles nærmere i tillæg A 1 - A 3. Ofte er det tilstrækkeligt at følge de forenklede procedurer der er nævnt i det følgende.

Hvis der ikke kræves bestemte mikrofonhøjder, anbefales det at anvende en eller flere af højderne 2, 4 og 6 meter, over jorden (se også afsnit 7.3).

"Frit-felt-støj". Vej og mikrofonposition i fladt og åbent terræn.

Afstanden fra mikrofonen til reflekterende overflader, bortset fra terrænoverfladen, skal være mindst den dobbelte af afstanden mellem mikrofonen og den dominerende del af støjekilden. Der kan gøres undtagelser ved små reflekterende overflader, og i øvrigt når det kan påvises, at refleksionerne kun har ubetydelig virkning (< 0,5 dB). Det er vigtigt at undgå fokuserings-, interferens- og diffraktionsvirkninger, navnlig ved måling af oktavbåndsniveauer. Situationen med en vej i fladt og åbent terræn er særlig nyttig ved udvikling og kontrol af beregningsmodellen, og ved planlægning af den fremtidige anvendelse af områder nær vejen. I sidstnævnte tilfælde skal der lægges 3 dB til de målte værdier for at nå frem til støjen nær uskærmede facader af bygninger, som opføres på den ene side af vejen for at tage højde for refleksionerne fra bygningen selv (se ref. 13).

Ofte har man det tilfælde, hvor der på den ene side af vejen er nogle eksisterende bygninger og på den anden side af vejen er åbent terræn, hvor der skal opføres een eller flere nye bygninger. Ved måling i det åbne terræn, i en position tæt foran den kommende facade af de nye bygninger, vil man måle en lyd der er sammensat af den direkte lyd (den egentlige "frit-felt-støj") og den lyd der reflekteres fra facaden af de eksisterende bygninger. Ved måling af den egentlige "frit-felt-støj" (der svarer til de danske grænseværdier for vejtrafikstøj), skal man derfor undgå lokale refleksionsvirkninger, som kan gøre resultaterne ugyldige.

Støjmåling nær bygning

Mikrofonen skal placeres 0,5 meter fra bygningens overflade, og ikke direkte foran et vindue. Afstanden fra mikrofon til

nærmeste hjørne eller tag skal være mindst 2 meter. Muroverfladen skal være plan inden for $\pm 0,3$ meter, og mikrofonen skal placeres således, at man undgår fokuseringsvirkninger, hvis ujævnhederne i muren nærmer sig denne øvre grænse. Vinduerne skal være lukkede, men der kan dog være en lille åbning til mikrofonstativ, eller -ledning.

Hvis denne specifikation følges, vil det målte L_{Aeq} eller L_{Amax} normalt afvige mindre end 1,0 dB fra "frit-felt-støjen + 3 dB" ("frit-felt-støjen" betyder her støjen i samme position, hvis bygningen ikke var der). Hvis denne fejl i L_{Aeq} eller L_{Amax} ikke kan accepteres, eller hvis der kræves tilsvarende lave fejl i oktavbånd, henvises til tillæg A 1 - A 3. Anbefalingerne i tillægget skal ligledes følges, hvis en af betingelserne i det ovenstående ikke kan opfyldes.

6.2 Indendørs målinger.

L_{Aeq} eller L_{Amax} . Der anvendes mindst 3 mikrofonpositioner spredt tilfældigt i rummet. Målt parrallelt med væg og gulv skal afstanden mellem mikrofonpositionerne være større end 0,5 meter. Alternativt kan en mikrofon bevæges kontinuert, således, at dens projektioner på væg og gulv dækker mindst 20% af hver rumdimension i måletidsrummet. I begge tilfælde må ingen af mikrofonerne placeres tættere ved rumoverfladerne end 0,5 meter eller 1 meter fra det dominerende lydtransmissionselement (normalt vinduer eller ventilationsåbninger).

Oktavbåndslidtrykniveauer.

Der anvendes mindst 6 mikrofonpositioner spredt tilfældigt i rummet. Alternativt kan en mikrofon bevæges kontinuert, således, at dens projektioner på væg og gulv dækker mindst 40% af hver rumdimension i måletidsrummet. I begge tilfælde må ingen af mikrofonerne placeres tættere ved rumoverfladerne, end 0,5 meter, eller 1 meter fra det dominerende lydtransmissions-element.

Udregning af gennemsnit.

Det gennemsnitlige L_{eq} for rummet findes ved hjælp af udtrykket:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{N} (10^{0,1 L_{eq1}} + 10^{0,1 L_{eq2}} + \dots + 10^{0,1 L_{eqN}}) \quad (I)$$

hvor N = antallet af mikrofonpositioner, og

$$L_{eq1}, L_{eq2}, \dots, L_{eqN} = L_{eq} \text{ i positionerne } 1, 2, \dots, N.$$

Denne midling skal ske både for måling af L_{Aeq} , L_{Amax} og oktavbåndslidtrykniveauer, når der ikke anvendes bevægelig mikrofon.

L_{Amax} findes som gennemsnittet over rummet af de højeste værdier af L_{Amax} eller oktavbåndslidtrykniveau, registreret i måletidsrummet under anvendelse af tidsvægtning S ("Slow") eller en integrationstid på 1 sekund.

Se også "sammenlignende målinger" i afsnit 7.5.

7. MÅLINGERNE

7.1 Trafikforhold

I måletidsrummet skal passere mindst 500 køretøjer, når der måles L_{Aeq} , L_{Amax} eller oktavbånd. Antallet af køretøjer (tunge køretøjer tælles separat), og det nøjagtige måletidsrum skal registreres. Hastighedsgrænserne på vejen skal noteres, og det anbefales, at der foretages en vurdering af den gennemsnitlige hastighed, f.eks. på grundlag af måling af tiden, det tager tilfældigt udvalgte køretøjer at passere en kendt strækning. Der bør gives oplysning om anvendelsen af pigdæk.

7.2 Vej- og terrænforhold

Vejen skal være tør. Vejen og det omgivende terræn skal være

is- og snefri, og jorden må ikke være frossen eller gennemvædet af ekstraordinært store vandmængder.

7.3 Valg af måletidsrum

Døgnmålinger

L_{Aeq} for hele døgnet fås i almindelighed af

$$L_{eq,24} = 10 \log \frac{1}{24} (\Delta t_d 10^{0,1L_d} + \Delta t_a 10^{0,1L_a} + \Delta t_n 10^{0,1L_n}) \quad (II)$$

hvor L_d , L_a og L_n er L_{Aeq} for henholdsvis dag (tidsinterval Δt_d timer), aften (Δt_a) og nat (Δt_n).

$$\Delta t_d + \Delta t_a + \Delta t_n = 24 \text{ timer}$$

Alternativt kan $L_{eq, 24}$ skønnes ved at bruge formlen

$$L_{eq,24} = L_d - 2 \text{ dB} \quad (III)$$

med en typisk fejl mindre end $\pm 0,5$ dB for de fleste veje.

Målinger om dagen, aftenen eller natten.

Måling af L_{Amax} kan have interesse ved vurdering af søvnforstyrrelser. Det kan normalt antages, at den værdi, der findes om dagen, svarer til den, der findes om natten. Hvis man har mistanke om, at værdierne ligger væsentligt fra hinanden, må målingen foretages om natten.

Ved måling af L_{Aeq} skal der, ud over minimumskravet nævnt i afsnit 7.1 til antallet af passerende køretøjer, fastlægges et mindste obs.tidsrum,¹⁾ så man kan finde "typiske" værdier for L_{Aeq} i dag-, aften eller natperioden.

For at kunne vurdere L_{Aeq} om dagen på en bestemt ugedag indenfor en usikkerhed på ± 1 dB, skal observationstidsrummet,¹⁾ den pågældende dag være mindst 5 timer. Data for trafikken i må-

1) Se definition i afsnit 4.5

letidsrummet¹⁾ kan bruges til at kontrollere, om trafikforholdene er typiske for stedet, f.eks. sammenlignet med gennemsnittet på årsbasis.

Ved måling af L_{Aeq} om aftenen (f.eks. kl. 18.00 - 22.00) skal observationstidsrummet¹⁾ tilsvarende være samtlige 4 timer.

Ved måling af L_{Aeq} om natten (f.eks. kl. 22.00 - 06.00) skal observationstidsrummet¹⁾ være samtlige 8 timer.

For at opfylde kriterierne i afsnit 7.1 kan det være nødvendigt at fortsætte målingerne en anden dag.

Som alternativ til de ovennævnte langtidsmålinger, kan nedenstående forenkledte fremgangsmåde anvendes, hvis de gennemsnitlige trafikforhold i de krævede tidsrum er kendt:

- Vælg et måletidsrum, som opfylder kriterierne i 7.1 og 7.2.
- Noter antallet af forbikørende lette og tunge køretøjer og deres gennemsnitlige hastighed,
- Sammenlign de målte trafikforhold med de kendte gennemsnitlige trafikforhold, og om fornødent
- Korriger de målte værdier for L_{Aeq} ved hjælp af "Beregningsmodel for vejtrafikstøj".

7.4 Atmosfæriske forhold

Der er ikke behov for andre end de ovenfor givne specifikationer, hvis afstanden mellem vejmidten og mikrofonen er under 30 meter.

De atmosfæriske forhold bliver kritiske ved længere afstande:

Ved målinger i afstande mellem 30 og 100 meter, hvor en eventuel skærmvirkning er mindre end ca. 10 dB, skal vindforholdene være således, at der er en vindhastighedskomponent i retningen

1) Se definition i afsnit 4.5.

fra vejen mod målepositionen. Vindhastigheden skal være større end 2 m/s i en højde på 10 meter over jorden. Denne betingelse opfyldes normalt, når vindhastigheden 2 meter over jorden er over 1 m/s.

Ved målinger i afstande større end 100 meter skal vindforholdene være de samme som ved 30 - 100 meter, bortset fra, at der er en øvre grænse for vindhastigheden på 5 m/s målt 2 meter over jorden, og at der yderligere skal være tæt skydække under målingen.

Mikrofonen skal placeres mindst 4 meter over jorden på målestedet, og resultaterne betragtes som gyldige for denne og lavere højder.¹⁾

7.5 Sammenlignende målinger

Det nødvendige måletidsrum er det samme for indendørs og udendørs målinger. Men hvis man kender den udendørs støj, kan den indendørs støj mere enkelt bestemmes ved brug af 2 mikrofoner og et relativt kort måletidsrum. En af mikrofonerne skal da opstilles på en udendørs position med kendt støj, og den anden skal opstilles successivt på hver af de 3 (eller 6) indendørs positioner, der er angivet i 6.2.

I måletidsrummet for hvert sæt af mikrofonpositioner skal passere mindst 10 køretøjer ved måling af L_{Aeq} eller L_{Amax} og 20 ved oktavbåndsmålinger. Hvis der indendørs benyttes en bevægelig mikrofon, skal der i måletidsrummet passere mindst 30 køretøjer ved måling af L_{Aeq} eller L_{Amax} og 60 køretøjer ved oktavbåndsmålinger. Den gennemsnitlige forskel (i tid og sted) som

1) I visse tilfælde, f.eks. ved undersøgelse af de lokale virkninger af støjafskærmning nær en bygning, kan det naturligvis være ønskeligt at anvende lavere mikrofonhøjder.

således opnås mellem udendørs og indendørs støj, trækkes fra den kendte udendørs støj for at nå frem til støjen indendørs.

En lignende fremgangsmåde (med hensyn til antallet af køretøjer) kan anvendes, hvis den udendørs støj i en position kendes, og man ønsker at kende støjen i en anden udendørs position. I så fald skal de 2 målepositioner ligge mindre end 30 meter fra hinanden, og der skal være en forskel i anslået skærmvirkning på mindre end 10 dB.

7.6 Baggrundsstøj

Målingerne kan kortvarigt afbrydes for at undgå påvirkning fra kraftig baggrundsstøj (f.eks. fra fly, tog, ambulancer med sirene). Det samlede gyldige måletidsrum skal opfylde de ovenfor nævnte kriterier. Baggrundsstøjniveauet, herunder fra egenstøj i instrumenterne, skal være mindst 10 dB under det endelige måleresultat: L_{Aeq} fra vejtrafikstøjen. Hvis man kun ønsker at bestemme L_{Amax} , skal baggrundsstøjniveauet, når L_{Amax} forekommer, ligge mindst 10 dB under L_{Amax} . Disse krav skal opfyldes, både ved måling af L_{Aeq} og L_{Amax} samt ved oktavbåndsmålinger. Støj genereret af vind omkring mikrofonen skal kontrolleres, for at sikre, at denne støjkilde ikke påvirker måleresultatet, Dette er navnlig kritisk ved vindhastigheder over 5-6 m/s.

8. RESULTATERNE

8.1 Resultaternes nøjagtighed

Resultaternes nøjagtighed afhænger i nogen grad af måleudstyret, men ved forskriftsmæssig anvendelse af det præcisionsudstyr, der findes, er det ikke noget problem at holde denne nøjagtighed inden for ca. $\pm 1 - 1,5$ dB, selv med relativt komplicerede målekæder. Dette tal kan dog let fordobles, hvis instrumenterne ikke vedligeholdes, kalibreres eller bruges

omhyggeligt. Med de anvisninger på mikrofonplacering, der er givet i 6.1 og tillæg A 1 - A 3, kan fejl, som følge af indflydelsen af refleksioner m.v. normalt begrænses til under ca. ± 1 dB. Ved indendørs målinger kan der forventes rumafhængige virkninger af størrelsesordenen 2-3 dB - navnlig ved måling af de lavere frekvenser. Unøjagtigheder i L_{Aeq} som følge af variationer i kildestøjen, reduceres til ca. $\pm 0,5$ dB, når anvisningerne i afsnit 7.1. følges.

Virkningerne af de atmosfæriske forhold vokser med afstanden fra kilden. De krav, der er angivet at skulle være opfyldt for at de atmosfæriske forhold, skønnes i afstande på op til 500 meter at mindske virkningen af denne faktor til under ca. ± 3 dB - bortset fra tilfælde med meget stor skærmvirkning. Dette betyder, at man, hvis man er tilstrækkelig opmærksom på de mulige fejkilder, kan opnå resultater af måling af L_{Aeq} udendørs, der ligger indenfor ± 3 dB omkring den "sande værdi", når mikrofonpositionen ligger nær vejen. Ved gentagne målinger i samme position med samme udstyr er det muligt at reducere dette interval til $\pm 1 - 2$ dB.

8.2 Rapportering af resultaterne

Måledokumentationen skal som et minimum give følgende oplysninger:

- en plan over målestedet, med vej, målepositioner og omgivende terræn, bevoksning og bebyggelse,
- et snit med angivelse af mikrofonpositioner i forhold til vejen, terrænet, bygninger, reflekterende flader o.s.v.,
- beskrivelse eller tegning af indendørs mikrofonpositioner, rumdimensioner, materialer og møbler, vinduer, ventilationsåbninger, facadekonstruktion, og andre faktorer, som kan påvirke den indendørs støj væsentligt.

Nogle af disse oplysninger kan gives i form af tydelige fotografier.

- det anvendte måle- og analyseudstyr, type, fabrikat og model. Kort beskrivelse af eventuel sampling-metode, analog til digital omsætning, databehandlingsprogrammel, o.s.v.
- fremgangsmåde ved kalibrering,
- måle- og observationstidsrum, ugedag og dato,
- atmosfæriske forhold, vindhastighed og -retning, samt temperatur, målt 2 eller 10 meter over jorden mellem vejen og målepositionerne,
- trafikforhold. Trafikintensitet. Andel tunge og lette køretøjer i måletidsrummet, hastighedsgrænser, og - om muligt - en vurdering af gennemsnitshastigheden, baseret på hastigheden af tilfældigt udvalgte køretøjer. Anslået andel af køretøjer med pigdæk, fordelt på tunge og lette køretøjer. Trafik-"rytme": - med standsninger og starter eller jævnt flydende?
- vejforhold, vejbelægningstype og vedligeholdelsestilstand. Stigning, antal vognbaner. Trafiklys eller andre former for trafikregulering?
- baggrundsstøj, beskrivelse, tidsvariation, L_{Aeq} og spektrum (i hvert fald for oktavbåndsmålinger),
- den målte støj,
- navn og adresse på den organisation, som har udført målingerne.

Tillæg A 1 - A 3.

Supplerende anbefalinger vedrørende valg af mikrofonposition nær bygninger.

A 1. Mikrofon nær reflekterende flade ("ukorrelerede refleksioner")

Målinger i det område, hvor den direkte og den reflekterede lyd er omtrent ukorreleret, og hvor intensiteten af de to lydfelter omtrent den samme. Afstanden fra mikrofonen (M) til den reflekterende flade, målt langs en linie vinkelret mod den reflekterende flade, kaldes d . Afstanden mellem denne linies skæringspunkt med fladen, og de nærmeste kanter af den reflekterende flade kaldes b (målt vandret) og c (målt lodret). For at undgå kantvirkninger i det i afsnit 5 angivne frekvensområde skal vilkårene (1) være opfyldt.

$$b \geq 4d \quad \text{og} \quad c \geq 2d \quad (1)$$

Hvis disse første vilkår ikke kan opfyldes, se afsnit A 3.

Liniekilde

Måling af L_{Aeq} , når mere end 60° af vejen er synlig fra mikrofonpositionen, d.v.s. $\alpha > 60^\circ$ i fig. 1. Position O kan anses for repræsentativ for mikrofonpositionen ved bestemmelsen af vinklen α . a' og d' måles langs vinklens halveringslinie. M' er det punkt på vinkelhalveringslinien, som ligger i en vinkelret afstand, d , fra den reflekterende flade.

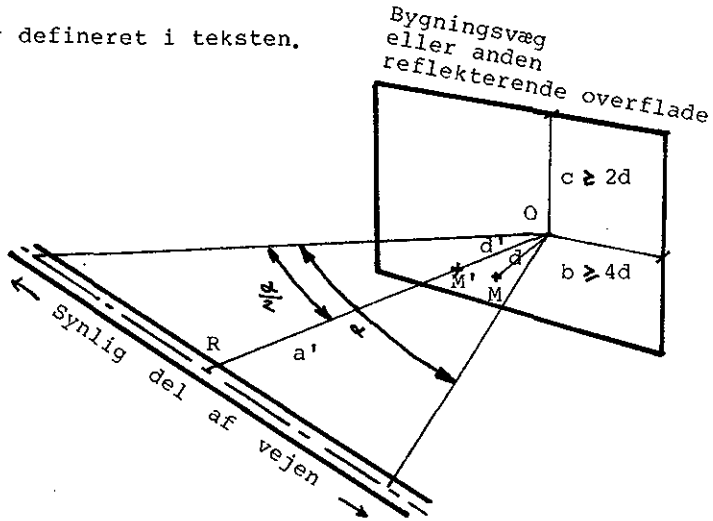
Figur 1.

M_0 er den vinkelrette afstand fra mikrofonpositionen til den reflekterende flade. R_0 er vinkelhalveringslinien for vinklen, α .

$$a' = RM'$$

$$d' = M'O$$

M' er defineret i teksten.



Vilkår (2) for mikrofonpositionen skal sikre, at den reflekterende og den direkte lyd har omtrent samme lydtrykniveau (summen svarer til lydtrykniveauet af den direkte lyd + mellem 2,5 og 3 dB):

$$d' \leq 0,1 a'$$

(2)¹⁾

1) Se fodnote side 22

Vilkårene (3) og (4) skal sikre, at korrelationen mellem den direkte og den reflekterende lyd er ubetydelig (summen af lydtrykniveauerne af den direkte og den reflekterede lyd svarer til lydtryksniveauet af den direkte lyd + 3 dB, med en fejl på mindre end ca. $\pm 0,5$ dB).

Ved måling af L_{Aeq} og L_{Amax} skal $d' \geq 0,5$ m (3)¹⁾

eller når der ønskes oktavbåndsresultater: $d' \geq 1,6$ m (4)¹⁾

Punktkilde. Måling af L_{Aeq} , når mindre end 60° af vejen er synlig fra position O, og ved alle målinger af L_{max} .

Vilkårene svarer til de ovennævnte. Nøjagtighed ca. $\pm 0,5$ dB.

$d' \leq 0,05 a'$ (5)¹⁾

sikrer omtrent samme lydtrykniveau af direkte og reflekteret lyd.

For at sikre ubetydelig korrelation skal $d' \geq 1,0$ m (6)¹⁾
ved måling af L_{Aeq} og L_{Amax} , og

$d' \geq 5,4$ m (7)¹⁾

ved oktavbåndsmålinger.

1) I smalle gader kan det være vanskeligt at opfylde alle vilkårene (2), (3) og (4). Såfremt kravet til målenøjagtigheden reduceres til ± 1 dB, kan disse vilkår ændres til:

$d' \leq 0,2 a'$ (2a)

$d' \geq 0,3$ m (3a)

$d' \geq 1,1$ m (4a)

Tilsvarende for vilkårene (5), (6) og (7):

$d' \leq 0,1 a'$ (5a)

$d' \geq 0,5$ m (6a)

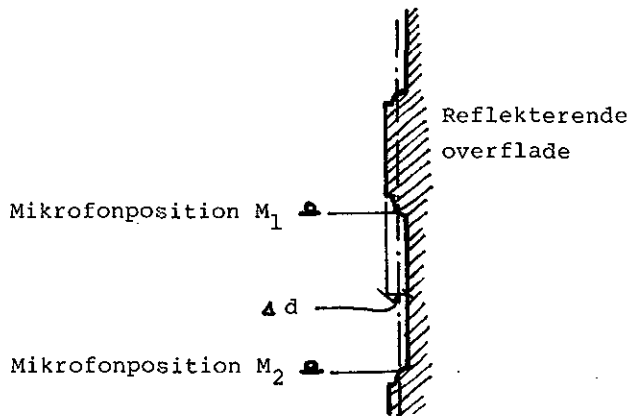
$d' \geq 2,7$ m (7a)

Ujævn reflekterende flade

Når den reflekterende flade er ujævn, kan afstanden d og d' måles fra fladens geometriske gennemsnitsbeliggenhed. Mikrofonen skal om muligt placeres på en position, hvor den faktiske flade skærer dette gennemsnit (fig. 2). Δd må ikke være større end 1,0 meter ved måling af L_{Aeq} og L_{Amax} og ikke større end 0,08 meter ved oktavbåndsmålinger.

Man bør undgå at opstille mikrofoner ud for vinduer, og på steder, hvor der kan fremkomme gentagne refleksioner, fokusering eller resonans. Dette er navnlig vigtigt, når der skal registreres oktavbåndsværdier for en punktkilde.

Figur 2.



A 2. Mikrofon på reflekterende flade ("stærkt korrelerede refleksioner")

Punkt-og liniekilde, L_{Aeq} og L_{Amax} .

Denne mikrofonplacering bør kun anvendes, når fladen er fast og plan inden for $\pm 0,05$ meter. Man bør undgå refleksioner fra ujævnheder i overfladen. Afstanden fra fladens kanter skal være

$$b \geq 1,0 \text{ m} \quad \text{og} \quad c \geq 1,0 \text{ m} \quad (8)$$

Mikrofonen kan monteres som vist i figur 3 eller med mikrofonmembranen i flugt med fladen eller med monteringsfladen. Pladen bør ikke være tykkere end 25 mm og dens sidelængder ikke mindre end $0,5 \times 0,7$ meter. Afstanden fra mikrofonen til pladens kanter og symmetriakser skal være større end 0,1 meter.

Pladen skal være fremstillet af et akustisk hårdt og stift materiale, således at man undgår absorptionsvirkninger, og resonans i det frekvensområde, som har interesse.¹⁾

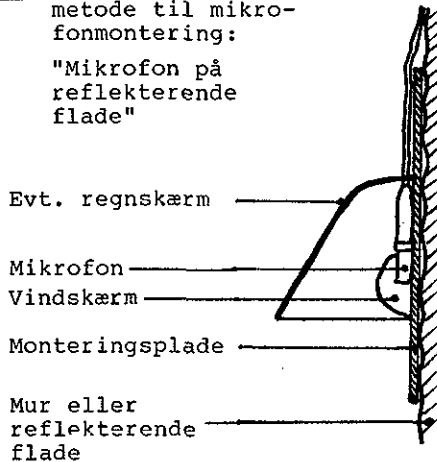
Mikrofonen kan bruges uden plade, hvis muren består af beton, sten eller tilsvarende hårdt materiale. I så fald skal murens overflade være plan indenfor $\pm 0,01$ meter i alle punkter indenfor en radius af 1 meter fra mikrofonen.²⁾ Mikrofonen bør ikke opsættes foran et vindue.

1) F.eks. malet spånplade, med en tykkelse på mere end ca. 19 mm, aluminiumsplade, tykkelse 5 mm og med minimum 3 mm dæmpende materiale på den side, der vender ind mod muren.

2) Ved oktavbåndsmålinger skal anvendes $\frac{1}{2}$ " mikrofon eller mindre.

Resultaterne der opnås ved den fremgangsmåde, der er beskrevet her i afsnit A 2, skal reduceres med 3 dB ved sammenligning med de beregnede værdier eller grænseværdier nær en reflekterende flade, samt når resultaterne anvendes i forbindelse med beregning af støjen indendørs.

FIG. 3 Skitse af mulig metode til mikrofonmontering:
"Mikrofon på reflekterende flade"



A 3. Mikrofonplacering ved måling i komplekse, akustiske omgivelser.

- Især små reflekterende flader i et område med gentagne refleksioner, diffraktion o.s.v.

Mikrofonen kan anbringes, som beskrevet i tillæg A 1 eller A 2, hvis formålet med målingen er, at bestemme støjen i en bestemt position på eller nær en given reflekterende flade, (f.eks. ud for et soveværelse eller en veranda). Der kan under tiden ses bort fra begrænsningen i vilkår (1) i A 1, hvis støjmålingen ikke skal karakterisere forholdene i et større område eller ved en hel bygning. Hvis der skal foretages målinger for at bestemme en støj, som er repræsentativ for flere positioner eller bygninger i komplekse omgivelser, skal man sørge for at undgå virkningerne af lokale refleksioner, skærme eller kanter. Selv da skal man være opmærksom på, at resultaterne kan være unøjagtige, og man får lettest en bedre vurdering ved at gentage målingerne på flere positioner i området. Herved får man et indtryk af resultaternes nøjagtighed, og der kan beregnes et gennemsnit for området. Se også "sammenlignende målinger" i afsnit 7.5.

Liniekildens længde

Ved vurdering af α , d' og a' skal bemærkes, at "liniekildens" effektive længde kan blive større, som følge af refleksioner. Tilsvarende gælder, når dele af vejen bidrager til støjen uden at være synlige fra mikrofonen. Hvis der er tvivl om kildens effektive længde, bør vilkårene for en "punktkilde" anvendes.

YDERLIGERE REFERENCER

- (11) S. Lindblad et al.
Rekommandationer för mikrofonplacering vid mätning av buller-
immission från vägtrafik. Med bilag, 1977, Lund.
Sponsor: NORDTEST og NORDISK MINISTERRÅD.
- (12) S.A. Storeheier.
Måling av støyimmissjon fra vegtrafikk. Akustisk Lab.
STF44 A78025, 1978, Trondheim.
Sponsor: NORDISK MINISTERRÅD.
- (13) S.-I. Thomasson.
Inverkan av refleksjon från ändlig fasad. Univ. i Lund.
TVBA-3002, 1979 Lund.
Sponsor: STATENS NATURVÅRDSVERK, Sverige
- (14) S. Lindblad.
Reproducerbarhed vid mätning av trafikbuller inomhus.
Univ. i Lund U79-1 og U79-3, 1977 Lund.
Sponsor: NORDISK MINISTERRÅD.
- (15) K. Nordmark, T.A. Ognedal.
Målemetoder for lydisolasjon i vinduer.
Hovedopgave 1978. Univ. i Trondheim.