

Metod för immissionsmätning av externt industribuller

REMISSVERSION

Rapport 5417

NATURVÅRDSVERKET

Beställningar

Ordertelefon 08-505 933 40

Orderfax 08-505 933 99

E-post: natur@cm.se

Postadress: CM-Gruppen, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: www.naturvardsverket/bokhandeln

Naturvårdsverket

Tel 08-698 10 00, fax 08-20 29 25

E-post: natur@naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN

ISNN

Tryck

Förord

Mätmetoden är konstruerad för att täcka de vanligast förekommande fallen, och har anpassats så att mätningarna skall kunna ge vägledning som stöd för tillämpning av Naturvårdsverkets Allmänna Råd. Metoden gör alltså inte anspråk på att vara fullständig, men under givna förutsättningar kan man räkna med god precision. Erfarenheter från tillämpningen bör så småningom kunna skapa ett underlag för korrigeringar och kompletteringar.

Stockholm 2005

Naturvårdsverket

REMISSVERSION

Innehållsförteckning

Förord	1
Innehållsförteckning	4
1 Inledning	5
2 Omfattning och tillämpning	6
3 Mätutrustning	7
Specifikationer	7
Kalibrering	7
4 Mätpunkter	8
Val av mätpunkt	8
Vid de fall där bullerproblemen bedöms som ringa kan	8
Mätningarna utförs med en mikrofonhöjd på 1,2-2,0 m	8
Frifältsmätning (+0 dB-mätning)	8
+3 dB-mätning	9
+6 dB-mätning	9
5 Krav på mätbetingelser	10
6 Tidsintervall vid ekvivalentnivåmätning	12
7 Mätning av högsta ljudnivå LAF,max	14
8 Mätförfarande	15
9 Bakgrundsljudnivå	17
10 Impuls ljud och hörbara tonkomponenter	19

Appendix

Definitioner	Appendix 1
Symbolista	Appendix 2
Enklare mätförfaranden	Appendix 3
Mätpunkter utomhus	Appendix 4
Val av mät intervall	Appendix 5
Bestämning av meteorologiska parametrar	Appendix 6
Uppskattning av osäkerhet	Appendix 7
Korrigerings med avseende på bakgrundnivå	Appendix 8
Beskrivning – protokoll – rapportering	Appendix 9

1 Inledning

Bullermätningar företas dels för kontroll av att uppställda villkor följs, dels för att utreda den situation som råder vid en befintlig eller planerad anläggning.

Framtagandet av denna mätmetod drevs ursprungligen som ett gemensamt nordiskt projekt genom NORDFORSK:s regi. I denna utgåva har metoden uppdaterats och moderniserats.

Mätmetoden följer i stort den uppställning och det innehåll som anges i den nya standarden ISO 1996: "Acoustics – Description, measurement and assessment of Environmental Noise. Part 1: Basic Quantities and Assessment Procedures" samt i standarden DRAFT ISO 1996: "Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 2: Determination of environmental noise levels.. Föreliggande mätmetod innehåller mer information kring immissionsmätningar av externt industribuller än de ramar som anges i DRAFT ISO 1996. I förhållande till DRAFT ISO 1996 har mätmetoden en något annorlunda kapitelindelning med avsikt att anpassa mätmetoden till genomförande av mätningar.

Rapporten som beskriver immisionsmätning av externt industribuller är framtagen av Ingemansson Technology AB och är inte att betrakta som ett Allmänt Råd.

2 Omfattning och tillämpning

Mätmetoden innehåller ej bedömningsgrunder eller tillämpningsanvisningar för externt industribuller. Där hänvisas till Naturvårdsverket Allmänna Råd

I Appendix 7 finns angivet hur osäkerhetsbedömning enligt DRAFT ISO 1996-2 kan genomföras.

Mätmetoden behandlar mätning av externt industribuller samt andra verksamheter som exempelvis motorsportbanor, bergtäkter och hamnar med avseende på inverkan parametrar, feltoleranser mm.

I metoden beskrivs även översiktligt emissionsmätningar av bullerkällor och beräkningar av bullernivåer utgående från emissionmätningarna.

REMISSVERSION

3 Mätutrustning

Mätsystem

Använda mätsystem skall uppfylla kraven för typ 1 instrument som finns angivna i IEC 61672-1. Ett vindskydd skall alltid användas vid utomhusmätningar.

Vid oktav- och tersbandsmätningar skall mätsystemen uppfylla kraven i IEC 61260.

Kalibrering

Direkt före och efter varje mätserie kontrolleras kalibreringen av hela mätsystemet vid med en klass 1 kalibrator. Kalibratörn skall uppfylla kraven i IEC 61260.

Kalibratörn kontrolleras i enlighet med kraven i IEC 60942 och mätsystemet i enlighet med kraven i IEC 61672-1 minst en gång vartannat år med spårbarhet till internationell eller nationell standard.

I fält ska användaren utföra en kalibrering av ljudnivåmätaren vid åtminstone en frekvens före och efter varje mättillfälle. Kalibratörn ska kontrolleras minst en gång per år.

4 Mätpunkter

Val av mätpunkt

Vid mätning, t ex vid kontroll av utförda åtgärder, skall mätningarna utföras och redovisas i överensstämmelse med de mätbetingelser som beskrivs i kapitel 5. I redovisningen ska klart framgå vilka mätpunkter som uppfyller mätbetingelserna vid aktuell mättag.

Ett enklare mätförfarande när bullerproblemen bedöms vara ringa beskrivs i Appendix 3. Osäkerheten i mätvärdet blir dock större än om de specificerade mätbetingelserna enligt kapitel 5 uppfylls.

Generellt utförs mätningarna med en mikrofonhöjd på $1,5 \text{ m} \pm 0,3 \text{ m}$ över markytan. Mätpunkternas läge i förhållande till ljudkälla och ljudreflekterande ytor medför att uppmätt ljudnivå antingen kan vara frifältsvärde (+0 dB-mätning) eller ett värde påverkat av reflex från exempelvis fasad (+6 dB-mätning) (se Appendix 4). Mätpunkternas läge skall anges i mätprotokoll (se Appendix 10).

Ju lägre mikrofonhöjd ju större känslighet för variation i väderleken. En lägre position kommer generellt sett att ge lägre värden än en högre position. Till exempel kommer en position på 1,8 m att ge ca 1 dB högre L_{Aeq} -värde än en position på 1,2 m. Därför rekommenderas inte användandet av toleransen vid den låga positionen.

Frifältsmätning (+0 dB-mätning)

Som frifältsmätning (+0 dB-mätning) betraktas mätning där resultatet inte påverkas av reflexer eller mätning där reflexer från hus mm kan passera på sidan om mätpunkten enligt enkelt strålreflektionsförfarande. Till denna typ räknas även mätning där reflekterat ljud från en fasad eller annan reflekterande yta minskat tillräckligt jämfört med direkt ljud. Mätpunktens avstånd till fasad eller annan reflekterande yta skall vara minst lika långt som avståndet till industrin. Den reflekterande ytan betraktas i detta sammanhang som oändligt stor och industrin betraktas som punktkälla (se Appendix 4). Avstånden är i förhållande till ljudkällans akustiska centrum. Vid mindre fasader, exempelvis villafasad 48 m^2 , kan man betrakta mätpunkten som frifältsmätning om avståndet till fasaden är större än 60 m.

+3 dB-mätning

Mätning av typen +3 dB ska undvikas på grund av svårigheten att hitta rätt mätomständigheter med avseende på frekvens och geometri. I de fall som denna mätning nyttjats tidigare kan fortlöpande +3dB-mätningar genomföras för att erhålla jämförbara mätresultat.

+6 dB-mätning

Som +6 dB-mätning betraktas mätning tätt intill fasad där förhöjningen av ljudnivån i förhållande till fritt fält är 6 dB.

För att A-vägda värden skall få reduceras med 6 dB skall avståndet från fasad eller platta till mikrofonens mittpunkt vara max 0,015 m. Vid oktavbandsmätning skall avståndet vara mindre än $17/f_c$ (m).

Fasaden (ytan) skall vara plan och totalt ljudreflekterande (hård). Är inte ytan jämn bör en liten platta, $0.5 \times 0.7 \text{ m}^2$ och en tjocklek av min 12 mm, användas vid vilken mikrofonen fästes. Plattan skall vara gjord av ett hårt material som t ex plywood eller spånskiva. Mikrofonen bör dock ej placeras i symmetripunkt.

Fasaden (ytan) skall ha en minsta storlek på $4 \times 8 \text{ m}^2$. Mikrofonen skall placeras minst 1 m från hörn. Vinkeln mellan normalen och infallande "våg" skall vara mindre än 60° .

Mätvärden påverkade av +6 dB-reflektion får före jämförelse med riktvärde/tabellvärde minskas med 6 dBA.

5 Krav på mätbetingelser

Allmänt

Det är viktigt att mätinstrumenten med tillbehör, mätproceduren och omständigheterna som råder under mätningarna är noga protokollförda och dokumenterade (se även Appendix 10). Hänvisning till tillämplig standard skall också anges.

Om möjligt skall mätsignalen lagras för eventuell vidare analys, kontroll och dokumentation.

Obevakade mätningar kan göras för att erhålla underlag för variationen i ljudnivå i speciella punkter eller som komplement till andra bevakade mätningar.

Mätbetingelser

Väderförhållanden skall vara representativa för betraktad bullersituation. Markytan bör inte vara täckt av snö eller is. Om mätning under sådana förhållanden sker ska det noteras i mät rapporten som en avvikelse från metoden. Barmark med tjäle kan ge förhöjda ljudnivåer, medan ett tjock snötäcke brukar ge lägre ljudnivåer. Mätningarna bör utföras vid medvind. På grund av den stora mätonogrannheten vid mätningar i motvind är sådana betingelser inte lämpliga för externbullermätningar med korta tidsintervall. Mätning i motvind kan också ge mycket för låga ljudnivåer på grund av ljudskugga som uppstår då ljudvågorna böjs upp mot himlen.

Ljudtrycksnivån varierar med väderförhållandet. Det är framför allt vind- och temperaturgradienterna som påverkar. För att mer exakt kartlägga ljudutbredningsförhållanden utförs vind- och temperaturmätningar.

- Mätningarna skall utföras vid en medvindriktning (för ett 10-minuters intervall) från industrin mot mätplatsen (medvind)
- Medelvindriktningen från dominerande bullerkälla (för ett 10-minuters intervall) skall vara inom en sektor ± 45 i förhållande till linjen källa - mottagare
- Medelvindhastigheten bör vara mindre än 5 m/s, mätt på 10 m höjd
- Mätningar vid medelvindhastigheter 2-5 m/s bör utföras vid små temperaturgradienter (-0,05 till 0,05 °C/m uppmätt med temperaturgivare placerade på 0,5 och 10,0 m)

- Vid medelvindhastigheter mindre än 2 m/s, mätt på 10 m höjd eller vindstilla bör mätningarna utföras vid små positiva temperaturgradienter (-0,00 men högst 0,05 °C/m uppmätt med temperaturgivare placerade på 0,5 och 10,0 m).

Vad avser bestämning av meteorologiska parametrar, se kapitel 8, Mätning/registrering av meteorologiska parametrar.

Mätning enligt ovan specificerade meteorologiska betingelser kan utföras vid samtliga avstånd som normalt förekommer i externt industribullersammanhang. Vindhastighetens inverkan på vindbruset, se kapitel 9.

Vid kort avstånd källa - mätpunkt, mindre än 25 m, behöver kravet på meteorologiska betingelser (vindriktning, vindhastighet, temperaturgradient) ej uppfyllas, se dock kapitel 9, Vindbrus.

För avstånd källa - mätpunkt på 25-200 m kan en bestämning av de meteorologiska parametrarna utföras på 2 m höjd över mark, se vidare kapitel 8, Mätning/registrering av meteorologiska parametrar.

REMISSVERSIO

6 Tidsintervall vid ekvivalentnivåmätning

Inledning

Mätningen skall utföras så att alla signifikanta variationer i ljudstrålning och ljudutbredning beaktas och att ekvivalentnivån L_{Aeq} för referenstidsintervallet (T_R) kan bestämmas. T_R är uppdelat i ett antal mättidsintervall (T_S). Om verksamhet förekommer endast under en del av referenstiden, verksamhetstidsintervall (T_V), bör L_{Aeq} bestämmas även för T_V . Definition av olika tidsintervall anges i Appendix 1.

Om verksamheten har ett antal beskrivbara drifttillstånd bör detta faktum utnyttjas så att L_{Aeq} bestäms för varje sådant tillstånd. Fördelen med detta är att L_{Aeq} för T_R respektive T_V kan bestämmas med driftstatistik som grund och att dessutom varje drifttillstånds L_{Aeq} blir observerad och registrerad. Vidare blir, under förutsättning att driftstatistiken är känd med relativt god noggrannhet, bestämningen av L_{Aeq} för T_R respektive T_V därigenom mindre osäker.

Bestämning av drifttillstånd och drifttidsintervall

En noggrann studie av källan (industrin) - som innebär en bestämning av industrins driftförhållanden, variation i ljudnivå, dominanta källor etc - bör alltid föregå en mätning. En sådan studie bör således bli en del av information om industrins och olika delverksamheters drifttidsintervall.

För att finna ett lämpligt mättidsintervall kan det vara nödvändigt att undersöka relativt långa tidsperioder under vilka övervakningsmätningar genomförs.

Variationer inom tillståndet kan vara cykliska med en viss period eller slumpmässiga. Uppgifter om arten av variationer och om dessa är snabba eller långsamma skall utnyttjas vid uppläggning av mätningen.

Mätning för definierade drifttillstånd baseras på drifttidsintervall (T_D). Exakt tidsschema för de olika tillståndens (delverksamheternas) respektive T_D bestäms så att val av mättidsintervall kan göras.

För bestämning (omräkning) av L_{Aeq} för T_D , T_R respektive T_V behövs statistik över olika tillstånds förekomst inom de olika tidsintervallen.

Bestämning av de olika drifttillståndens ekvivalentnivå, L_{AeqD} , sker genom mätförfarandet enligt nedan.

Mätning

Den tid som mätning sker, för bestämning av L_{Aeq} , kallas mättidsintervall (T_S). Mätningarna skall leda till en bestämning av L_{Aeq} för T_R .

Mättiden T_S för en konstant källa bör vara minst 10 minuter.

Vid de fall där det är svårt att bestämma representativa 10-minuters perioder (T_S) eller då det är lämpligare väljs mättiden lika med T_D eller T_R .

För samma driftförhållande vid drifttidsintervall längre än eller lika med tre timmar skall minst tre 10-minuters-mätningar utföras. Oberoende av driftförhållandena under T_R skall dock alltid minst 5 mätningar för dag och 3 mätningar för kväll respektive natt utföras om verksamhet pågår under denna tid.

För att få statistiskt oberoende L_{Aeq} -observationer görs pauser och 10-minutersmätningar upprepas med minst en timmes mellanrum för ett visst drifttillstånd.

Mätningarna utförs under de meteorologiska betingelser som anges i kapitel 5.

Den ljudnivå som erhålles för det specifika antalet 10-minutersintervall enligt ovan utgör den ekvivalenta ljudnivån för det mätta drifttillståndet (L_{AeqD}). Moderna instrument kan ställas in för att motsvara olika mättidsintervall. Omräkning till L_{Aeq} för T_R eller T_V kan göras enligt Appendix 5.

Hur mätning i komplicerade driftsituationer sker framgår av Appendix 5.

För att studera trender under längre perioder kan långtidsregistreringar av bullernivån genomföras. Dessa görs som obevakade mätningar där L_{Aeq} och $L_{A,max}$ registreras samtidigt med de meteorologiska betingelserna. Denna typ av mätningar kan vara praktiska i mätpositioner med få meteorologiska fönster.

7 Mätning av högsta ljudnivå

$L_{AF, \max}$

När det gäller fastställande av högsta ljudnivå behöver detta endast ske när misstanke föreligger om att vissa delkällor under korta perioder (nattetid) kan förorsaka höga ljudnivåer. Den studie av industrins drifttillstånd som alltid bör göras enligt kapitel 6 jämte observationer på mätplatsen beträffande dominanta ljudkällor bör ge underlag för att fastställa behovet av att registrera maximala ljudnivåer ($L_{AF, \max}$). Hur mätning av $L_{AF, \max}$ skall göras anges i kapitel 8, Registrering av ljudnivå. Det är viktigt att tillse att mätperioden visar de driftsfall under vilka industrin alstrar mest buller. Detta innefattar även maxnivåer från interna och externa transporter kopplade till industrin.

REMISSVERSION

8 Mätförfarande

Vid mätningarna mäts dels meteorologiska parametrar och dels ljudnivå.

Mätning/registrering av meteorologiska parametrar

Väsentligt är att de meteorologiska parametrarna bestäms under samma tid och förhållanden som ljudnivå-mätningarna utförs.

Vindhastighet och vindhastighetsgradient

Vindhastigheten bestäms på en representativ plats mellan källan (industrin) och immissionspunkten eller vid immissionspunkten. Vindhastigheten registreras som ett medelvärde under 10 minuter på 10 m höjd.

En förenklad metod för att uppskatta de meteorologiska förhållandena genom mätning av vindhastighet och vindriktning på en höjd samt visuell observation av molnmängd, molnhöjd och solhöjd beskrivs i Appendix 6.

Vindriktning

Vindriktningen mäts på representativ plats mellan immissionspunkt och källan (industrin) eller vid immissionspunkten.

Vindriktningen mäts på valfri höjd mellan 1,5 och 10 m som ett medelvärde under 10 minuter (inom mättidsintervallet för ljudnivåmätning).

Temperaturgradient

Temperaturgradientmätningar görs med minst två temperaturgivare placerade inom höjdintervallet 0,5 m och 10 m. Ju mindre avstånd som väljs mellan temperaturgivarna desto större noggrannhet måste krävas av mätutrustningen. (De under mätbetingelserna i kapitel 5, Mätbetingelser, angivna intervallen för temperaturgradienter hänför sig till temperaturgivare placerade på 0,5 m och 10 m höjd).

En förenklad metod för att uppskatta de meteorologiska förhållandena genom mätning av vindhastighet och vindriktning på en höjd samt visuell observation av molnmängd, molnhöjd och solhöjd beskrivs i Appendix 6.

Luftabsorption

För bestämmande av luftabsorption mäts lufttemperatur, relativ luftfuktighet och lufttryck. För avstånd under 1000 m behöver lufttrycket ej mätas. Parametrarna avläses 1 gång per timme, såsom momentana avläsningar på 1,5 m höjd. (Se även Appendix 6.)

För svenska normalförhållanden finns framtaget data för 6 stationer där ett medelvärde för ljudabsorptionen i dB/km (95-percentil) för oktavbanden 63 till 8000 Hz. Dessa anges i appendix 6 och kan nyttjas då lokala observationsserier under längre tid saknas.

Registrering av ljudnivå

Varje driftförhållande (drifttidsintervall) skall redovisas enligt kapitel 6. De olika drifttidsintervallen enligt kapitel 6 avser för respektive källa ett tidsintervall med relativt konstant ljudnivå under drifttillståndet. Om det visar sig att L_{Aeq} varierar mer än 5 dB mellan de olika mätningarna ($T_S = 10$ min) för ett drifttillstånd bör en ny indelning väljas för driftförhållandet/drifttillståndet.

Mättiden (T_S) kan vara 10 minuter eller hela drifttidsintervallet eller referenstidsintervallet enligt kapitel 6.

Vid mätningen skall integrerande ljudnivåmätare användas och det bör klart framgå i protokollet vilka instrument som har använts.

$L_{AF, max}$

$L_{AF, max}$ skall anges i dBA med tidsdämpning "FAST", F. 5 st mätningar med minst 2 minuters mellanrum utförs och ett medelvärde av registreringarna anges.

Lågfrekvent ljud

Lågfrekvent ljud < 200Hz mäts i fritt fält eller som +6 dB mätning.

Frekvensmätningar

I de fall en frekvensuppdelning är av intresse, t ex för kommande beräkningar, görs mätningar i oktavband mellan 63 och 8 000 Hz. (Frekvensmätningar skall också göras vid misstanke om rena toner).

Övrigt

Vid mätningarna bör observeras hur trafiken på närliggande vägar, närliggande industrier och andra ljudkällor påverkar ljudnivån, se kapitel 9. Där så är möjligt bör jämförande mätningar göras då den aktuella anläggningen ej är i drift. Mät- och analysinstrument bör mätinstrumentet stå under sådan uppsikt att eventuell inverkan av andra källor kan uppskattas. Eventuellt kan inspelning göras på band för efterföljande kontroll.

9 Bakgrundsljudnivå

Inledning

Vid mätningarna bör ljudnivån från andra källor, bakgrundsljudnivån, understiga ljudnivån från aktuell källa (industrin) med 10 dB.

Önskvärt är att mäta ljudnivån från en industri vid de tider då bakgrundsljudets inverkan på mätresultatet är litet. (Detta är dock beroende på driftförhållandena enligt kapitel 6). Denna situation förekommer oftast på natten då exempelvis trafiken generellt är mindre och vindhastigheten (vindbrus, se nedan) är lägre än på dagen.

Man bör inte använda mätresultat om skillnaden i ljudnivå mellan uppmätt ljudnivå och bakgrundsljudnivån är mindre än 3 dB.

Enligt Appendix 8 kan korrigering av ljudnivån i förhållande till bakgrundsljudnivån utföras.

Vindbrus

Vindhastigheten orsakar ett vindbrus i själva mikrofonen samt i vegetationen. Vid mätning av ljudnivåer under ca 40 dBA bör vindhastigheten i mikrofonhöjd ej överstiga 2 m/s.

Övriga källor

Betydelsen av övriga källor bör uppskattas för att få en total bedömning av industrins ljudnivå i förhållande till ljudnivån från övriga källor i ett område. Övriga källor kan vara andra industrier, flyg- och vägtrafik etc.

Det ideala förhållandet vid bestämning av bakgrundsljudnivån är då aktuell källa (industrin) kan stängas av så att en representativ mätning kan utföras.

Då källan (industrin) ej kan stängas av, kan bakgrundsljudets inverkan uppskattas enligt Appendix 8.

Vid enstaka passager av exempelvis fordon kan mätaren stängas av eller avläsning ej noteras för att undvika bakgrundsljudets påverkan.

I vissa fall, exempelvis vägtrafikbuller, kan även bakgrundsljudnivån beräknas.

I de fall då bakgrundsnivån vid mätpunkten ej ligger 10 dBA under nivån från anläggningen och bakgrundsnivån ej kan fastställas kan mätningar utföras på reducerat avstånd till anläggningen och omräknas till den punkt kontrollen avser, se Appendix 8.

Vid komplicerade förhållanden bör närfältsmätningar av samtliga inverkanse källor göras varefter ljudnivån i kontrollpunkten beräknas. Metoder för bestämning av ljudeffektnivåer finns i EN- ISO 3740-serien. I denna serie är EN-ISO 3740 en guide till vilka standarder som är tillämpliga.

REMISSVERSION

10 Impulsljud och hörbara tonkomponenter

Impulsartat ljud

Ljudet är impulsartat om det ofta innehåller tydligt hörbara impulser eller klart urskiljbara nivåändringar. Den som utför mätningarna avgör på platsen om ljudet innehåller ofta återkommande impulser.

En objektiv metod för att säkerställa om impulsartat ljud förekommer finns framtaget i Nordtest Method NT Acou 112. Metoden utgår ifrån antagandet att störningsupplevelsen ökar med ökande hörbarhet hos impulsen.

Hörbara tonkomponenter

Förekomst av hörbara tonkomponenter avgörs på följande sätt:

- a) Vanligtvis bedöms förekomsten av hörbara tonkomponenter subjektivt på platsen av den som utför mätningarna.
- b) Råder tveksamhet om hörbara tonkomponenter förekommer kan en objektiv mätning exempelvis enligt ISO/DIS 1996-2 Appenix C genomföras. Denna objektiva ingenjörsmetod genomförs i tre steg.
 1. Smalbandsanalys (FFT-analys)
 2. Bestämning av medelljudtrycksnivån hos tonen eller tonerna och av maskerade ljud inom det kritiska bandet omkring tonen.
 3. Beräkning av hörbarheten för toner och korrektion, K_T

Korrektionens storlek anges i bedömningskriterierna (Naturvårdsverkets AR 2005;x.).

ISO/DIS 1996-2 Appendix D anger även en överslagsmetod för att bedöma hörbarheten hos toner i buller.

På grund av interferensfenomen kan ljudtrycksnivån hos en ton variera mycket vid relativt små ändringar av mätpunkten. Därför bör, både vid subjektiv bedömning och mätning av toner, mätpunkten väljas där tonen bedöms som starkast.

Definitioner

Ljudtrycket (p) utgör de tryckvariationer i luften som överlagras atmosfärstrycket och påverkar örats trumhinna. Normalt avses ljudtryckets effektivvärde, uttryckt i enheten pascal (Pa), ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$).

En människa med normal hörsel kan uppfatta tryckvariationer från ca $20 \mu\text{Pa}$ till 20 Pa . (Normalt lufttryck = $100\,000 \text{ Pa}$).

Frekvens (f) är antal svängningar per sekund. Anges i enheten hertz (Hz).

Ljudnivå (L_A) är en med frekvensfilter A-vägd ljudtrycksnivå. Den A-vägd nivå har visat sig vara väl korrelerad till bullrets störande verkan, varför den kommit att användas i omgivningshygieniska sammanhang. Anges i dBA.

Ljudtrycksnivån (L_p): Härmed avses den nivå i decibel som definieras enligt

$$L_p = 20 \log p / p_0 \text{ dB}$$

där $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ är ett referenstryck som approximativt utgör hörtröskel vid frekvensen 1000 Hz och p är ljudtrycket i Pa.

Förekommande uppfattbara ljud antas ligga i området $0,00002\text{-}20 \text{ Pa}$, vilket uttryckt i ljudtrycksnivå motsvarar $0\text{-}120 \text{ dB}$ relativt $20 \mu\text{Pa}$. Att använda en logaritmisk storhet som mått på bullerstyrkan motiveras dels av det stora dynamiska området för mänsklig ljudförmåelse, dels av att det subjektiva hörselintrycket utgör en logaritmisk funktion av ljudtrycket.

Den ekvivalenta ljudnivån (L_{Aeq}) används för att karaktärisera en i tiden varierande ljudnivå och är en form av medelnivå som under en given tidsperiod innebär lika stor akustisk energi.

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt$$

L_{Aeq} = den ekvivalenta ljudnivån i dBA
 $t_2 - t_1$ = en specificerad mätperiods längd
 $p_A(t)$ = Momentana A-vägd ljudtrycket
 p_0 = referensljudtrycket $20 \mu\text{Pa}$

Normalt bestäms den ekvivalenta ljudnivån med direkt integrerande instrument.

Momentannivån ($L_A(t)$) uttryckt i dBA: Ljudnivån i ett visst ögonblick mätt med en integrationstid svarande mot läge "FAST", F.

Högsta ljudnivå ($L_{AF, \max}$) uttryckt i dBA: den högsta förekommande ljudnivån mätt i läge "FAST", F.

Positiv temperaturgradient: temperaturen tilltar med ökad höjd.

Negativ temperaturgradient: temperaturen avtar med ökad höjd.

Neutral skiktning: temperaturen avtar med $\sim 0,01$ °C/m.

Stabil skiktning: temperaturen tilltar med höjden eller avtar med mindre än $0,01$ °C/m.

Drifttidsintervall (T_D): Tidsintervall under vilket ett specificerat drifttillstånd råder.

Mättidsintervall (T_S): Tidsintervall under vilken direkt mätning sker. Mätningen kan vara en kontinuerlig dosmätning eller en mätning i upprepade 10-minuters intervall, se kapitel 6.

Referenstidsintervall (T_R): Tidsintervall för vilken den ekvivalenta ljudnivån anges för den aktuella industrin för hela dag-, kvälls- och nattperioder (se även T_V) eller för den tid som utgör bedömningsgrund.

Verksamhetsintervall (T_V): Tidsintervall för vilken den ekvivalenta ljudnivån anges för den tid viss verksamhet pågår vid den aktuella industrin.

Symbollista

L_{Aeq}	Ekvivalent ljudnivå
$L_{Aeq,D}$	Ekvivalent ljudnivå för drifttidsintervallet
$L_{Aeq,S}$	Ekvivalent ljudnivå för mättidsintervallet 10 min
$L_{Aeq,R}$	Ekvivalent ljudnivå för referenstidsintervallet
$L_{Aeq,i}$	Ekvivalent ljudnivå från mätning nummer i
$L_{Aeq,V}$	Ekvivalent ljudnivå för verksamhetstiden T_v
$L_{AF, max}$	Maximal ljudnivå
T_n	Mättid vid korttidsmätning vid $T_s < 10$ min
T_{SD}	Total mättid för ett drifttidsintervall
n	Antal mätningar vid $T_s < 10$ min
s	Mättiden vid beräkning av ekvivalent ljudnivå
K	Ljudkälla (industri)
K_1	Ljudkällans lodräta projektionspunkt i markplanet
K_2	K_1 :s projektionspunkt i markplanet i normalplanet från fasaden genom M
K	Normaliserad krökning
Δt	Temperaturskillnad i °C
Δu	Skillnaden i vindkomponent i ljudutbredningsriktningen i m/s
z_0	Markråhetslängd i m
v	Vindhastighet i m/s
z	Höjd i m
u_*	Friktionshastighet i m/S
κ	von Kármáns konstant
NSI	Nettostrålningsindex
m	Mätpunkt (immissionsvärde)
F	Reflekterande yta (fasad)
R	Avstånd: Källa - mätpunkt
R'	Avstånd: Källa - fasad (till speglingspunkten)
a	Avstånd M - K^2
b	Avstånd F - M (vinkelrät)
e	Avstånd från speglingspunkten till fasadens kant
h	Fasadens höjd
I	Fasadens bredd
c	Ljudhastigheten, ca 340 m/s
f_c	Centrumfrekvens
O	Infallande vågs vinkel mot normalen
σ	Standardavvikelse
σ_t	Kombinerad standardosäkerhet
X	Standardavvikelse beroende av driftsförhållanden
Y	Standardavvikelse beroende av väderlek och markförhållanden
Z	Standardavvikelse beroende av bakgrundsnivå

Enklare mätförfarande

I detta mätförfarande behöver ej kravet på meteorologiska betingelser uppfyllas för samtliga mätpunkter och situationer. Mätförfarandet bör för de mätningar som utförs i tillämpliga delar följa kapitel 6. Om det vid den studie av driftsförhållandena, enligt kapitel 6, som alltid bör föregå en mätning, framgår att någon av följande punkter a-c gäller, kan ett mindre omfattande mätförfarande tillämpas enligt:

a) Endast enstaka dominerande källor förekommer som förväntas överskrida riktvärdet.

De enstaka källorna karteras med närfältsmätningar (oktavbandsmätningar bör utföras) och resultaten omräknas till immissionspunkten. Detta mätförfarande kan exempelvis tillämpas vid en kontroll av enstaka bullerreducerande åtgärder.

b) Buller från verksamheten dominerar endast i enstaka riktning från industrin. I övriga riktningar bedöms mätningar obehövligen (nationen anges: riktvärdet överskrids ej eller det finns inte eller planeras inte för aktiviteter som kan bli störda (bostäder, fritidsområden etc)).

Ljudnivån mäts i den aktuella riktningen enligt mätbetingelserna i kapitel 5. Mätpunkter inläggs i övriga riktningar och meteorologin beskrivs för måttillfället (enligt Appendix 10). (Kan således mätas utan att samtliga punkter uppfyller kravet på mätbetingelser enligt kapitel 5.)

c) Ljudnivån från verksamheten bedöms ej överskrida riktvärdet i kringliggande områden eller att det inte finns eller planeras för aktiviteter som kan bli störda.

Mätning i representativa punkter i olika riktning kring industrin. Meteorologin beskrivs för måttillfället (enligt Appendix 9).

Mätpunkter utomhus

Val av mätpunkter generellt

Mätningar bör göras i de punkter kring en verksamhet där det är mest troligt att riktlinjernas gränsvärden kommer att överskridas. Val av mätpunkt bör ske i samråd mellan tillståndsmyndighet och verksamhetsutövare.

Den A-vägda ljudnivån stiger med ökande höjd över marken hos mätpunkten. Detta är särskilt uttalat när det förekommer skärmning längs ljudets fortplantningsväg från källa till mätpunkt.

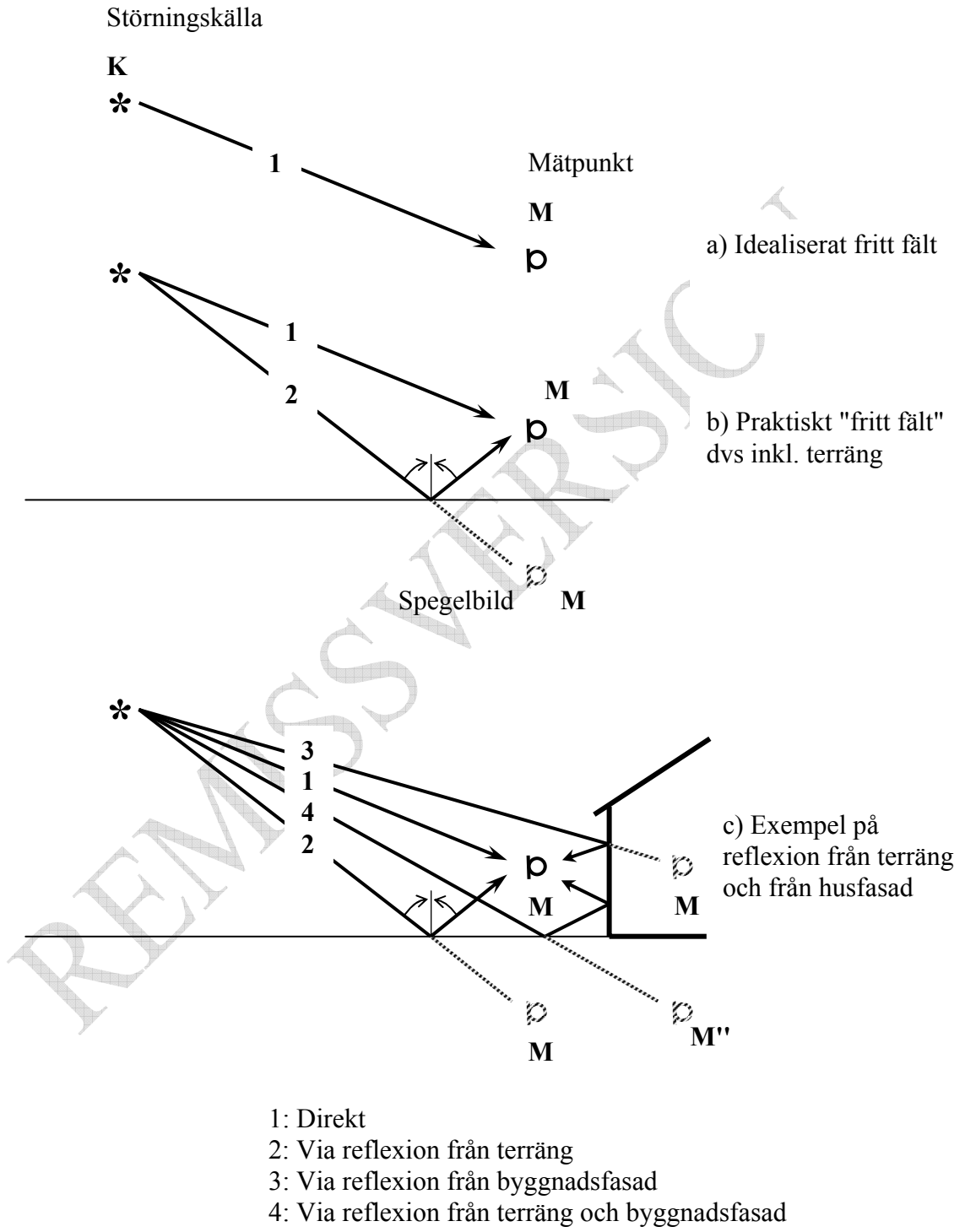
Mätningar bör i allmänhet utföras 1,5 m +/- 0.3 m över marknivån. Vid kontrollmätningar mäts givetvis de på höjder som finns specificerade i villkor eller bestämmelser. När det är fråga om klagomål bör minst en mätpunkt väljas vid den klagandes bostad. Detta kan vid flervåningshus innebära val av mätpunkter på högre höjd över marken än 1,5 m.

I många fall med komplicerade förhållanden kan det vara en fördel att istället använda sig av närfältsmätningar för dominerande källor och beräkningar för att erhålla en ljudnivå i immissionspunkten.

I det följande ges några anvisningar om hur man bör placera mätpunkter i förhållande till ljudreflekterande ytor för att få väldefinierade mätresultat.

Bidrag från reflektioner generellt

Ljudtrycket i mätpunkten byggs upp av summan av ljudtrycket i de ljudvågor som når mätpunkten på olika vägar. Detta åskådliggörs i figurerna 4.1 och 4.2.



Figur 4.1 Illustration av transmissionsvägar. Lodrätt snitt.

I figur 4.1 visas

a) En teoretisk situation, fritt fält. Det finns då bara en utbredningsväg - direkt från källan till mätpunkten.

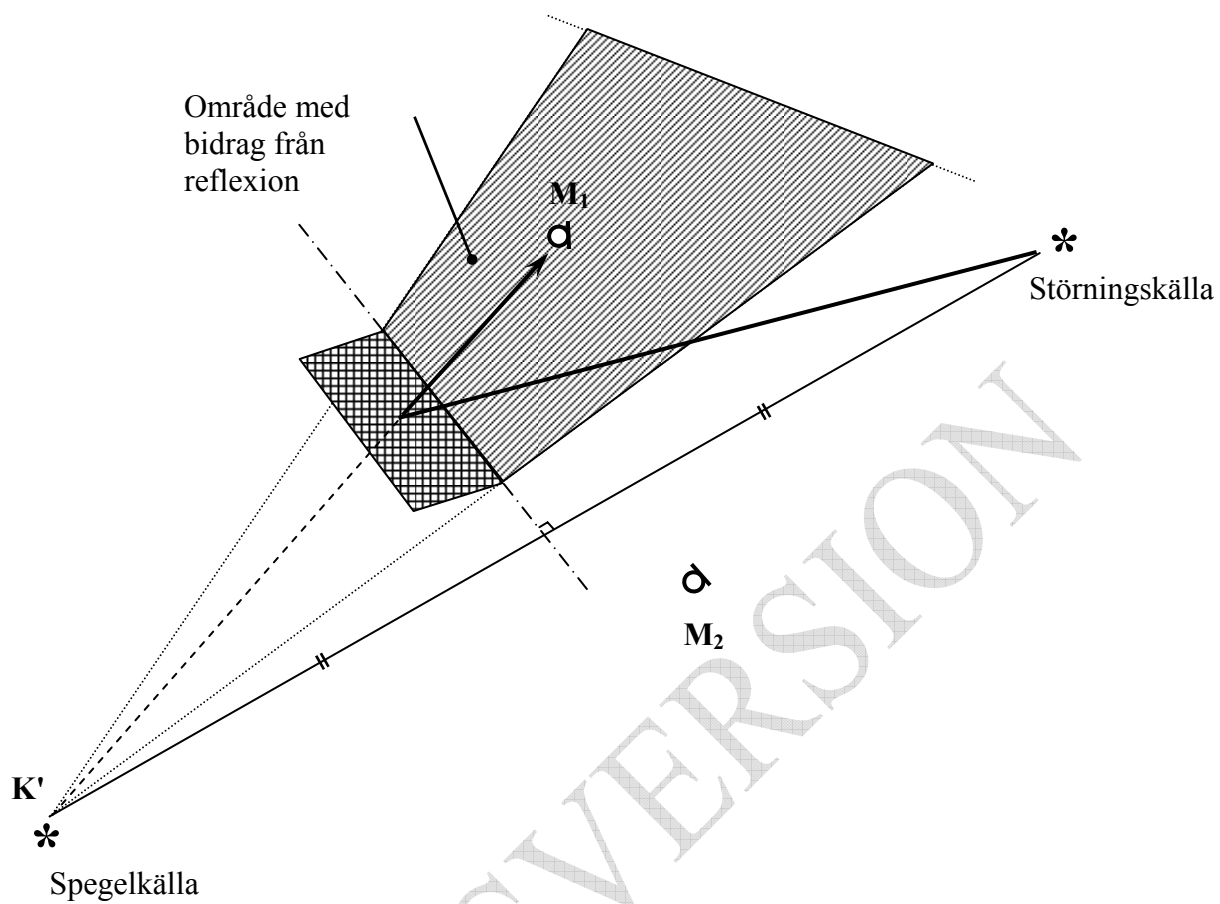
Vidare visas

b) det som i dessa mätanvisningar kallas "fritt fält". Till mätpunkten kommer - förutom det direkt transmitterade ljudet - ett reflektionsbidrag från markytan. Denna andra transmissionsväg karaktäriseras av att vinkeln mellan normalen till markytan och den reflekterade och den infallande ljudstrålen är lika stora. Bidrag från reflektioner kan betraktas som bidrag från tänkta ljudkällor placerade i den verkliga ljudkällans "spegelbild" i de reflekterande ytorna. På motsvarande sätt kan man betrakta spegelbilden av mätplatsen som en tänkt mätplats, dit reflekterat ljud når.

I figur 4.1 visas slutligen också

c) de transmissionsvägar, 3 och 4, som därutöver finns mellan källa och mätpunkt när det finns en lodrät ljudreflekterande yta, t ex en byggnadsfasad, nära mätpunkten.

Riktvärdena i Naturvårdsverkets Allmänna råd, är satta under den förutsättningen att till direktljudet endast adderar sig bidrag från reflektioner i markytan och eventuellt i ytor på byggnader och liknande på industriområdet (de sistnämnda är för överskådlighetens skull inte medtagna i figur 4.1).



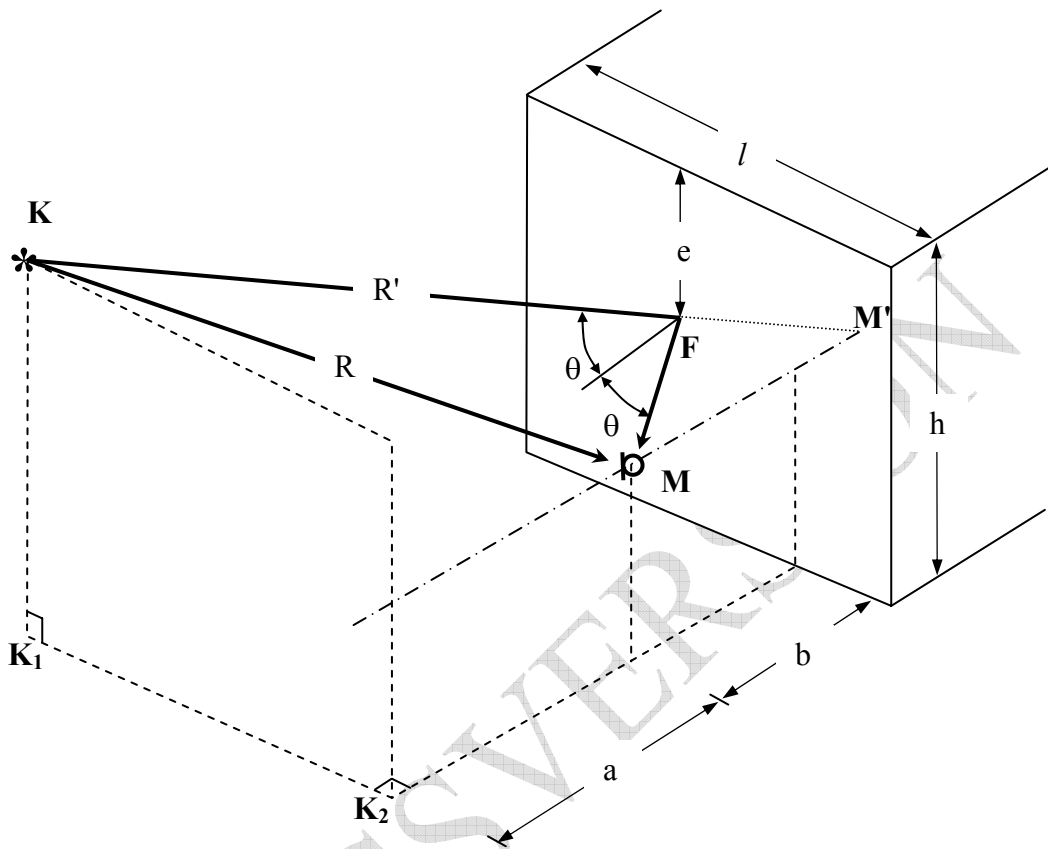
Figur 4.2 Illustration av reflexion från byggnadsfasad. Ett plan.

Ljudenergi som transmitteras till mätpunkten via reflektioner i byggnadsfasader och dylikt nära mätpunkten skall betraktas som ovidkommande ljud i samband med mätning av bullret från källan. Mätning av externt buller från industri bör därför såvitt möjligt utföras som frifältsmätningar. Då detta inte låter sig göra skall mätningarna utföras under sådana betingelser, att det är möjligt att korrigera för ovidkommande reflektionsbidrag. I vissa fall är en sådan korrektion inte möjlig att göra, t ex vid mätning i ett gårdsrum till vilket en verksamhet utstrålar buller, jfr fig 4.5.

Inflytandet av reflektionsbidrag är vanskligt att värdera eftersom det rör sig om samverkan av många faktorer: bullrets frekvensfördelning, bandbredd och infallsvinkel, inverkan av och avståndet till reflekterande ytor mm. Rekommendationerna i det följande är uppställda med syfte att säkerställa att bidrag från reflektioner inte skall ge ett fel i mätvärdet som överstiger 1 dB. Rekommendationerna är uppställda dels i form av krav härledda från ”teoretiska” analyser av idealiserade situationer, dels i form av praktiska tumregler.

Det skiljs i det följande på mätning i vad som kan betraktas som ”fritt fält”, i ”+3 dB-området”, i ”+6 dB-området” och mätning vid ”komplexa reflektionsförhållanden”.

I figur 4.2 visas exempel på möjliga mätplatser. I mätposition M förekommer bidrag från reflektion från byggnadsfasad. Det område framför byggnaden dit reflekterat ljud från fasaden når visas i figuren. Mätpunkt M_2 är placerad i närhet av byggnaden på ett sådant sätt att det inte till mätpunkten M_2 kommer något från fasaden reflekterat ljud. Illustrationen förenklas av att ljudets våglängd har förutsatts vara kort. Man bortser från verkan av diffraktion vid fasadens kanter.



Figur 4.3 Illustration av de geometriska karakteristika som ingår i värderingen av bidrag från reflexion från byggnadsfasader mm.

Vid en generell behandling av problemställningen måste man använda den komplicerade konfigurationen i figur 4.3. I figuren är bullerkällan betecknad med K och mätpunkten med M . Den reflekterande byggnadsfasaden har höjden h och längden l . Avståndet från M till fasaden är b , mätt vinkelrätt mot fasaden.

Bullerkällan K :s projektion på den horisontella markytan kallas K_1 och denna punkts projektion på ett lodrätt plan genom M vinkelrätt mot fasaden kallas K_2 . Vinkelräta avstånd från K_2 till fasaden är $a + b$.

M :s spegelbild i fasaden kallas M' . Avståndet från K till M kallas R och avståndet från K till M' kallas R' .

Linjen från K till M' skär fasadens plan i punkten F . Det minsta avståndet från punkten F till fasadens avgränsning kallas e . e kan vara såväl ett lodrät som ett horisontellt avstånd.

Vinkeln mellan de reflekterade ljudvågornas riktning (KM') och normalen till fasaden kallas θ .

I figuren har förutsatts att bullerkällan är punktformig. Detta kan antas vara fallet om mätpunktens avstånd R från bullerkällans akustiska centrum är större än bullerkällans största utsträckning (Kragh et al 1982). Är bullerkällorna inom en verksamhet fördelade över ett större område görs en uppdelning i delområden. Avståndet från varje delområdes akustiska centrum till mätpunkten skall vara större än delområdets största utsträckning. Varje delområde representeras av en punktkälla. Värderingen av reflektionernas inflytande baseras på det delområde som ger de strängaste kraven på mätpunktens placering som beskrivs i det följande.

De krav som är uppställda nedan är baserade på analyser av en idealiserad situation, nämligen en oändligt stor fullständigt ljudreflekterande yta i ett i övrigt fritt fält. Det kan därför behövas modifieringar när det i det verkliga fallet är fråga om fasader med ändlig utsträckning och när det förekommer en mer eller mindre ljudabsorberande markyta mellan bullerkällan och mätpunkten. Markytans inverkan förefaller vanligen vara av mindre betydelse (Thomasson 1979). De krav som ställs på dimensionerna av reflekterande ytor grundar sig på kvalificerade uppskattningar stödda av teoretiska överväganden snarare än verifierade kunskaper. Motsvarande gäller för fasadens jämnhet och ljudreflekterande egenskaper. Därför är t ex angivelsen av en typisk fasaddimension på $4 \times 8 \text{ m}^2$ och $3 \times 6 \text{ m}^2$ är i detta sammanhang att betrakta som varande av samma storleksordning.

Mätning i fritt fält

Resultat av frifältsmätningar kan jämföras med riktvärden i Naturvårdsverkets Allmänna råd 2005:x , utan korrektion för reflexbidrag.

Som resultat av mätningar i fritt fält kan anses resultat som erhållits i mätpunkter vilka inte nås av något från vertikala ytor reflekterat ljud. En sådan mätpunkt är t ex M_2 i figur 4.2.

I mätpunkter som nås av reflekterat ljud, t ex M_1 i figur 4.2, erfordras att bidraget från spegelkällan är så litet att det inte ökar ljudtrycksnivån från det direkttransmitterade ljudet med mer än 1 dB. Spiegelkällans bidrag skall då vara ca 6 dB mindre än det direkttransmitterade ljudet. Eftersom det förutsätts att ljudtrycksnivån avtar med 6 dB för varje avståndsfördubbling skall därför

$$R' \geq 2 R \quad (4.1)$$

för att mätvärdet skall kunna betraktas som ett frifältsvärde. R' är avståndet från bullerkällan K till spegelkällan M' och R är avståndet från bullerkällan K till mätpunkten M , figur 4.3. Kravet $R' \geq 2 R$ är oberoende av frekvensen.

När den reflekterande ytan inte är mycket stor är det inte alltid nödvändigt att kräva ett $R' \geq 2 R$. Man kan utan vidare bortse från inverkan av fasader på villor och liknande (av storleksordningen 4 x 8 m²) när avståndet MF i figur 4.3 är större än 50 m.

”+6 dB-mätning”

Innan resultat av ”+6 dB-mätningar” jämförs med riktvärden enligt Naturvårdsverkets Allmänna råd 2005:x, skall 6 dB dras av från mätresultatet.

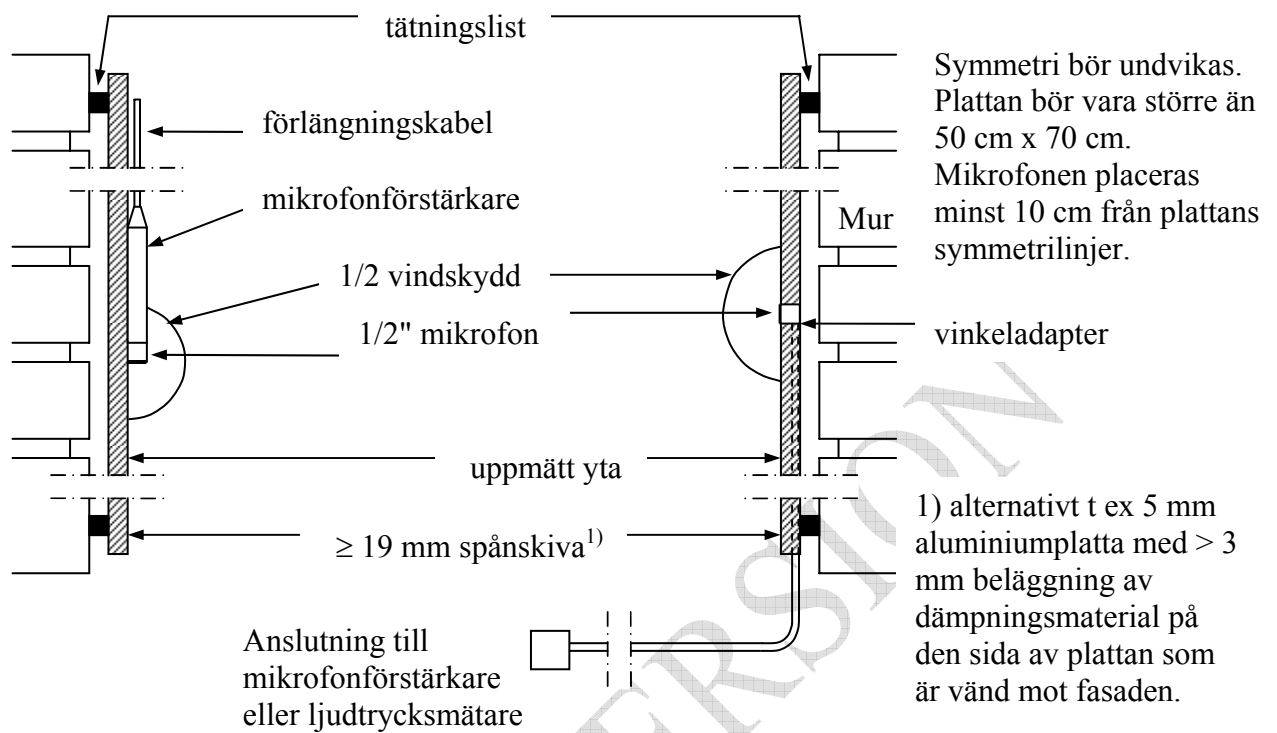
I vissa fall kan det vara lämpligt att mäta mycket nära en reflekterande yta. Här är tryckvariationerna i den direkt transmitterade ljudvågen och den reflekterade mycket starkt korrelerade till varandra. Därvid uppträder i stort sett en fördubbling av ljudtrycket. Detta gör att ljudtrycksnivån höjs med 6 dB i förhållande till ljudtrycksnivån i fritt fält. Förutsättningen för att detta skall ske med en avvikelse på högst 1 dB är att

$$b \leq \frac{0.07 \cdot \lambda}{\cos \theta} \quad (4.2)$$

λ är våglängden i m vid den högsta frekvens som har betydelse för mätresultatet. θ är ljudets infallsvinkel, figur 4.3. Härtill kommer att fasaden skall vara plan och totalt ljudreflekterande inom de frekvenser som har betydelse. Dessa krav är kritiska vid höga frekvenser, där våglängden λ är liten.

Fasaden skall minst vara av storleksordningen 4 x 8 m² och mikrofonen skall ha ett minsta avstånd e från fasadens begränsningslinjer för att diffraktion vid kanterna inte skall påverka mätresultatet på ett oacceptabelt sätt. Här är de lägsta frekvenserna kritiska.

Två förslag till mikrofonplacering visas i figur 4.4. Plattan säkerställer att fasaden kan betraktas som plan och totalt ljudreflekterande även vid höga frekvenser.



Figur 4.4 Exempel på mikrofonmontering vid mätning i "+6-dB-området".

I praktiken är kravet

$$b = 0.01m \quad (4.3)$$

oftast tillräckligt även vid mätning av extremt buller från olika verksamheter.

(4.3) är grundat på (4.2) genom att man förutsatt

- att L_{Aeq} bestäms av buller i frekvensområdet under 2 kHz
- att fasadens avvikelser från en plan yta är ≤ 25 mm inom en cirkel, med mätpunkten som centrum, som har radien 1 m

Komplexa reflektionsförhållanden

Ibland är reflektionsförhållandena mera komplexa än vad som har förutsatts i tidigare avsnitt. Ett exempel på detta är den situation man har då en verksamhet är placerad vid en bakgård med bostäder i de byggnader som avgränsar gårdsrummet.

Det buller som verksamheten förorsakar reflekteras upprepade gånger mellan fasaderna innan det når mätpunkten, vilket visas i figur 4.5. L_{Aeq} förhöjs härigenom i förhållande till en situation med "fritt fält". Det går inte på något enkelt sätt att avgöra hur stor förhöjningen blir.

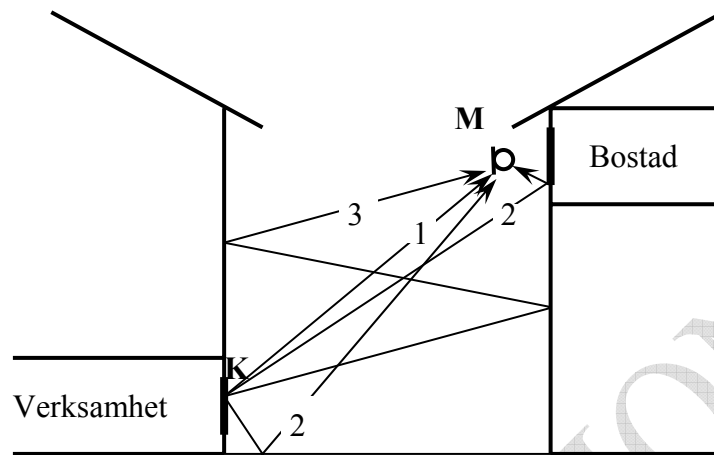
I sådana situationer förordas mätning enligt riktlinjerna för "+6 dB-mätning" i kapitel 4., +6 dB blir här hänförligt till den "sista" reflektionen för varje transmissionsväg med mer än en reflektion.

Genom att utföra en "+6 dB-mätning" och dra av 6 dB från mätresultatet fås ett mått på den ljudenergi som når byggnadens fasad (den "infallande ljudenergin", som på grund av de upprepade reflektionerna kommer att vara större än den infallande ljudenergin i fritt fält).

Skall bullret på vistelseplatser utomhus på gården värderas bör L_{Aeq} erhållas genom att dra bort 3 dB från resultatet av "+6 dB-mätningen".

Mot detta sätt att förfara kan invändas att verksamheten "straffas" för att vara inrymd i ett gårdsrum i förhållande till motsvarande verksamhet placerad på ett ställe där upprepade reflektioner inte förekommer. En korrektion till ett värde i "fritt fält" är emellertid inte möjlig att göra med rimlig noggrannhet och sett från de boendes sida är det mindre intressant om ett eventuellt störande buller kommer direkt från verksamheten och via en reflektion från markytan eller genom upprepade reflektioner i markyta och fasader.

Motsvarande förhållanden finns i punkter inne i bebyggda områden, där komplicerade reflektionsförhållanden gör bestämningen av ett värde i "fritt fält" vansklig.



- 1: Direktljud
- 2: Via en reflexion
- 3: Via två reflexioner
- :
- etc.

Figur 4.5 Illustration av upprepade reflexioner i gårdsrum. Olika transmissionsvägar.

Val av mättidsintervall

Inledning

Mättiden, T_S , vid bestämmande av ekvivalent ljudnivå från en konstant källa bör vara minst 10 minuter. De flesta instrument idag har inbyggda funktioner för att hantera sammanlagring av olika tidsintervall.

För samma driftförhållande, vid drifttidsintervall längre än eller lika med tre timmar, skall minst tre samplings utföras. Oberoende av driftförhållandena under referenstidsintervallet skall dock alltid minst 5 samplings för dag, 3 samplings för kväll respektive natt utföras.

Vid de fall där det kan vara svårt att bestämma representativa 10-minutersperioder (mätningar) eller då det är fördelaktigt kan samplingstiden vara lika med drifttidsintervallet eller referenstidsintervallet (se nedan).

För att få statistiskt oberoende L_{Aeq} -observationer görs pauser och 10-minutersmätningar upprepas med minst en timmes mellanrum för ett visst drifttillstånd. För att öka noggrannheten kan samplings för ett drifttillstånd utföras med minst ett dygns mellanrum. Rörande val av antal sampel se även Appendix 7 ”Uppskattning av osäkerhet”.

Då valet av T_S beror på hur ljudnivån varierar vid industrin och/eller källan ges några exempel nedan.

a) Drifttillstånd med slumpvisa variationer

I. Långa drifttidsintervall, T_D . Relativt snabba variationer hos källan.

Om $T_D > 10$ minuter görs varje T_S lämpligen 10 min långt. Man får då en bra utjämning av snabba atmosfäriska variationer.

II. Korta T_D . Snabba variationer hos källan.

Om drifttillståndet förekommer med $T_D < 10$ minuter kan man ta fram *en* 10-minutersmätning genom att stoppa integrationen och fortsätta då tillståndet återkommer osv. Man fortsätter tills integrationstiden är 10 minuter. De flesta instrument idag har inbyggda funktioner för att hantera denna typ av sammanlagring.

Alternativt registreras ett L_{Aeq} -värde ($L_{Aeq,n}$) för varje korttidsintervall T_n och mätvärdet $L_{Aeq,S}$ beräknas enligt

$$L_{Aeq,S} = 10 \log \frac{1}{T_S} \sum_{n=1}^n T_n \cdot 10^{(L_{Aeq,n})/10}$$

$$T_S = \sum_{n=1}^n T_n = 10 \text{ min}$$

Denna metod kan vara att föredra om uppehållen är så långa att man önskar mäta på andra tillstånd under tiden.

Vid mycket kortvariga, upprepade tillstånd (>30 s) behöver inte T_S uppgå till 10 minuter, förutsatt att tidsluckan mellan konsekutiva mättillfallen är minst 2 minuter. Man mäter då i stället minst 5 ggr. Medelvärdet får sedan anses motsvara en sampling under 10 minuter.

Ett alternativt mätförfarande är att göra flera korta oberoende mätningar som sammanvägs enligt ovan.

b) Cykliska drifttillstånd

I. Lång cykeltid.

Om cykeltiden är längre än 10 minuter mäts över exakt en cykelperiod.

II. Kort cykeltid

Om cykeltiden är kortare än 10 minuter mäts över ett antal hela cykler mer än eller lika med tre så att T_S blir minst 10 minuter.

Referenstidsintervall-verksamhetsintervall

Verksamhetens (industrins) ekvivalenta ljudnivå bestäms för referenstidsintervallen (T_R), vilka kan vara hela dag-, kväll- och nattperioder (kl 07.00-18.00, 18.00-22.00, 22.00-07.00) utgående från delverksamheternas drifttidsintervall. (Naturligtvis kan anges: Om den totala drifttiden under ett visst referenstidsintervall endast utgör del av respektive period skall den ekvivalenta ljudnivån även anges för verklig drifttid, verksamhetstidsintervall, T_V . Dessutom skall ekvivalent ljudnivå även anges för varje drifttidsintervall, T_D).

Mättiden kan för vissa fall enligt ovan sammanfalla med drifttidsintervallet eller referenstidsintervallet.

Omräkning av L_{Aeq} för T_D , T_R och T_V

A. Ekvivalent ljudnivå för drifttidsintervall

Från driftstudierna skattas totala drifttidsintervallet T_D för ett visst drifttillstånd. Ekvivalent ljudnivå, $L_{Aeq,D}$, beräknas för ett visst drifttillstånd ur:

$$L_{Aeq,D} = 10 \log \frac{1}{T_{SD}} \sum_s T_s 10^{(L_{A,eq,D})/10}$$

$$T_{SD} = \sum_{S=10} T_s$$

B. Ekvivalent ljudnivå för referenstidsintervallen

Vi kan nu bestämma ekvivalent ljudnivå, $L_{Aeq,R}$, för referenstidsintervallen med hjälp av de olika drifttillstånden under detta T_R :

$$L_{Aeq,R} = 10 \log \frac{1}{T_R} \sum_D T_D 10^{(L_{Aeq,D})/10}$$

C. Ekvivalent ljudnivå för verksamhetsintervall

Om verksamhetstiden, T_V , är mindre än referenstiden, T_R , bestämmer man även ekvivalent ljudnivå,

$L_{Aeq,V}$ för T_V

d v s

$$L_{Aeq,V} = L_{Aeq,R} + 10 \log \frac{T_R}{T_V}$$

Bestämning av meteorologiska parametrar

Väsentligt är att de meteorologiska parametrarna bestäms under samma tid och förhållanden som ljudnivåmätningarna utförs.

Eftersom det i många fall anses svårt ur praktisk och ekonomisk synvinkel har en förenklad metod för att uppskatta de meteorologiska förhållandena genom mätning av vindhastighet och vindriktning på en höjd samt visuell observation av molnmängd, molnhöjd och solhöjd har tagits fram vid Uppsala universitet, Meteorologiska institutet och anges i korta drag nedan.

Uppskattning av vindhastighet nära marken

Vind- och temperaturprofilerna påverkar varandra. Vid neutral skiktning följer vindprofilen den logaritmiska vindlagen.

$$v(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln \frac{z}{z_0} \quad (1)$$

där:

v = vindhastigheten i m/s, z = höjd i meter, u_* = friktionshastigheten i m/s, κ = Kármáns konstant (~ 0.41), z_0 = markråhetslängd

Markråhetslängden z_0 uppskattas ur tabell 6.1. Den beskrivning som passar bäst in på de förhållanden som råder från mätplasten och någon kilometer uppströms mot vinden kan väljas. Om markförhållandena varierar tas störst hänsyn till det närmaste området.

Typ av terräng	Markråhetslängd, z_0 , i m
Förortsbebyggelse, landsortsstäder	0.3
Skog, skogsbälten	
Många träd och/eller större buskar	
Jordbruksområden med få byggnader, träd etc	0.05
Flygplatser med träd och byggnader	
Landningsbana på en flygplats	0.01
Klippt gräs	
Bar mark	
Slät yta av snö	0.001
Slät yta av sand	
Vattenytor (sjöar, fjärdar, öppet hav)	

Tabell 6.1 Uppskattning av markråhetslängden

En mätning av vindhastigheten $v(z_m)$ måste utföras på höjden z_m .

Friktionshastigheten, u_* bestäms enligt:

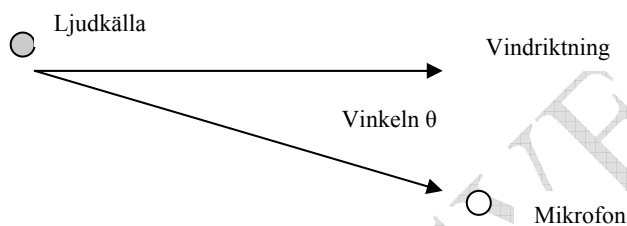
$$u_* = \frac{\kappa \cdot v(z_m)}{\ln \frac{z_m}{z_0}} \quad (2)$$

Vindhastigheten kan nu bestämmas för olika höjder med hjälp av ekvation (1). Skillnaden i vindhastigheten mellan 10 och 0.5 m blir:

$$\Delta v = v(10) - v(0.5) = \frac{u_*}{\kappa} \left[\ln \frac{10}{z_0} - \ln \frac{0.5}{z_0} \right] \quad (3)$$

Δu beräknas ur $k \approx (0.6\Delta t + \Delta u) / 3.2$ genom att vinkeln θ (se figur nedan) mellan ljudutbredningsriktningen och vindriktningen bestäms.

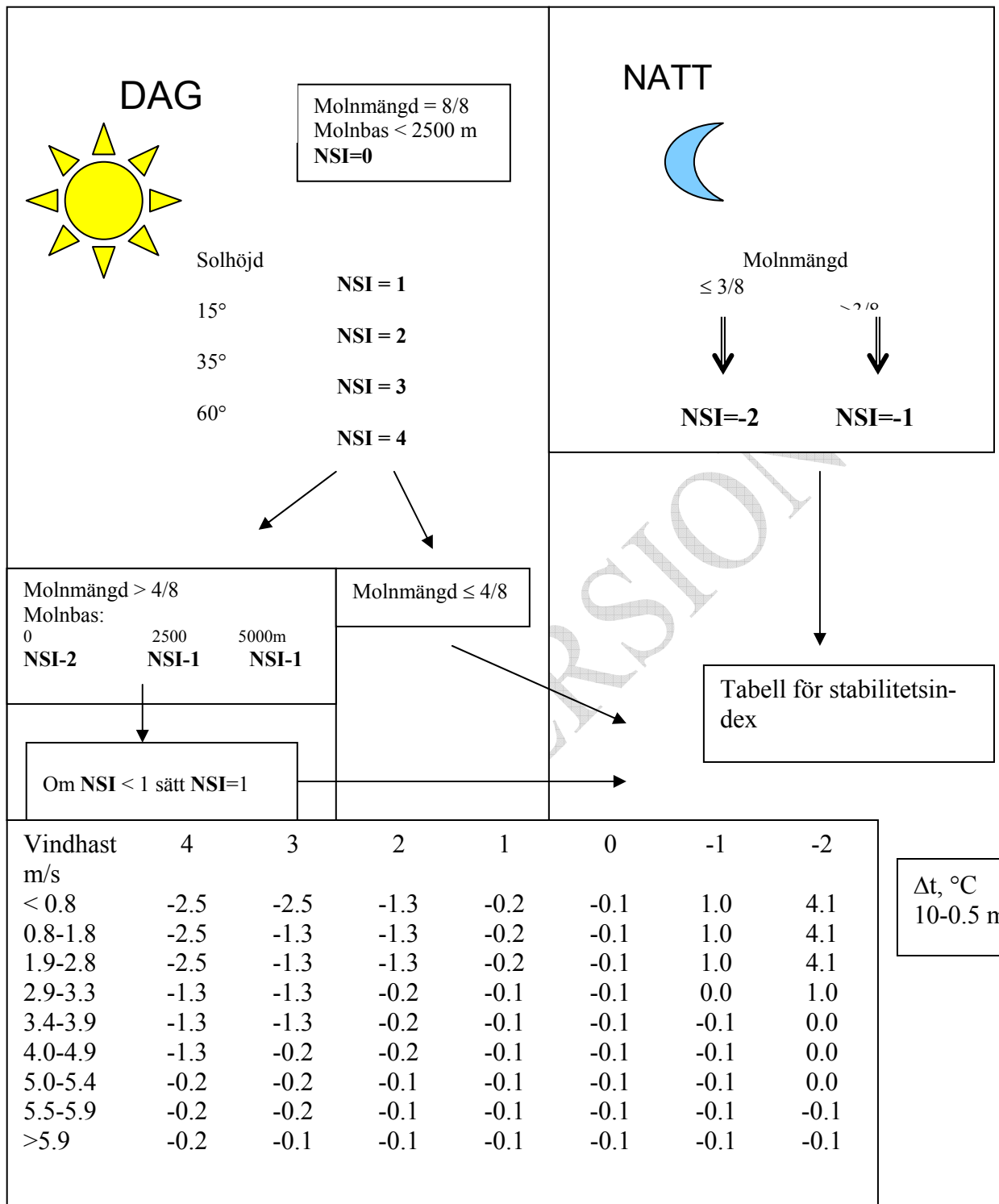
$$\Delta u = \Delta v \cos(\theta)$$



Figur 6.1 Bestämning av vinkeln θ mellan vindriktning och ljudutbredningsriktning

Uppskattning av temperaturprofilen nära marken

Med hjälp av framtagen vindhastighet på 10 meters höjd (enligt ovan), solhöjd och molnighet kan Δt erhållas ur figur 6.2. Solhöjden uppskattas enklast med hjälp av stor gradskiva.



Schemat i figuren tolkas enligt nedan.

Dagtid

Nettoinstrålningsex, NSI, sätts till 0 om molnmängden = 8/8, dvs helmulet och höjden till de lägsta molnen, molnbasen < 2 500. NSI sätts till 1, 2, 3 eller 4 för solhöjder <15, 15-35, 35-60 resp. >60°. När total molnmängd ≤ 4/8 går används tabellen för stabilitetsindex. För molnmängd > 4/8 subtraheras 1 eller 2, beroende på om molnbasen är större än eller lika med eller mindre än 2 500, från det tidigare värdet på NSI.

Om molnbasen är lika med 8/8 och molnbasen ≥ 2 500 m subtraheras 1 från NSI. Om NSI <1 sätts NSI=1.

Δt-värdet avläses i tabellen m h a det erhållna NSI-värdet och vindhastigheten på 10 m.

Nattetid

Nettoinstrålningsex, NSI, sätts till -1 eller -2 om molnmängden > 3/8 resp ≤ 3/8.

Därefter erhålls Δt på samma sätt som ovan.

Δt och Δu har uppskattats. Den normaliserade krökningen, k, kan nu beräknas. Värdet på k kan användas för att uppskatta ljudnivån ($k \approx (0.6\Delta t + \Delta u)/3.2$).

Luftabsorption

Vid de fall där det är av intresse att bestämma luftabsorptionen bestäms lufttemperatur, relativ luftfuktighet och lufttryck. För avstånd under 1000 m behöver lufttrycket ej mätas. Parametrarna avläses en gång per timme, såsom momentan avläsning på 1,5 m höjd. (Höjden är meteorologisk standard). Luftabsorptionen tilltar med ökande avstånd och frekvens. För avstånd upp till 150 m är den av liten betydelse för frekvenser på 1000 Hz och lägre.

För Sveriges del bör någon av de sex beräknade stationerna utnyttjas om man inte har tillgång till andra observationsserier under lång tid.

Atmosfärisk ljudabsorption i dB/km (95-percentil) för olika frekvenser och platser.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Luleå	0.8	1.3	1.6	3.3	7.9	21.8	39.4
Frösön	0.3	0.6	1.4	3.3	8.1	23.9	66.5
Uppsala	0.3	0.6	1.4	3.2	7.9	22.3	73.6
Säve	0.3	0.7	1.4	3.2	7.9	22.0	74.4
Bredåkra	0.3	0.7	1.4	3.2	7.9	21.9	74.0
Ljungbyhed	0.3	0.7	1.4	3.2	7.9	22.0	74.7

Tabell 6.2 Atmosfärisk ljudabsorption i dB/km

Uppskattning av osäkerhet Append 7

Osäkerheten hos uppmätta ljudnivåer beror på ljudkällan, tidsintervallet för mätningen, väderbetingelser, avståndet till källan samt mätutrustning och mätmetod vid vald mätplats. Mätosäkerheten skall bestämmas i överensstämmelse med ISO Guide to Uncertainty in Measurements (GUM). Några anvisningar för hur mätonoggrannheten kan bedömas ges i tabell nedan. Tabellen hänför sig enbart till A-vägda ekvivalenta och kontinuerliga ljudtrycksnivåer. Vid maximalnivåer, frekvensbandsnivåer och enstaka toner kan högre onnoggrannheter förväntas. "Denna text är återgiven med vederbörligt tillstånd från SIS Förlag AB Stockholm, Sverige, + 46 8 555 523 10, www.sis.se, som även säljer standarden som det refereras till i texten"

Tabell 7.1 - Översikt över mätonoggrannhet

Standardavvikelse för reproducerbarhet ¹⁾ dB	Standardavvikelse beroende av driftsförhållanden ²⁾ dB	Standardavvikelse beroende av väderlek och markförhållanden ³⁾ dB	Standardavvikelse beroende av bakgrundsnivå ⁴⁾ dB	Kombinerad standardosäkerhet α_t dB	Utökad mätonoggrannhet dB
1,0 ⁵⁾	X	Y	Z	$\sqrt{1,0^2 + X^2 + Y^2 + Z^2}$	$\pm 1,65 \alpha_t$
<p>1) Olika mättekniker, olika instrument, samma plats men i övrigt allt konstant, se ISO 5725.</p> <p>2) Skall bestämmas ur minst 3, företrädesvis 5 mätningar under repeterbara förhållanden (samma mätprocedur samma instrument, samma mättekniker, samma plats) och på en plats där där meteorologiska förhållanden har liten inverkan på resultatet. För långtidsmätningar fordras fler mätningar för att bestämma standardavvikelsen för repeterbarheten.</p> <p>3) Värderna kommer att variera med mätavstånd och rådande väderförhållanden. För långtidsmätningar måste olika väderkategorier först handskas med separat och sedan kombineras ihop. För korttidsmätningar kommer variationen i markbeskaffenheten att variera obetydligt. Variationen i markbeskaffenhet kan däremot ha betydande inverkan på mätonoggrannheten vid långtidsregistreringar.</p> <p>4) Värdet kommer att variera med skillnaden mellan bakgrundsljudnivån och uppmätta ljudnivåer.</p> <p>5) Detta värde hänvisar till L_{Aeq}-mätningar</p>					

Korrigerig med avseende på bakgrunds nivå

Då bakgrundsljudet kan bestämmas (exempelvis avstängning, av industrin) kan metoderna som anges i punkt 1 och 2 användas för att beräkna industrins bidrag. Då bakgrundsljudet ej kan bestämmas kan närmätningar utföras och omräkning till aktuell immissionspunkt företas enligt punkt 3.

1. Ekvivalent ljudnivå L_{Aeq}

Vid bestämning av ekvivalent ljudnivå från källan (verksamheten), $L_{Aeq,K}$, i mottagarpunkten behandlas detta i princip enligt nedan tre angivna fall.

Följande ljudnivåer har bestämts:

$L_{Aeq,M}$ = Uppmätt ekvivalent ljudnivå i immissionspunkten från källan inklusive bakgrundsljudet

$L_{Aeq,B}$ = Uppmätt eller beräknad ekvivalent ljudnivå för bakgrundskällan

Ekvivalent ljudnivå för verksamheten, $L_{Aeq,K}$ bestäms enligt:

1) $L_{Aeq,M} - L_{Aeq,B} > 10$ dBA:

$$L_{Aeq,K} = L_{Aeq,M}$$

Ingen korrektion av ljudnivån. Felet som uppstår genom antagande att $L_{Aeq,K} = L_{Aeq,M}$ är mindre än 0,5 dB

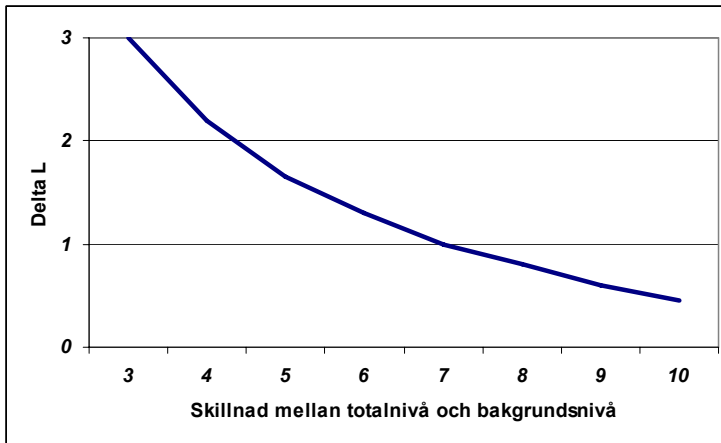
2) 3 dBA $\leq L_{Aeq,M} - L_{Aeq,B} < 10$ dBA:

$$L_{Aeq,K} = 10 \log \left[10^{(L_{Aeq,M})/10} - 10^{(L_{Aeq,B})/10} \right]$$

Diagrammet enligt nedan kan även användas för att bestämma $L_{Aeq,K}$

3) $L_{Aeq,M} - L_{Aeq,B} < 3$ dBA:

$L_{Aeq,K}$ kan inte bestämmas med tillräcklig noggrannhet. Mätningen kan i dessa fall företas som en närfältsmätning och ljudnivån i immissionspunkten beräknas.



Figur 8.1 Beräkning av korrektionsfaktor

2. Högsta ljudnivå, $L_{AF, \max}$

Korrektion av mätning av högsta ljudnivå, $L_{AF, \max}$ för den A-vägda ljudtrycksnivån sker på i princip samma sätt som för ekvivalent ljudnivå.

En sådan korrektion är med säkert underlag endast möjlig att genomföra då bakgrundsljudet ej fluktuerar. Om bakgrundsljudet fluktuerar kan man ofta genomföra mätningen av $L_{AF, \max}$ vid en tidpunkt då bakgrundsljudets inverkan på uppmätt $L_{AF, \max}$ är ringa.

Följande ljudnivåer är bestämda:

$L_{AF, \max, M}$ = maximal ljudnivå i mottagarpunkten

$L_{A, B}$ = A-vägd ljudtrycksnivå för bakgrundsljudet under den tidpunkt när $L_{AF, \max, M}$ bestäms enligt:

$$L_{AF, \max, K} = 10 \log \left[10^{(L_{AF, \max, K})/10} - 10^{(L_{A, B})/10} \right]$$

$L_{AF, \max}$ bestäms på likartat sätt som $L_{Aeq, K}$ enligt punkt 1 för förhållandet mellan $L_{AF, \max, M}$ och $L_{A, B}$.

Vid fluktuerande bakgrundsljud är det problem att bestämma $L_{A, B}$ under den tid $L_{AF, \max, M}$ förekommer. En sådan bestämning kan även baseras på iakttagelser under mätningen.

Eventuellt kan även mätningar eller iakttagelser i kringliggande områden användas.

3. Beräkning av ljudnivå

Vid högt bakgrundsljud eller då bakgrundsljudet ej kan bestämmas kan närfältsmätningar utföras av källan (industrin) och en omräkning till aktuell immissionspunkt företas. Vid mätningarna skall källan kunna betraktas som punktkälla (se Appendix 4) och mätningarna kan utföras för korta avstånd enligt kapitel 5. Som underlag vid beräkning av ljudnivån genomförs även oktavbandsmätningar.

I Norden används "Nordisk beräkningsmodell för externt industribuller" (DAL 32) idag och en ny metod "Nord 2000" är framtagen men ännu inte antagen.

Beskrivning - Protokoll - Rapportering

Beskrivning

Ur beskrivningen av objektet bör framgå:

Driftsförhållande

- Verksamhetens namn, kontaktpersoner, adress och telefonnummer.
- Verksamhetens läge, olika delkällors placering och höjd över mark, lokalisering av skärmar etc. Redovisas på kartor.
- Verksamhetsperioder i hela dags-, kvälls- eller nattperioder eller delar därav.
- Delverksamheters drifttid samt tid på dygnet.
- Förväntade källor med höga momentana ljudnivåer ($L_{AF, max}$) och hörbara toner.
- Har klagomål förekommit bör detta anges.

Områdesbeskrivning, redovisas på karta

- Närliggande områdestyper; bostäder, fritidsområden, skolor etc.
- Närmsta bostäder och bostadsområden samt planerade och förväntade sådana.
- Markbeskrivning; topografi (höjder, dalgångar etc), markyta, skog, naturliga skärmar etc i olika riktningar kring industrin.
- Förhärskande vindriktning.

Bakgrundsstörning

- Kringliggande källor som påverkar ljudnivån i de olika områdeskategorierna.
- Beräkning av exempelvis vägtrafikbuller.
- Förväntad bakgrundsstörning i mätpunkten.

Mätprotokoll

- Beskrivning av mätpunkten (karta, foto e dyl) i förhållande till verksamheten (avstånd, norrpil etc). Angiv om mätningen är +0 dB-mätning (frifältsmätning) + 3 dB-mätning eller + 6 dB-mätning. Avstånd till reflekterande föremål bör anges.
- Markytans beskaffenhet (snötäcke, sädesfält, plöjd åker, häckar, enstaka träd etc) vid och kring matplatsen.

Meteorologi

- mätthöjder för meteorologiska parametrar samt mättider (ange om tiden avser normaltid eller sommartid).
- Vindhastighet, vindhastighetsgradient.
- Medelvindriktning.
- Temperaturgradient.
- Lufttemperatur, lufttryck och relativ luftfuktighet.
- Vid bedömning av gradientförhållande enligt SNV PM 1388 ange: molnförekomst, solhöjder, rökplymers utseende, lufttemperatur samt tid p& dygnet.

Mätning

- L_{Aeq} under mättidsintervallen, T_S , för olika drifttidsintervall, T_D .
- L_{Aeq} för olika drifttidsintervall.
- Ange cykliska drifttillstånd.
- $L_{AF, max}$ för olika drifttillstånd.
- Bakgrundsljudnivåer och typ av källa.
- Ljudets karaktär under drifttillståndet toner, impulsartat ljud, dominerande frekvens.
- Mätinstrument; typ enligt IEC Standard, fabrikat, kalibreringsprocedur.
- Mikrofonhöjder samt vindhastighet i mikrofonhöjd.

Rapportering

L_{Aeq} för olika: drifttidsintervall
verksamhetstidsintervall
referenstidsintervall (dag, kväll eller natt)

$L_{AF, max}$ för aktuella källor (tid på dygnet).

Bakgrundsljudnivåer för aktuella tidsintervall. Osäkerhet i mätresultatet, medelnivå + osäkerhet anges.

REMISSVERSION