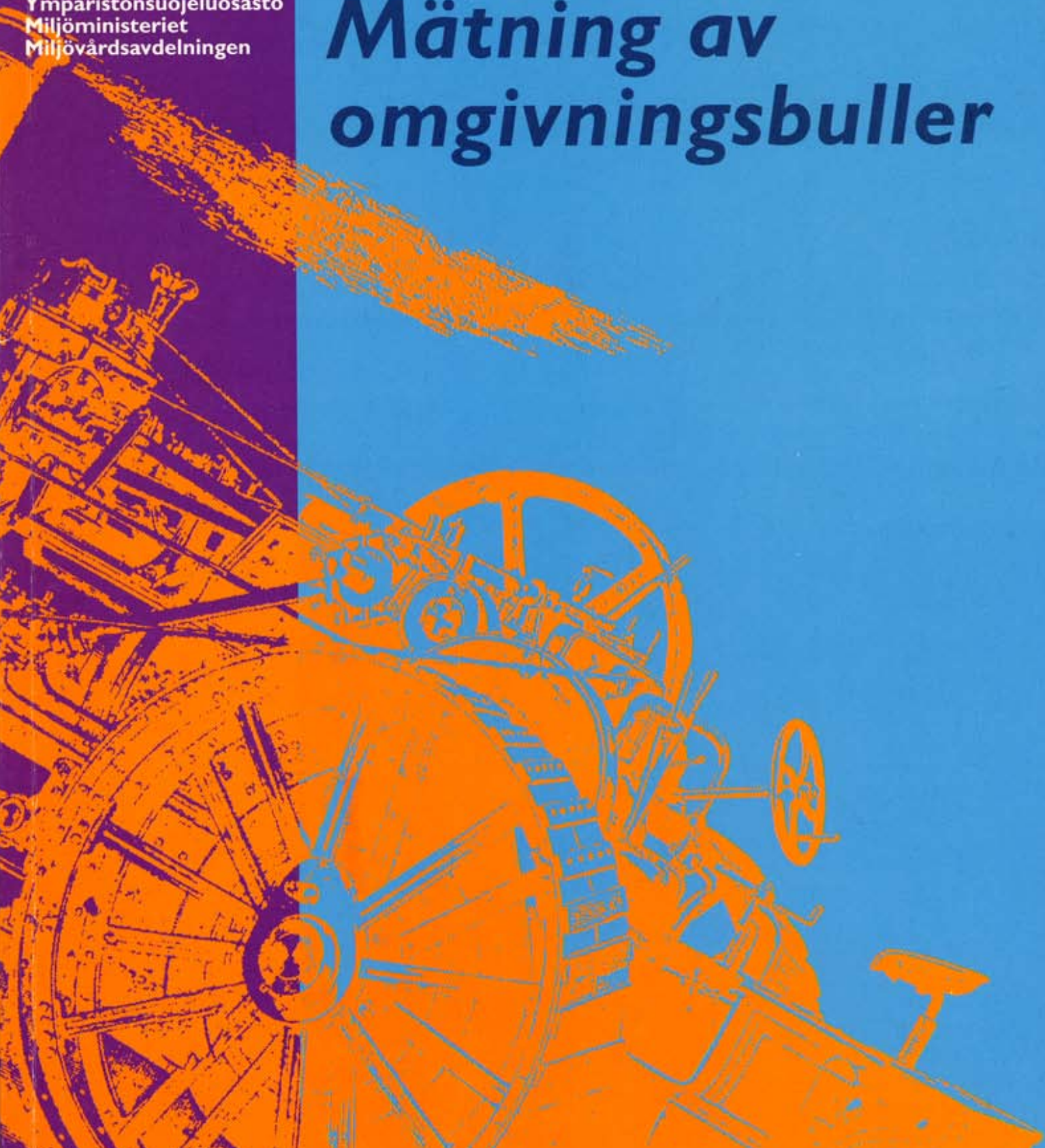




Ohje I 1995
Direktiv

Ympäristöministeriö
Ympäristönsuojeluosasto
Miljöministeriet
Miljövårdsavdelningen

Ympäristömelun mittaaminen Mätning av omgivningsbuller





Ohje I 1995
Direktiv

Ympäristöministeriö
Ympäristönsuojeluosasto
Miljöministeriet
Miljövårdsavdelningen

Ympäristömelun mittaaminen Mätning av omgivningsbuller

Kuvailulehti

Julkaisija	Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto
Päivämäärä	31.3.1995
Projektin/hankkeen nimi ja mahdollinen projektinumero	
Rahoittaja/toimeksiantaja	Ympäristöministeriö
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot	
Tekijä(t)	
Julkaisun nimi	Ympäristömelun mittaaminen Mätning av omgivningsbuller
Julkaisun osat/muut saman projektin tuottamat julkaisut	
Tiivistelmä	<p>Ympäristöministeriö antaa yleiset ohjeet ympäristömelun mittaamisesta. Ohjeet annetaan meluntorjuntalain (382/87) 10 §:n nojalla. Nämä ohjeet tulevat voimaan 1.7.1995 ja ovat voimassa toistaiseksi.</p> <p>Ohjeessa esitetään yleisiä ympäristömelun mittaamiseen liittyviä kysymyksiä. Mittausohje on tarkoitettu käytettäväksi erityisesti silloin, kun saatua tulosta on tarkoitus verrata meluntorjuntalain nojalla annettuun valtioneuvoston päätökseen melutason ohjearvoista (993/92).</p>
Avainsanat/asiasanat	Melu, mittaus
Luokitus	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluosaston ohje 1/1995
ISSN	0788-592-X
ISBN	951-731-082-X
Sivuja	82
Kieli	Suomi ja ruotsi
Julkisuuden aste ja ehdot	Julkinen
Julkaisun myynti/jakaja	Ympäristöministeriö; ympäristönsuojeluosasto/Painatuskeskus Oy
Hinta	
Julkaisun kustantaja	Ympäristöministeriö
Muut tiedot	Julkaisun valvoja ympäristöministeriössä: ylitarkastaja Sirkka-Liisa Paikkala

Presentationsblad

<i>Publikationen har getts ut av</i>	Miljöministeriet, miljövrårdsavdelningen
<i>Datum</i>	31.3.1995
<i>Projektets namn och nummer</i>	
<i>Finansiär/ Uppdragsgivare</i>	Miljöministeriet
<i>Organisationer i projektgruppen</i>	
<i>Författare</i>	
<i>Publikationens titel</i>	Ympäristömelun mittaaminen Mätning av omgivningsbuller
<i>Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt</i>	
<i>Sammandrag</i>	<p>Miljöministeriet ger med stöd av 10 § bullerbekämpningslagen (382/87) allmänna anvisningar om mätning av omgivningsbuller. Anvisningarna träder i kraft 1.7.1995 och gäller tills vidare.</p> <p>Anvisningarna behandlar allmänna frågor i anknytning till mätningen av omgivningsbuller. Anvisningarna är avsedda för användning speciellt då mätresultaten skall jämföras med riktvärdena för bullernivå i statsrådets beslut (993/92).</p>
<i>Nyckelord</i>	Buller, mätning
<i>Klassificering</i>	
<i>Publikationsserie och nummer</i>	Miljöministeriet, miljövrårdsavdelningen; direktiv 1/1995
<i>ISSN</i>	0788-592-X
<i>ISBN</i>	951-731-082-X
<i>Sidantal</i>	82
<i>Språk</i>	Svenska och finska
<i>Offentlighet och andra villkor</i>	Offentlig
<i>Beställningar/ Distribution</i>	Miljöministeriet; miljövrårdsavdelningen/ Tryckericentral Ab
<i>Pris</i>	
<i>Förläggare</i>	Miljöministeriet
<i>Övriga uppgifter</i>	Publikationens övervakare i miljöministeriet: överinspektör Sirkka-Liisa Paikkala

Sisällys

1	Johdanto	7
2	Määritelmiä	8
3	Mittauslaitteisto	10
4	Mittaukset	11
4.1	Käytännön ohjeita	11
4.1.1	Toimet ennen mittauksia	11
4.1.2	Ohjeita mittauksiin	12
4.2	Mittauspisteiden sijainti	13
4.2.1	Mittaukset avoimessa paikassa	13
4.2.2	Mittaukset lähellä rakennusta	14
4.3	Mittaukset sisätiloissa	15
4.4	Erilaisten melutyypin keskiäänitason määrittäminen	15
4.4.1	Tasainen melu	16
4.4.2	Tasainen melu, jossa on portaittaisia tasonvaihteluita	16
4.4.3	Vaihteleva melu	16
4.4.4	Erilliset melutapahtumat	17
4.5	Enimmäistason määrittäminen	17
4.6	Sääolot mittauksen aikana	17
4.7	Taustamelu mittauksen aikana	18
5	Mittauspöytäkirja	19
6	Mittaustulosten vertaaminen melutason ohjearvoihin	21
6.1	Mittaustulosten epävarmuus	21
6.2	Vertaaminen melutason ohjearvoon	23
6.3	Laskentamallien käyttö	24
Liite A	Käsitteitä ja määritelmiä	26
A.1	Peruskäsitteitä	26
A.2	Äänikentästä mitattavien suureiden määritelmiä	27
A.3	Äänitasomittareihin liittyviä muita käsitteitä	33
Liite B	Luotettavuusarvio	36
B.1	Riskitaso	36
B.2	Epävarmuus	36
B.2.1	Mittauslaitteiden tarkkuus	38
B.2.2	Mittaustapaan liittyviä tekijöitä	39
B.2.3	Sääolot	39
B.2.4	Äänilähteiden äänensäteilyn vaihtelu	40
B.3	Vertaaminen melutason ohjearvoon	41
Liite C	Kirjallisuusluettelo	43
	Mätning av omgivningsbuller	45



31.3.1995

4/401/95

Jakelussa mainituille

Viite
Hänvisning **Meluntorjuntalaki (382/87)**

Asia
Ärende **Ympäristömelun mittaaminen**

Ympäristöministeriö antaa seuraavat yleiset ohjeet ympäristömelun mittaamisesta. Ohjeet annetaan meluntorjuntalain (382/87) 10 §:n nojalla. Nämä ohjeet tulevat voimaan 1.7.1995 ja ovat voimassa toistaiseksi.

1 Johdanto

Tässä ohjeessa esitetään yleisiä ympäristömelun mittaamiseen liittyviä kysymyksiä. Myöhemmin annetaan yksityiskohtaisia mittausohjeita erityyppisille melulähteille, kuten tieliikenteelle ja raideliikenteelle. Mittausohjeiden tavoitteena on mm. yhdenmukaistaa melun mittaamista.

Mittausohje on tarkoitettu käytettäväksi erityisesti silloin, kun saatua tulosta on tarkoitus verrata meluntorjuntalain nojalla annettuun valtioneuvoston päätökseen melutason ohjearvoista (993/92). Ohjeen mukaisilla mittauksilla on mahdollista luotettavasti selvittää lähellä melulähdettä vallitsevia melutasoja. Jos mittauksen tavoitteena on selvittää melun haitallisuutta, ohjeen mukainen mittaus ei välttämättä ole aina riittävä.

Ympäristömelun mittausohje perustuu standardiin SFS ISO 1996. Muissa Pohjoismaissa käytössä olevia ympäristömelun mittausohjeita on myös otettu huomioon soveltuvin osin.

2 Määritelmiä

Seuraavassa on esitetty tärkeimpien äänikentän suureiden ja erilaisten ympäristömelun perustyyppien määritelmiä sanallisesti. Liite A sisältää suureiden matemaattisia esityksiä sekä muiden mittausohjeessa käytettyjen käsitteiden määritelmiä.

Äänenpaine p [Pa]

Ääneen liittyvä hetkellisen paineen ja staattisen ilmanpaineen ero, yleensä tehollisarvona.

A-painotettu äänenpaine p_A [Pa]

Äänenpaine määritettynä A-taajuuspainotusta käyttäen, yleensä tehollisarvona.

Äänenpainetaso L_p [dB]

Äänenpaineen tehollisarvon ja vertailuäänepaineen suhteen neliön kymmenkertainen kymmenlogaritmi.

A-äänitaso L_{pA} [dB]

Hetkellisen A-painotetun äänenpaineen tehollisarvon ja vertailuäänepaineen suhteen neliön kymmenkertainen kymmenlogaritmi.

Ekvivalentti A-äänitaso (keskiäänitaso, ekvivalenttitaso) L_{Aeq} [dB]

A-painotetun äänenpaineen keskimääräistä tehollisarvoa määritetyllä ajanjaksolla (T) vastaava A-äänitaso ($L_{Aeq,T}$). Valtioneuvoston päätöksessä melutason ohjearvoista (993/92) suureesta käytetään nimitystä A-painotettu ekvivalenttitaso.

(A-painotettu) enimmäistaso L_{Amax} [dB]

Tarkasteluaikana vallinnut suurin A-äänitaso määritettynä joko aikapainotuksella S (L_{ASmax}), F (L_{AFmax}) tai I (L_{AImax}). Ellei aikapainotusta tai keskiarvostusta erikseen mainita, tarkoitetaan aikapainotusta F.

Äänialtistustaso L_{AE} [dB]

A-painotetun äänenpaineen tehollisarvon kertymää [Pa^2s] vastaava A-äänitaso, eli tarkasteltavana aikana vallinnut keskiäänitaso normalisoituna yhteen sekuntiin.

Melun tyyppejä

Tasainen melu

Melu, jonka A-painotetun tason vaihtelut mittausaikana ovat alle 5 dB mitattuna aikapainotuksella S, esimerkiksi tasainen puhallinmelu.

Vaihteleva melu

Kaikki melu, joka ei ole edellisen määritelmän mukaisesti tasaista, on vaihtelevaa. Vaihtelevaksi meluksi voidaan katsoa esimerkiksi tieliikennemelu.

Erillisistä melutapahtumista koostuva melu

Senkaltainen vaihteleva melu, joka muodostuu useasta erillisestä rajatun ajan kestävästä melutapahtumasta. Erillisistä melutapahtumista koostuvaksi meluksi voidaan katsoa esimerkiksi lentomelu tai raideliikennemelu.

3 Mittauslaitteisto

Mittauslaitteiston tulee olla tarkoitettu keskiäänitason määrittämiseen joko suoraan tai epäsuorasti. Mittauslaitteiston tulee täyttää standardin SFS 2877/IEC 651 vaatimukset äänitasomittareille, mieluiten tarkkuusluokalle 1 mutta vähintään luokalle 2. Integroivan äänitasomittarin tulee kuulua standardin IEC 804 vastaaviin tarkkuusluokkiin. Mahdollisesti käytettävien vaihtoehtoisten laitteistojen ja lisälaitteiden tulee täyttää äänitasomittareille asetetut vaatimukset niiltä osin, jotka koskevat kyseistä laitteistoa.

Ympäristömelumittauksissa käytettävän laitteiston muodostaa yleensä integroiva eli keskiäänitasoa tai äänialtistustasoa suoraan mittaava äänitasomittari. Ei-integroivaa äänitasomittaria voidaan käyttää keskiäänitason määrittämiseen, jos melu on tasaista tai se koostuu selvästi eroteltavista tasaisista osista.

Tarvittaessa mittauslaitteistolla tulee voida mitata enimmäistaso aikapainotuksella F, S tai I. Aikapainotuksella S määritetyn enimmäistason sijaan voidaan toissijaisesti määrittää yhden sekunnin keskiäänitaso.

Mittauslaitteiden toiminta tulee tarkistaa ja tehdä tarvittavat säädöt käyttäen ulkoista kalibrointiäänilähdettä. Kalibrointiäänilähteen tulee täyttää vähintään standardin IEC 942 luokan 2 vaatimukset. Kalibrointi suositellaan tehtäväksi ennen jokaista mittaussarjaa ja mittausten jälkeen. Kalibroinnissa tulee ottaa huomioon, että koko mittaus-, tallennus- ja tulostuslaitteisto on kalibroitava, esimerkiksi mikrofoniin jatkokaapelin vaikutus on otettava huomioon.

Ulkona tapahtuvien mittausten aikana mikrofoni on aina varustettava mittarinvalmistajan suosittelemalla tuulisuojuksella.

4 Mittaukset

Seuraavassa esitetään yleisiä ohjeita eri melulähteiden ja -lähderyhmien aiheuttamien äänitasojen mittaamiselle. Mittausohjeen avulla voidaan useimmissa tapauksissa saada riittävän tarkka arvio melulähteen tarkasteltavalle alueelle aiheuttamasta melutasosta. Ohje soveltuu parhaiten ympäristömelun mittauksiin tilanteissa, joissa melulähteen ja mittauspisteen välinen etäisyys (mittausetäisyys) on pieni (katso luku 6). Jos mittausetäisyys on huomattavan suuri ja vaadittava tarkkuus parempi kuin tällä mittausohjeella saatavan tuloksen tarkkuus, on käytettävä tarkasteltavan ympäristömelutyypin melun mittaamisesta annettua erityismenetelmää tai käytettävä mittauksen tukena tarkasteltavalle ympäristömelutyypille soveltuvaa laskentamenetelmää.

Ohje koskee pääasiallisesti ulkona tehtäviä äänitasomittauksia. Mittauksilla määritetään melun keskiäänitaso ja/tai erityyppiset enimmäistasot. Joissakin tapauksissa voidaan myös mitata äänialtistustaso, josta keskiäänitaso voidaan laskea.

4.1 Käytännön ohjeita

Asianmukainen mittaus vaatii mittaajalta kokemusta ja mittauksiin liittyvien asioiden hallintaa. Huolellisuus mittauksissa on ensiarvoisen tärkeää. Seuraavassa on käytännön ohjeita mittauksen joustavaksi ja luotettavaksi suorittamiseksi.

4.1.1 Toimet ennen mittauksia

Jotta mittaustulos olisi mahdollisimman *edustava* ja *luotettava*, mittaajan on ennen mittauksiin ryhtymistä

- selvitettävä mittauksen tarkoitus
- edellisen perusteella mietittävä alustavasti mittauksen tarkoituksenmukaisin suorittamistapa, -ajankohta ja kesto.

Mittausajankohta valitaan siten, että mittausaikana vallitsevat olosuhteet vastaavat mitattavan melulähteen käyttöoloja tai toimintatapaa, joissa melu halutaan määrittää. Mittauksen kesto valitaan sopivaksi (riittävän pitkäksi tai lyhyeksi), jotta sen aikana saatu mittaustulos vastaisi edustavasti mitattavaa melua. Sääolojen tulee häiritä mittauksia mahdollisimman vähän, joten

- sateella ja kovan tuulen vallitessa ei mittauksia tule tehdä
- lämpötilan tulee olla äänitasomittarin sallitulla toiminta-alueella.

Mittauksen tarkoituksesta riippuen mittaustulosten edustavuus ja luotettavuus saattavat edellyttää mittauksia useina eri ajankohtina, esimerkiksi melulähteen eri käyttöolojen tai toimintatapojen aikana tai erilaisissa sääoloissa.

Esimerkki

Halutaan määrittää teollisuusmelun taso ennalta määrätyissä pisteissä lähellä tehdasta, kun tuulen voimakkuus ja suunta vastaavat yleisimmin vallitsevaa tilannetta. Tehtaan melun tiedetään olevan tasaista. Lähellä olevan kuljetusliikkeen toiminta ajoittuu pääosin alkuviikkoon. Lähellä sijaitsevan tien liikenne on vilkkaimmillaan klo 7-9, 10-12 ja 15-17.

Valitaan mittausajankohta sellaiseksi, että sääolot vastaavat yleisemmin vallitsevaa tilannetta. Mitataan melu loppuviikolla klo 12-15 välisenä aikana. Mittauksen kestoksi valitaan vain 10 minuuttia, koska mitattava melu on tasaista. Samalla harkitaan myös, kuinka monta 10 minuutin jaksoa tulee valita riittävän luotettavuuden saavuttamiseksi. Lyhyt mittausaika antaa paremman mahdollisuuden mittauksen uusimiselle, mikäli esimerkiksi kuljetusliike tai läheisen tien liikenne aiheuttaa epätavallisen voimakasta taustamelua mittaushetkellä.

Ennen mittauspaikalle menoa on syytä tehdä *esivalmisteluja*, esimerkiksi

- tarkistaa äänitasomittarin paristojoännite ja mittarin toimivuus
- pohtia, mitä lisälaitteita ja -välineitä mittauksessa äänitasomittarin ja kalibraattorin lisäksi mahdollisesti tarvitaan, esimerkiksi jalusta, jatkojohto, piirturi, nauhoitin jne.
- tehdä mittausta varten mittauspöytäkirjapohja, jos valmista pohjaa ei ole saatavilla.

4.1.2 Ohjeita mittauksiin

Mittauspaikalla tarkistetaan aluksi sääolot. Lämpötila, tuulen suunta ja arvio tuulen nopeudesta kirjataan mittauspöytäkirjaan. Mittauspisteet valitaan ottamalla huomioon kohdassa 4.2 esitetyt asiat. Mittauspaikan ympäristöstä laaditaan karkea piirros, josta selviävät mittauspisteiden, melulähteen, osalähteiden ja mahdollisten heijastavien pintojen sijainti, maaston muoto ja laatu, kasvillisuus ja muut meluun mahdollisesti vaikuttavat tekijät.

Äänitasomittarin annetaan olla päällä jonkin aikaa ennen *kalibrointia*. Kalibrointi suositellaan tehtäväksi ulkoista kalibrointiäänilähdettä käyttäen ennen jokaista mittaussarjaa. Mittausten päätyttyä on hyvä tarkistaa kalibroinnin pysyvyys. Kalibroitaessa äänitasomittari on kytkettävä lineaariselle alueelle, mikäli kalibrointitaajuus ei ole 1000 Hz. Kalibroinnin jälkeen valitaan mittauksessa tarvittavat äänitasomittarin asetukset (esimerkiksi A-painotus kaikissa A-äänitason mittauksissa, aikapainotus yleensä F tai S jne.) ja äänitasomittarin mikrofoni varustetaan *tuulisuojalla*.

Sopiva *mittausasteikko* valitaan tekemällä lyhyt koemittaus tarkasteltavasta melusta. Asteikko on valittava siten, että mittaustulos asettuu asteikon yläpäähän, mutta mittari ei kuitenkaan yliohjaudu.

Keskiäänitasoa mitattaessa äänitasomittari tai mikrofoni, jos käytetään jatkojohtoa, asetetaan valittuun mittauspisteeseen sijoitetulle *jalustalle* halutulle korkeudelle (yleensä 1,5 m maanpinnasta). Käsivaraisesti tehtyjä mittauksia on pyrittävä välttämään. *Mikrofoni* suunnataan siten, että sen taajuusvaste on tasaisin melulähteestä suoraan tulevalle äänelle

(useimmiten pääkseli kohti melulähdettä). *Mittausajanjakso* valitaan mittauksen tarkoituksen perusteella kohdan 4.4 mukaisesti. Kun mittaus aloitetaan, on nollattava mittarin muistipiireissä olevat vanhat tiedot, joka useimmissa mittareissa saadaan aikaan painamalla mittarin *RESET-näppäintä*.

Mittauksen aikana mittaria tarkkaillaan jatkuvasti, jotta mahdollinen yliohjautuminen ja muun kuin tarkasteltavan melun aiheuttamat häiriöt huomattaisiin. Mittaaja ei saa kuitenkaan olla aivan mikrofonin takana, jotta hän ei aiheuttaisi mittaustulosta vääristäviä heijastuksia. Jos mikrofoni kytketään mittariin yli 1,5 m:n jatkokaapelilla, mittaaja voi asettua kauemmaksi mikrofonista. Vaihtelevaa tai erillisistä melutapahtumista koostuvaa melua mitattaessa varsinkin pitkillä etäisyyksillä voidaan tehdä pitkäaikaisia mittauksia automaattisesti. Tällöin tulosten tulee tallentua sellaiseen muotoon, että niistä voidaan myöhemmin erottaa mahdollisten asiaankuulumattomien äänien (taustamelun ja muiden häiriöäänien) osuus.

Mitattavan melulähteen käyttöolot ja toimintatapa mittausten aikana kirjataan mittauspöytäkirjaan. Jos tarkoituksena on lyhytaikaisella mittauksella määrittää tiettyä ajanjaksoa (esimerkiksi päiväaika klo 7-22 tai yöaika klo 22-7) vastaava keskiäänitaso, on hankittava tiedot melulähteestä koko ajanjaksolta. Siten tarvitaan tiedot tieliikennemelua mitattaessa liikenteen määrästä ja nopeudesta ja teollisuuslaitoksen melua mitattaessa tärkeimpien osalähteiden käyttöoloista.

4.2 Mittauspisteiden sijainti

Avoimessa paikassa ja rakennusten tai muiden pystysuorien heijastavien pintojen lähellä tehdyt mittaukset eivät aina ole keskenään vertailukelpoisia. Mittaukset on pyrittävä ensisijaisesti tekemään avoimessa paikassa, ellei eri mittauspisteiden tulosten vertailukelpoisuus edellytä muuta.

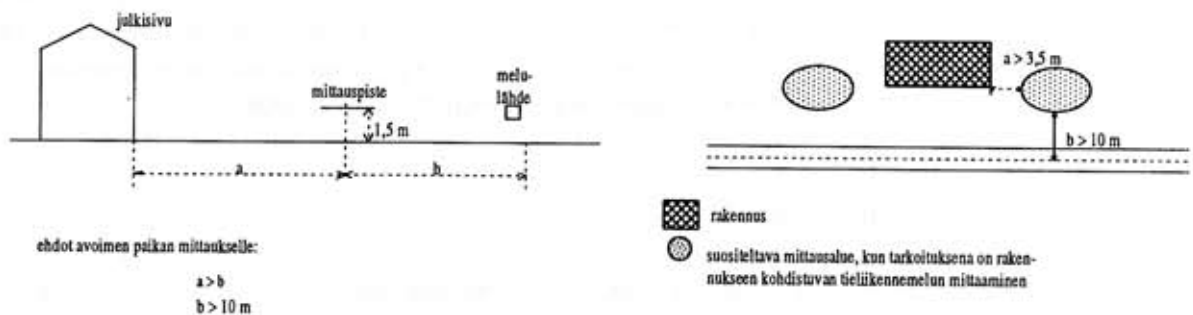
4.2.1 Mittaukset avoimessa paikassa

Tässä mittausohjeessa maasto määritellään mittausten kannalta avoimeksi, jos siinä ei ole ääntä heijastavia pystysuoria pintoja (esimerkiksi rakennusten seiniä) tai jos alueella on pystysuoria heijastavia pintoja, mutta niiden ja mittauspisteen välinen etäisyys on vähintään yhtä suuri kuin melulähteen ja mittauspisteen välinen etäisyys (vaadittava minimietäisyys on 10 m). Samoin jos voidaan osoittaa, että pystysuorista pinnoista tapahtuva geometrisen optiikan lakien mukainen heijastus ei saavuta mittauspistettä, vaikka pinnan ja mittauspisteen välinen etäisyys on vaadittua pienempi, maastoa voidaan tarkastella avoimena. Kapeiden pintojen (leveys alle 0,5 m), esimerkiksi puiden, ei katsota kuuluvan mainittuihin heijastaviin pintoihin. Mittauspisteen etäisyyden näistä on kuitenkin oltava vähintään 2 m. Kun mittausetäisyys on yli 50 m, pienten heijastavien pintojen (kooltaan noin 20-30 m²)

vaikutusta ei tarvitse ottaa huomioon, jos pinnat sijaitsevat yli 50 m:n etäisyydellä mittauspisteestä.

Avoimessa paikassa mittauspisteiden lukumäärä valitaan tutkittavan alueen suuruuden mukaan. Pientä aluetta tutkittaessa jo yksi mittauspiste voi olla riittävä, mutta suurella alueella tulee käyttää useampia mittauspisteitä. Erityistä huomiota on syytä kiinnittää alueen osiin, joihin melulähteen suuntaavuus ja/tai äänen etenemisen kannalta edulliset olosuhteet aiheuttavat suuremmat äänitasot kuin muihin osiin. Olosuhteet ovat edulliset esimerkiksi, jos maasto ja kasvillisuus eivät muodosta ääntä varjostavaa vaikutusta tai jos äänen etenemistie kulkee akustisesti kovan pinnan (kallio, asfaltti, vesistö ym.) yli. Avoimen paikan mittauksissa suositellaan käytettäväksi mittauskorkeutena 1,5 m maanpinnasta.

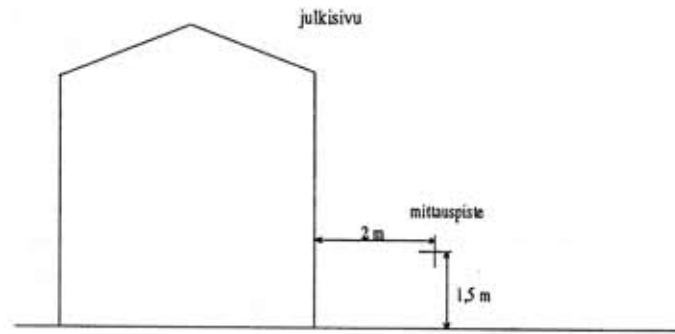
Myös rakennusten lähellä on usein mahdollista valita mittauspiste siten, että heijastukset eivät vaikuta merkityksellisesti mittaustulokseen. Kuvassa 1 on esimerkkejä mittauspisteiden sijoittamisesta siten, että ne täyttävät avoimen paikan vaatimukset.



Kuva 1. Mittaus avoimessa paikassa.

4.2.2 Mittaukset lähellä rakennusta

Kaupunkien keskusta-alueilla ja muissa paikoissa, missä avoimen paikan mittauksiin ei ole mahdollisuutta, melumittaukset on tehtävä rakennusten lähellä. Tällöin mittausolojen yhdenmukaisuuden takia suositeltava mittauspisteiden sijainti on 2 m:n etäisyydellä rakennuksen julkisivusta ja mittauspisteiden korkeus 1,5 m maanpinnasta tai kerrostalojen kohdalla tarkasteltavan kerroksen lattiatasosta. Mikäli ajorata on alle 2 m:n etäisyydellä rakennuksen julkisivusta, mittauspiste voidaan valita ajoradan reunasta. Mittauspisteiden etäisyyden muista kapeista pinnoista, esimerkiksi puista ja liikennemerkeistä, on oltava vähintään 2 m. Kuvassa 2 on esimerkki rakennuksen lähellä sijaitsevasta mittauspisteestä.



Kuva 2. Mittaus lähellä rakennusta.

4.3 Mittaukset sisätiloissa

Keskiäänitaso mitataan vähintään kolmessa mittauspisteessä 1,5 m:n korkeudella lattiasta. Mittauspisteiden on sijoitettava vähintään 0,5 m:n etäisyydellä toisistaan ja huoneen pinnoista sekä vähintään 1 m:n etäisyydellä ikkunasta. Mittauspisteitä valittaessa tulee välttää sellaisia pisteitä, joissa melutasot ovat huomattavasti suuremmat kuin huoneessa keskimäärin. Mittauspisteiden tuloksista lasketaan keskimääräinen keskiäänitaso kaavan (A.6) (liite A.2) mukaisesti. Vaihtoehtoisesti voidaan mikrofonia liikutella jatkuvasti huoneessa mittauksen aikana esimerkiksi liikkuvan puomin avulla. Mittauksen aikana ikkunoiden on oltava suljettuja ja mahdollisten korvausilmaventtiileiden säätöjen normaaliasennossa. Sisämelutasoja mitattaessa on varmistuttava siitä, että mitataan todella tutkittavan ympäristömelulähteen huoneeseen aiheuttamaa melua eikä rakennuksen sisällä syntyvää tai jotain muuta melua.

4.4 Erilaisten melutyypin keskiäänitason määrittäminen

Keskiäänitason määrittämiseen tarvittava mittausaika ja mittauksen käytännön suoritus riippuvat tarkasteltavasta melusta. Tämä ohje sisältää yleisiä näkökohtia perustyyppiltään erilaisten melujen keskiäänitason mittaamisesta ja mittauksen perusteella tehtävästä määrätystä ajanjaksoa vastaavan keskiäänitason määrittämisestä. Eri ympäristömelulähteiden melun mittaamisesta annettavat erityisohjeet sisältävät lisätietoja tietyn ympäristömelulähteen aiheuttaman keskiäänitason määrittämisestä.

Ympäristömelun tyypit voidaan karkeasti jaotella neljään eri perustyyppiin:

- tasainen melu
- tasainen melu, jossa on portaittaisia tasonvaihteluita
- vaihteleva melu
- erillisistä melutapahtumista koostuva melu.

Teollisuuslaitoksen aiheuttamaa melua voidaan joskus luonnehtia tasaiseksi (portaittaisin tasonvaihteluin tai ilman) ja esimerkiksi

rakentamismelua vaihtelevaksi. Esimerkiksi lento- ja raideliikenteen aiheuttama melu ja harvaan liikennöidyn tien melu koostuvat erillisistä melutapahtumista.

Mittausten ajankohdan ja keston on oltava sellainen, että mittaustulos edustaa - tai se on laskennallisesti muunnettavissa edustamaan - määrättylle ajanjaksolle sattuvien melutapahtumien aiheuttamaa keskiäänitasoa. Mitä vaihtelevampaa ja satunnaisempaa melu on, sitä pitempiaikaiset mittaukset ovat tarpeen.

4.4.1 Tasainen melu

Tasaisen melun vaihtelu on alle 5 dB (katso luku 2). Tasaisen melun keskiäänitaso voidaan määrittää lyhyellä mittauksella. Määrättyä ajanjaksoa vastaava keskiäänitaso on tasaisella melulla sama kuin lyhyellä mittauksella saatu tulos, jos voidaan olettaa, että melu pysyy samanlaisena koko kyseisen ajanjakson. Tällöin hyvissä sääoloissa jo 10 minuuttia kestävä mittaus voi olla riittävän pitkä.

Mikäli keskiäänitason mittaamiseen käytetään ei-integroivaa mittaria, luetaan mittarin näyttämä sopivin väliajoin ja keskiäänitaso lasketaan kaavasta (A.6) (liite A.2). Mittauksissa suositellaan käytettäväksi aikapainotusta S käytettäessä ei-integroivaa mittaria.

4.4.2 Tasainen melu, jossa on portaittaisia tasonvaihteluita

Jos melu koostuu useasta äänitasoltaan selvästi toisistaan erottuvasta tasaisesta osamelusta, keskiäänitaso voidaan määrittää mittaamalla kunkin tasaisen osamelun keskiäänitaso kohdassa 4.4.1 esitetyllä tavalla ja yhdistämällä lopuksi mittauksilla saadut osamelujen keskiäänitasot kaavan (A.4) mukaisesti (liite A.2).

Tiettyä ajanjaksoa vastaava keskiäänitaso saadaan määrittämällä tämän ajanjakson kuluessa esiintyneiden tasaisten osamelujen muodostama kokonaiskeskiäänitaso.

4.4.3 Vaihteleva melu

Vaihtelevan melun keskiäänitaso mitataan integroivalla äänitasomittarilla. Mittauksessa käytettävä mittausaika riippuu mittauksen tarkoituksesta. Selvitysluonteisissa mittauksissa ja kun tarkoituksena ei ole määrittää tietyn ajanjakson keskiäänitasoa, mittausaika voi olla melko lyhyt, esimerkiksi 10 minuuttia. Tällöin saatu mittaustulos edustaa vain mittauksessa käytettyä mittausaikaa.

Jos mittauksen tarkoituksena on määrittää vaihtelevan melun tiettyä ajanjaksoa vastaava keskiäänitaso, mittaus voidaan tehdä joko käyttämällä mittausaikana koko ajanjaksoa tai lyhytaikaisemmalla

mittauksella, jonka tuloksen ja melulähteen toiminnasta hankittujen lisätietojen perusteella kyseistä ajanjaksoa vastaava keskiäänitaso voidaan määrittää laskennallisesti. Esimerkiksi tieliikennemelun tiettyä ajanjaksoa vastaava keskiäänitaso voidaan määrittää tekemällä lyhytaikainen mittaus ja määrittämällä mittausajan liikennemäärä (henkilö- ja pakettiautot sekä raskaat ajoneuvot erikseen) ja ajoneuvojen keskimääräinen nopeus. Ajanjakson keskiäänitaso saadaan määritetyksi vertaamalla mittausajan liikennetietoja koko ajanjakson liikennetietoihin ja tekemällä niitä vastaavat korjaukset mittaustulokseen.

4.4.4 Erilliset melutapahtumat

Jos melu muodostuu selvästi eroteltavista melutapahtumista, keskiäänitaso voidaan määrittää mittaamalla kunkin melutapahtuman äänialtistustaso. Tarkasteltavan ajanjakson keskiäänitaso saadaan yhdistämällä melutapahtumien äänialtistustasot kaavan (A.10) mukaisesti ja laskemalla yhteenlasketun äänialtistustason perusteella keskiäänitaso kaavan (A.11) mukaisesti (liite A.2).

4.5 Enimmäistason määrittäminen

Enimmäistasolla tarkoitetaan suurinta mittausaikana esiintynyttä hetkellistä A-painotettua äänitasoa. Eri aikapainotuksilla enimmäistasot ovat erilaiset. Aikapainotus valitaan mitattavan melun ja mittauksen tarkoituksen perusteella. Yleensä käytetään aikapainotuksia F tai S. Enimmäistaso suositellaan määritettäväksi useammalta (esimerkiksi kolmen) mittausajalta luettujen enimmäistasojen keskiarvona tai pysyvyytasona. Mittauspöytäkirjassa on aina selvitettävä enimmäistason mittauksessa käytetty aikapainotus ja enimmäistason määrittämistapa.

4.6 Sääolot mittauksen aikana

Tuulen nopeus ja suunta, lämpötilan vaihtelut eri korkeuksilla sekä ilman kosteus (sade, sumu) vaikuttavat äänen etenemiseen ja siten myös mittaustulokseen. Sääolojen vaikutus on sitä suurempi, mitä pitempi melulähteen ja mittauspisteen välinen etäisyys on. Sääolot tulee tarkistaa ennen mittauksia ja tarvittaessa siirtää mittausajankohtaa suotuisempiin sääoloihin. Erityisesti on tarkistettava, että lämpötila on äänitasomittarin sallitulla toiminta-alueella. Kesällä ja talvella maanpinnan, kasvillisuuden ja lumen aiheuttaman äänen absorption johdosta mittaustulokset saattavat olla alhaisempia kuin syksyllä, kun maanpinta on paljas.

Mittaukset pyritään pääsääntöisesti tekemään siten, etteivät sääolot aiheuta merkityksellistä lisävaimennusta verrattuna äänen etenemisen kannalta edullisiin oloihin ja että mittaustulokset ovat mahdollisimman luotettavia ja toistettavia. Ensiksi mainitun johdosta tulokset edustavat sääoloja, joissa äänen etenemisessä kohteeseen äänenvaimeneminen on vähäistä.

Mittaustulosten luotettavuuden ja toistettavuuden takia mittaukset suositellaan tehtäväksi, mikäli mahdollista, lyhyillä mittausetäisyyksillä (mielellään alle 30 m, ks. luku 6), heikon tai kohtalaisen myötätuulen (melulähteestä mittauspisteeseen päin suunnilleen sektorissa $\pm 45^\circ$) tai tyynen sään aikana ja sateettomana aikana, ellei tulosten edustavuus edellytä muunlaisia olosuhteita. Tuuli katsotaan tässä mittausohjeessa riittävän heikoksi, jos sen nopeus on enintään 5 m/s mitattuna vähintään 2 m:n korkeudella. Tuulen nopeus ja suunta suositellaan mitattavaksi tuulimittarilla. Jos ei ole käytettävissä tuulimittaria, tuulen suunnan voi karkeasti arvioida ja tarvittaessa mittausaikana vallinneen tuulen nopeuden ja suunnan voi jälkikäteen tarkistaa sääasemalta. Tällöin hetkittäisten kovien tuulenpuuskien aikana tulee välttää mitaamista. Mittauspöytäkirjassa tulee mainita kyseinen sääasema. Yli 1000 m:n mittausetäisyyksiä tulisi kokonaan välttää, mikäli mahdollista. Luvussa 6 on käsitelty eri mittausoloissa saatujen mittaustulosten luotettavuutta sekä mahdollisuutta käyttää laskentamallia pitkille etäisyyksille.

4.7 Taustamelu mittauksen aikana

Taustameluun tulee kiinnittää riittävästi huomiota, jotta se ei aiheuttaisi virhettä mittaustulokseen. Erityistä huomiota taustameluun on kiinnitettävä mitattaessa jonkin tietyn ympäristömelulähteen (esimerkiksi tieliikenne, lentoliikenne, teollisuuslaitos) yksinään aiheuttamaa melua. Tällöin muun kuin mitattavan melun äänitason tulee mittausaikana olla 10 dB mitattavaa melua pienempi. Esimerkiksi mitattaessa tieliikennemelua paikassa, jonka lähellä kulkee lentoliikennettä, mittausaika on valittava siten, että sen aikana ei ylilentoja tapahdu, tai keskeytettävä mittaus ylilennon ajaksi.

5 Mittauspöytäkirja

Mittaustulosten lisäksi mittauspöytäkirjassa esitetään vähintään seuraavat tiedot.

- mittausten suorittaja, mittauspaikka, ajankohta (päivämäärä ja kellonaika)
- mittauksissa käytetty laitteisto ja sen kalibroitimenettely
- mittausmenettely
 - enimmäistason mittauksessa käytetty aikapainotus
- mittaukset ulkona
 - mikrofonin korkeus ja etäisyys melulähteestä mittauspisteeseen
 - piirros tutkittavasta alueesta sisältäen tiedot mittauspisteiden sijainnista melulähteeseen ja mahdollisiin heijastaviin pintoihin ja äänen kulkutiellä oleviin esteisiin nähden
 - tiedot maanpinnan laadusta ja kasvillisuudesta melulähteen ja mittauspisteiden välillä
- mittaukset sisätiloissa
 - mikrofonin korkeus
 - piirros huoneesta sisältäen tiedot mittauspisteistä, huoneen mittoista, materiaaleista ja huonekaluista, ikkunoista, ilmanvaihtoventiileistä ja muista melutasoon vaikuttavista tekijöistä
- selvitys havaituista melulähteistä ja niiden osuudesta kokonaismelutasoon; selvitystaustamelun tasosta
- mitattavan melulähteen käyttöolot tai toimintatapa
- määritettäessä tiettyä ajanjaksoa vastaavaa keskiäänitasoa lyhytaikaisella mittauksella sellaiset tiedot melulähteen toiminnasta mittausaikana, joiden avulla kyseistä ajanjaksoa vastaavan keskiäänitason laskeminen on mahdollista
- selvitys melun ominaisuuksista, esimerkiksi impulssimaisuus, kapeakaistaisuus, äänemäiset komponentit (esiintyminen ja kesto aika) (ks. liite A.1)

- tiedot mittauksen aikana vallinneista sääoloista, esimerkiksi tuulen suunta ja nopeus, lämpötila, mahdollinen sade, ilmanpaine, suhteellinen kosteus, sekä menetelmät niiden toteamiseksi (mittarit, sääasemat)
- muut mittaustulokseen mahdollisesti vaikuttavat tekijät.

6 Mittaustulosten vertaaminen melutason ohjearvoihin

Melumittausten vertailukelpoisuus ja luotettavuus ovat tärkeitä erityisesti silloin, kun mittaustulosten pohjalta tehdään johtopäätöksiä. Kun tuloksen perusteella tehdään meluntorjunnan ratkaisuja tai tarkoituksena on verrata mittaustulosta ohjearvoon, tiedot mittaustulosten epävarmuudesta ja tilastollisesta luotettavuudesta tulee sisältyä mittausraporttiin.

Erilaisia epävarmuustekijöitä ovat mm. mittauslaitteiden tarkkuus, mittausmenetelmän tarkkuus, mittajaan aiheuttamat ääniheijastukset, mitattavien äänilähteiden äänensäteilyn vaihtelu, sääolot sekä taustamelu. Äänen etenemisvaimentumiseen vaikuttavilla sääoloilla, joita ovat erityisesti tuuli (nopeus ja suunta), on usein suurin vaikutus lopputulokseen. Äänilähteen ja mittauspaikan välisen etäisyyden kasvaessa sääolojen vaikutus lopputulokseen lisääntyy voimakkaasti.

Liitteessä B on määritelty mittaustulosten epävarmuuteen liittyvä riskitason käsite. Asetettu riskitaso on tässä mittausohjeessa yksisuuntaiselle testille 5 % ja kaksisuuntaiselle 10 %. Tässä luvussa esitettävät mittaustulosten epävarmuudet perustuvat mainittuihin riskitasoihin. On mahdollista käyttää myös muita riskitasoja. Tällöin tässä esitettävät lukuarvot epävarmuuksille eivät enää päde, vaan epävarmuus tulee määrittää suoraan liitteen B mukaisin menetelmin käyttäen valittua riskitasoa vastaavia kertoimia.

Tässä esitettävät epävarmuuden lukuarvot eivät sovellu lentomelun mittaustulosten epävarmuuden arvioinnin pohjaksi.

6.1 Mittaustulosten epävarmuus

Mittaustulosten epävarmuus lisääntyy mittausetäisyyden kasvaessa. Taulukossa 1 on esitetty tulosten epävarmuus ΔL eri mittausetäisyyksillä liitteen B mukaisesti arvioituna.

Taulukko 1. Mittaustulosten epävarmuus eri mittausetäisyyksillä.

tulosten epävarmuus (ΔL)	2 dB	4 dB	7 dB
mittausetäisyys	30 m	100 m	500 m

Mittaustulosten epävarmuutta voidaan oleellisesti parantaa tekemällä useita toisistaan riippumattomia mittauksia. Tällöin lopullinen mittaustulos on saatujen mittaustulosten aritmeettinen keskiarvo kaavan (B.5) (liite B) mukaisesti. Mittaukset voidaan katsoa toisistaan riippumattomiksi, mikäli ne tehdään eri päivinä, mieluummin ei aivan perättäisinä päivinä. Useammalla toisistaan riippumattomalla mittauksella taulukon 1 mukaisia mittausetäisyyksiä voidaan pidentää esimerkiksi taulukon 2 mukaisesti. Liitteessä B on annettu tarkemmat ohjeet

mittaustulosten epävarmuuden arvioimiseksi useampien mittausten yhteydessä.

Taulukko 2. Esimerkkejä mittaustulosten epävarmuudesta eri mittausetäisyyksillä, kun mittauskertoja on useita.

tulosten epävarmuus (ΔL)	2 dB	4 dB
mittausten vähimmäismäärä	6	4
mittausetäisyys	100 m	500 m

Taulukoissa 1 ja 2 esitettyjen mittaustulosten epävarmuuksien saavuttamiseksi on mittausolojne lisäksi täytettävä taulukon 3 mukaiset vaatimukset.

Taulukko 3. Mittausoloja koskevat vaatimukset.

ei sadetta
tuulen nopeus korkeintaan 5 m/s mitattuna vähintään 2 m:n korkeudella
tuulen suunta melulähteestä mittauspisteeseen päin suunnilleen sektorissa $\pm 45^\circ$ (vaatimus koskee yli 30 m:n mittausetäisyyksiä)
taustamelun aiheuttama äänitasoindikaatio vähintään 10 dB alle mitattavan äänitason
äänitasomittarin tarkkuusluokka 2 tai parempi (1 tai parempi tulosten epävarmuudella $\Delta L = 2$ dB)

Poikkeus taulukon 3 mukaisiin vaatimuksiin

Mikäli äänitaso halutaan määrittää tietyissä sääoloissa, esimerkiksi sellaisissa, jotka yleensä vallitsevat mittausalueella, kolmen ensiksi mainitun vaatimuksen ei tarvitse täytyä. Tällöin mittauspöytäkirjassa tulee mainita selkeästi poikkeavat olosuhteet.

Tehtäessä ohjearvoihin verrattavaa mittausta tarvitaan tieto tuloksen epävarmuudesta. Mittaustulosten epävarmuus saadaan joko taulukosta 1 tai 2 edellyttäen, että taulukon 3 vaatimukset täyttyvät. Mikäli esitettyjä vaatimuksia ei voi täyttää tai esitetyt suurimmat mittausetäisyydet ylittyvät, mittausedpävarmuudeksi katsotaan $\Delta L = 10$ dB. Jos halutaan soveltaa tässä esitettyä menetelmää tarkempaa virhetarkastelua, voidaan tehdä tilannekohtainen luotettavuusarvio. Liitteessä B on tähän yleisohjeet.

Mittausten aikana vallinnut lämpötilagradientti [$^\circ\text{C}/\text{m}$] ja suhteellinen kosteus suositellaan mainittaviksi pöytäkirjassa, mikäli ne voidaan määrittää. Lämpötilagradientti voidaan määrittää mittaamalla lämpötilaero korkeuksien 0,5 m ja 10 m välillä ja jakamalla tämä

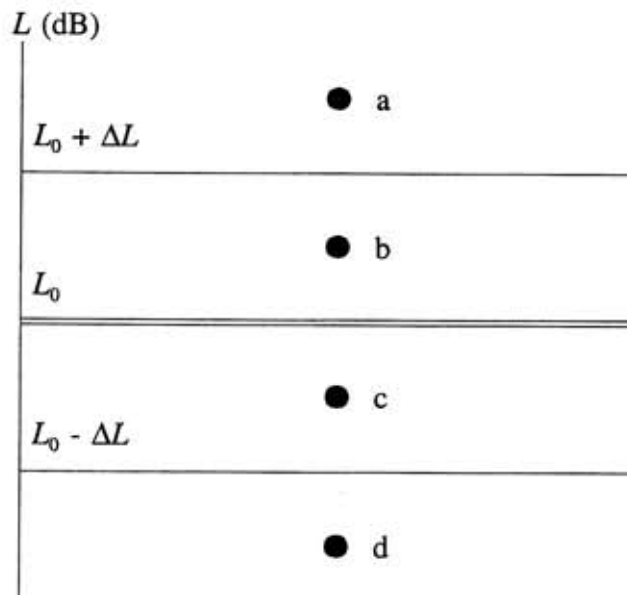
korkeuserolla 9,5 m. Tuulen nopeuden ollessa erittäin pieni (alle 2 m/s mitattuna 10 m:n korkeudella) on parempi, jos lämpötilagradientti ei ole negatiivinen (lämpötila ei pienene korkeuden myötä). Tällainen tilanne vallitsee usein esimerkiksi illalla, yöllä, aamulla ja yleisesti pilvisellä säällä. *Mahdollinen pilvisyys tulee mainita mittauspöytäkirjassa.*

Edellä ei ole otettu huomioon lähteen äänensäteilyn vaihtelun vaikutusta mittaustulosten epävarmuuteen. Tämän mittausohjeen mukaisesti saadun mittaustuloksen on katsottava edustavan melutasoa vain äänilähteen käyttöoloja ja toimintatapaa vastaavissa oloissa. Mainitut olot on kirjattava huolellisesti mittauspöytäkirjaan, samoin kuin arvio mittauspisteiden, -ajankohdan ja mittausten keston edustavuudesta. Tarvittaessa mittaukset voidaan tehdä erikseen äänilähteen eri käyttöoloja tai toimintatapoja vastaavissa olosuhteissa.

6.2 Vertaaminen melutason ohjearvoon

Jos melu on luonteeltaan iskumaista tai kapeakaistaista, melutason ohjearvojen mukaan mittaus- tai laskentatulokseen lisätään 5 dB ennen sen vertaamista ohjearvoon.

Yleisen epävarmuuskäsitteen nojalla ohjearvo L_0 voidaan katsoa ylityksi mittaustuloksen perusteella, jos mittaustulos $> L_0 + \Delta L$. Vastaavasti mittaustuloksen perusteella ohjearvo L_0 voidaan katsoa alitetuksi, jos mittaustulos $\leq L_0 - \Delta L$. Mikäli $\Delta L \leq 2$ dB ja $L_0 - \Delta L < \text{mittaustulos} \leq L_0 + \Delta L$, niin mittaustulos on tulkittava yhtä suureksi kuin ohjearvo. Kuvassa 3 on esitetty ohjearvon ylityksen ja alituksen todentamisen periaate.



Kuva 3. Neljä esimerkkiä mittaustuloksen sijoittumisesta ohjearvoon L_0 ja mittaustulosten epävarmuuteen ΔL nähden. Ohjearvo ylittyy mittaustuloksella a ja alittuu mittaustuloksella d. Mikäli ΔL ei ylitä arvoa 2 dB, mittaustulokset b ja c tulkitaan yhtä suureksi kuin ohjearvo.

- Esimerkki* Esitetyt vaatimukset täyttävissä olosuhteissa mittausetäisyydellä 400 m on mittaustulokseksi saatu ohjearvoa 5 dB pienempi tulos. Tuloksen perusteella ei voi sanoa, että ohjearvo alittuu.
- Esimerkki* Esitetyt vaatimukset täyttävissä olosuhteissa mittausetäisyydellä 400 m on mittaustulokseksi saatu neljän eri päivinä mitatun tason keskiarvona ohjearvoa 5 dB pienempi tulos. Tulos osoittaa, että ohjearvo alittuu.
- Esimerkki* Olosuhteissa, jotka eivät täytä esitettyjä vaatimuksia, on mittaustulokseksi saatu ohjearvoa 12 dB suurempi tulos. Tulos osoittaa, että ohjearvo ylittyy.

Mikäli ohjearvon ylitys tai alitus halutaan todentaa, mutta esitettyjä vaatimuksia ei ole mahdollista saada täytetyksi, on tehtävä tilannekohtainen luotettavuusarvio. Liitteessä B on annettu tähän yleisohjeet.

6.3 Laskentamallien käyttö

Mikäli tarkastelualue on melulähteestä kauempana kuin esitetyt vaatimukset edellyttävät (yli 500 m), melutaso voidaan mitata vaatimusten edellyttämällä mittausetäisyydellä (esimerkiksi 10-30 m) ja laskentamallin avulla muuntaa tulos tarkastelualueelta vastaavaksi. Myös alle 500 m:n etäisyyksille äänitasot voidaan laskea lyhyemmillä mittausetäisyyksillä saatujen mittaustulosten pohjalta. Laskenta on erityisen suositeltavaa silloin, kun halutaan määrittää avoimen paikan melutaso kohteessa, jossa sitä ei heijastusten tai taustamelun takia ole mahdollista mitata. Saadun laskentatuloksen epävarmuus voidaan laskea mittaustuloksen ja laskentamallin epävarmuuden pohjalta liitteen B mukaisesti. Käytetty laskentamalli ja laskennassa huomioonotetut äänen etenemiseen vaikuttavat tekijät tulee ilmoittaa lopputulosten yhteydessä.

Laskentamalleissa oletetut sääolot poikkeavat joiltakin osin tässä mittausohjeessa suositelluista sääoloista. Lisäksi laskentamallit eivät aina ota huomioon kaikkia äänen etenemiseen ja vaimentumiseen vaikuttavia seikkoja. Silti äänitason laskennallinen arviointi voi olla mittauksia luotettavampaa tilanteissa, joissa mittaustulosten epävarmuus on suuri, koska laskentamallien ja mittausten tuloksien epävarmuudet riippuvat osittain eri tekijöistä.

Osastopäällikkö
Ylijohtaja

OLLI OJALA
Olli Ojala

Ylitarkastaja

SIRKKA-LIISA PAIKKALA
Sirkka-Liisa Paikkala

JAKELU

Kunnat

TIEDOKSI

Alueelliset ympäristökeskukset
Sosiaali- ja terveysministeriö
Ilmailulaitos
Kansanterveyslaitos
Merenkukuhallitus
Pääesikunta
Rajavartiolaitos
Tielaitos
Valtionrautatiet
Valtion teknillinen tutkimuskeskus

Liite A Käsitteitä ja määritelmiä

A.1 Peruskäsitteitä

Ääni

Kimmoisen väliaineen (ilman) hiukkasten värähtely, joka etenee aaltoliikkeenä ja joka saa aikaan kuuloaistimuksen.

Melu

Meluntorjuntalain mukaan melulla tarkoitetaan terveydelle haitallista, ympäristön viihtyisyyttä merkityksellisesti vähentävää tai työntekeä merkityksellisesti haittaavaa ääntä taikka siihen rinnastettavaa tärinää. Yleisesti melu määritellään ääneksi, jonka ihminen kokee epämiellyttävänä tai häiritseväenä tai joka on muulla tavoin ihmisen terveydelle vahingollista taikka hänen muulle hyvinvoinnilleen haitallista.

Ympäristömelu

Ympäristömelu on yleisnimitys kaikelle ihmisen asuin- ja elinympäristössä esiintyvälle melulle. Tässä ympäristömelu määritellään ääneksi, jota voi aiheuttaa

- a) liikenne
 - tieliikenne, lentoliikenne, raideliikenne, muu liikenne
- b) teollisuus
 - teollisuusrakennukset, voimalaitokset, louhimot, murskaamot
- c) rakentaminen
- d) vapaa-ajan toiminnot
 - moottoriurheilu, ampumaradat, ulkoilmatilaisuu-
det, pienoislennokit, vesiskootterit yms.

Taustamelu

Muu kuin mitattava melu.

Impulssimelu (iskumainen melu)

Melu, joka sisältää hetkellisiä, enintään 1 s kestäviä ja toisistaan selvästi erottuvia meluhuippuja. Impulssimelua aiheuttavat tyypillisesti iskut, laukaukset, räjähdykset ja sähköpurkaukset. Jos kuulohavainto ei riitä melun impulssimaisuuden (iskumaisuuden) toteamiseen, voidaan käyttää seuraavaa kriteeriä:

- A-äänitasojen L_{pAI} (keskiarvostettu aikapainotuksella I) ja L_{pAS} (keskiarvostettu aikapainotuksella S) samaan äänipulssiin liittyvä enimmäistasojen ero $L_{AI\max} - L_{AS\max}$ on 5 dB¹ tai enemmän.

Jos äänipulsseja on useampia kuin yksi, enimmäistasojen tilalla voidaan käyttää niiden eri äänipulsseista otettujen arvojen aritmeettista keskiarvoa. Jos äänipulsseja on enemmän kuin kerran sekunnissa, enimmäistason $L_{AS\max}$ tilalla voidaan käyttää keskiäänitasoa $L_{Aeq,T}$, missä keskiäänitason määrittäysaika T on sama kuin äänipulssien tarkastelu-aika.

Kapeakaistainen melu

Melu, jossa on selvästi kuultavia soivia ääniä (ääneksiä tai äänemäisiä komponentteja). Jos kuulohavainto ei selkeästi sulje pois kapeakaistaisuuden mahdollisuutta, voidaan melun kapeakaistaisuus karkeasti todentaa seuraavasti: ainakin yhden terssikaistan terssipainetaso on vähintään 5 dB suurempi kuin välittömästi kyseisen kaistan ala- ja yläpuolella olevien terssikaistojen äänenpainetasot.

Äänes

Ääni, joka sisältää vain yhtä taajuutta.

Leviämismaimennus

Äänilähteestä etäännyttäessä havaittava äänitason alenema, joka aiheutuu äänienergian jakautumisesta suuremmalle pinnalle. Pistelähteen aiheuttaman äänikentän leviämismaimennus on 6 dB ja viivalähteen 3 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa.

A.2 Äänikentästä mitattavien suureiden määritelmiä

Äänenpainetaso L_p [dB]

Äänenpainetaso määritellään yhtälöllä

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{p}{p_0} \right)^2, \quad (\text{A.1})$$

missä p on tarkasteltavan äänen äänenpaineen tehollisarvo [Pa]
 p_0 on vertailuäänepaine 20 μPa .

¹ Yleisesti ko. lukuna käytetään arvoa 5 dB. Kansainvälisen standardin ISO 3744:1981 muutosehdotuksessa (1990) kyseinen luku on määritetty kuitenkin 3 dB:ksi.

A-äänitaso L_{pA} [dB]

A-äänitaso määritellään yhtälöllä

$$L_{pA} = 10 \lg \left(\frac{p_A}{p_0} \right)^2, \quad (\text{A.2})$$

missä p_A on tarkasteltavan äänen A-painotetun äänenpaineen tehollisarvo [Pa]

p_0 on vertailuäänepaine 20 μPa .

A-äänitaso voidaan määrittää eksponentiaalisella lyhytaikaisella keskiarvostuksella käyttäen aikapainotusta S (L_{pAS}), F (L_{pAF}) tai I (L_{pAI}) (liite A.3)

Ekvivalentti A-äänitaso (keskiäänitaso, ekvivalenttitaso) $L_{Aeq,T}$ [dB]

Ekvivalentti A-äänitaso määritellään yhtälöllä

$$\begin{aligned} L_{Aeq,T} &= 10 \lg \left(\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{L_{pA}(t)}{10}} dt \right) \\ &= 10 \lg \left(\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right), \end{aligned} \quad (\text{A.3})$$

missä t_1 on määrätyn ajanjakson T alkuhetki

t_2 on määrätyn ajanjakson T loppuhetki

$L_{pA}(t)$ on tarkasteltavan äänen A-äänitason hetkellisarvo [dB]

$p_A(t)$ on tarkasteltavan äänen A-painotetun äänenpaineen hetkellisarvo [Pa]

p_0 on vertailuäänepaine 20 μPa .

Keskiäänitaso riittävän pitkällä ajanjaksolla määritettynä ei riipu eksponentiaaliseen keskiarvostukseen käytetystä aikapainotuksesta, paitsi jos aikapainotuksena on nousevan ja laskevan pulssinosan suhteen epäsymmetrinen I (liite A.3). Kyseistä aikapainotusta käytettäessä puhutaan ekvivalentista AI-äänitasosta.

Jos tunnetaan usean ajanjakson keskiäänitaso, niitä vastaavan kokonaisajan keskiäänitaso saadaan kaavasta

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^M T_i 10^{\frac{L_{Aeq,T_i}}{10}} \right), \quad (A.4)$$

missä M on ajanjaksojen lukumäärä
 T_i on ajanjakson i kesto
 T on kokonaisaika ($\sum T_i$)
 L_{Aeq,T_i} on ajanjakson i keskiäänitaso.

Esimerkki Mittauspäivänä klo 7-10 saatiin $L_{Aeq,3h} = 45$ dB, klo 10-17 saatiin $L_{Aeq,7h} = 50$ dB ja klo 17-22 saatiin $L_{Aeq,5h} = 47$ dB. Klo 7-22 vastaava keskiäänitaso on tällöin

$$L_{Aeq,15h} = 10 \lg \frac{1}{15} (3 \cdot 10^{45/10} + 7 \cdot 10^{50/10} + 5 \cdot 10^{47/10}) \text{ dB} = 48,4 \text{ dB}$$

Jos jollakin ajanjaksoista T_i tarkasteltavaa melua ei ole, kyseinen termi $L_{Aeq,T}$:n kaavassa olevassa summassa jätetään pois (ei kuitenkaan T :n summalausekkeessa). Jos esimerkiksi ainoastaan ajanjaksona T_1 on melua, saadaan

$$\begin{aligned} L_{Aeq,T} &= 10 \lg \left(\frac{T_1}{T} 10^{\frac{L_{Aeq,T_1}}{10}} \right) \\ &= L_{Aeq,T_1} + 10 \lg \left(\frac{T_1}{T} \right) \end{aligned} \quad (A.5)$$

Esimerkki Mittauspäivänä klo 10-17 saatiin $L_{Aeq,7h} = 60$ dB sekä klo 7-10 ja 17-22 vähemmän kuin 50 dB. Ajanjaksoa klo 7-22 vastaava keskiäänitaso määräytyy tällöin ajalta klo 10-17 ja on

Jos kaikki ajanjaksot T_i ovat saman pituisia, keskiäänitasoksi saadaan

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left(\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M 10^{\frac{L_{Aeq,T_i}}{10}} \right) \quad (A.6)$$

Tehtaessa tasavälinen näytteenotto A-äänitasosta koko ajanjaksolta T keskiäänitaso saadaan kaavasta

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{pAi}}{10}} \right), \quad (A.7)$$

missä N on näytteiden kokonaismäärä
 L_{pAi} on i :nnen A-äänitasonäytteen arvo.

Esimerkki Mittausaikana saatiin tasavälisellä näytteenotolla A-äänitasoksi 50 dB, 52 dB, 51 dB, 55 dB, 56 dB, 54 dB, 51 dB, 50 dB ja 49 dB. Mittausaikaa vastaava keskiäänitaso on tällöin

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \frac{1}{9} (10^{50/10} + 10^{52/10} + 10^{51/10} + 10^{55/10} + 10^{56/10} + 10^{54/10} + 10^{51/10} + 10^{50/10} + 10^{49/10}) \text{ dB} = 52,6 \text{ dB} .$$

Koska kaavat (A.6) ja (A.7) ovat muodollisesti samanlaiset, tämä esimerkki käy myös esimerkistä keskiäänitason määrittämisestä, kun esitetyt mittaustulokset kuvaavat keskenään samanpituisten ajanjaksojen keskiäänitasoja.

Usean melulähteen yhdessä aiheuttama keskiäänitaso saadaan kaavasta

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{Aeq,i}}{10}} \right), \quad (A.8)$$

missä n on eri melulähteiden lukumäärä
 $L_{Aeq,i}$ on melulähteen i keskiäänitaso.

Esimerkki Kolmen melulähteen aiheuttamiksi keskiäänitasoiksi saatiin 45 dB, 50 dB ja 47 dB. Melulähteiden yhdessä aiheuttama keskiäänitaso on tällöin

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg (10^{45/10} + 10^{50/10} + 10^{47/10}) \text{ dB} = 52,6 \text{ dB} .$$

Äänialtistustaso L_{AE} [dB]²

Äänialtistustaso määritellään yhtälöllä

$$\begin{aligned} L_{AE} &= 10 \lg \left(\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{L_{pA}(t)}{10}} dt \right) \\ &= 10 \lg \left(\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right), \end{aligned} \quad (\text{A.9})$$

missä t_1 on tarkasteluajan alkuhetki
 t_2 on tarkasteluajan loppuhetki
 t_0 on vertailuaika 1 s
 $L_{pA}(t)$ on tarkasteltavan äänen A-äänitason hetkellisarvo [dB]
 $p_A(t)$ on tarkasteltavan äänen A-painotetun äänenpaineen hetkellisarvo [Pa]
 p_0 on vertailuäänepaine 20 μPa .

Äänialtistustaso kuvaa kertymää erilliselle melutapahtumalle, kertailmiölle, tai useammalle sellaiselle yhteenlaskettuna. Ajanhetkien t_1 ja t_2 määrittelemän ajanjakson tulee olla riittävän pitkä kattamaan tarkasteltavat tapahtumat.

Jos tunnetaan usean melutapahtuman äänialtistustaso, niitä vastaava yhteenlaskettu äänialtistustaso saadaan kaavasta

$$L_{AE} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m 10^{\frac{L_{AEi}}{10}} \right), \quad (\text{A.10})$$

missä m on melutapahtumien lukumäärä
 L_{AEi} on melutapahtuman i äänialtistustaso.

Esimerkki Kolmelle melutapahtumalle mitattiin äänialtistustasot 80 dB, 84 dB ja 85 dB. Yhteenlaskettu äänialtistustaso on

$$L_{AE} = 10 \lg(10^{80/10} + 10^{84/10} + 10^{85/10}) \text{ dB} = 88,2 \text{ dB} .$$

² Joskus käytetään myös nimityksiä tapahtumataso tai kertymätaso ja lyhennyksiä L_{AX} tai SEL.

Melutapahtuman aiheuttaman aikaväliä T vastaava keskiäänitason $L_{Aeq,T}$ ja äänialtistustason L_{AE} välinen yhteys on

$$L_{Aeq,T} = L_{AE} - 10 \lg \left(\frac{T}{t_0} \right), \quad (\text{A.11})$$

missä t_0 on vertailuaika 1 s.

Esimerkki Melutapahtumalle mitattiin äänialtistustaso 93 dB. Melutapahtumasta aiheutuva klo 7-22 vastaava keskiäänitaso on tällöin

$$L_{Aeq,15h} = 93 \text{ dB} - 10 \lg \left(\frac{15 \cdot 3600 \text{ s}}{1 \text{ s}} \right) \text{ dB} = 45,7 \text{ dB} .$$

Oktaavipainetaso

Oktaavin levyisellä taajuuskaistalla vallitseva äänenpainetaso.

Terssipainetaso

Terssin levyisellä taajuuskaistalla vallitseva äänenpainetaso.

Tehollisarvo

Neliöön korotetusta signaalin hetkellisarvosta määritetyn keskiarvon neliöjuuri (signaalin neliöllinen keskiarvo).

A.3 Äänitasomittareihin liittyviä muita käsitteitä

Äänitasomittari

Standardin SFS 2877/IEC 651 mukainen äänenpainetason mittauslaite, jolla on kyseisen standardin mukaiset taajuus- ja aikapainotusominaisuudet.

Integroiva äänitasomittari

Standardin IEC 804 mukainen äänenpainetason neliöllisen keskiarvon (keskiäänitaso, äänialtistustaso) mittauslaite, jolla on kyseisen standardin mukaiset taajuuspainotusominaisuudet.

Tarkkuusluokka

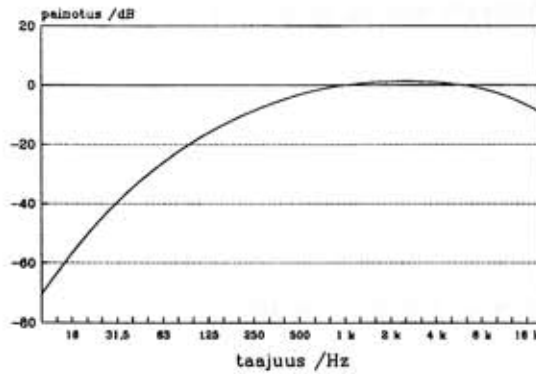
Äänitasomittareiden tarkkuusluokat on määritelty standardeissa SFS 2877/IEC 651 ja IEC 804 tarkkuuden mukaan alenevassa järjestyksessä käyttötarkoituksineen seuraavasti

- 0 laborioriferenssi
- 1 laboriokäyttö ja kenttäkäyttö, jos akustinen ympäristö voidaan spesifioida ja/tai kontrolloida
- 2 yleinen kenttäkäyttö
- 3 kartoitusmittaukset.

Vanhan standardin SFS 2881/IEC 179 tarkkuusäänitasomittari vastaa suunnilleen tarkkuusluokkaa 1 ja vanhan standardin SFS 2877 / IEC 123 "tavallinen" äänitasomittari tarkkuusluokkaa 3. On kuitenkin huomattava, että vanhojen standardien määritelmät aikapainotuksista ovat epämääräisempiä. Tämä saattaa ilmetä esimerkiksi enimmäistasojen määrittämisessä eri mittarien välisinä eroina. Jos käytetään vanhojen standardien mukaan spesifioituja äänitasomittareita, tulee niiden tarkkuusluokat ensin määrittää voimassa olevien standardien mukaan.

A-painotus

Taajuuspainotus, jossa vaimennetaan pieniä ja erittäin suuria taajuuksia standardin SFS 2877 /IEC 651 mukaisella suodattimella. Painotus pyrkii jäljittelemään normaalikuuloisen ihmisen kuulon taajuusvastetta heikoilla äänillä (lähellä kuulokynnystä).



Kuva A.1. A-painotussuodattimen taajuusvaste.

Oktaavikaista

Taajuuskaista, jonka rajataajuuksien suhde on 2.

Terssikaista

1/3-oktaavikaista, eli taajuuskaista, jonka rajataajuuksien suhde on $\sqrt[3]{2} \approx 1,26$.

Suodatin

Signaalin spektrin painotukseen tai analyysiin käytettävä laite. Oktaavi- ja terssisuodattimen päästökaista on oktaavi tai vastaavasti terssi ja niiden rajataajuudet ja taajuusvasteet on määritelty standardissa SFS 2885/IEC 225.

Aikapainotus

Äänenpaineen neliöinnin jälkeen tapahtuva lyhytaikainen eksponentiaalinen keskiarvostus (integrointi), jolle on standardin SFS 2877/IEC 651 mukaan olemassa vaihtoehdot S (slow, hidas), F (fast, nopea), I (impulse, impulssi) ja peak (huippu). Keskiarvostus määritellään niihin liittyvien aikavakioiden avulla.

Aikavakio [s]

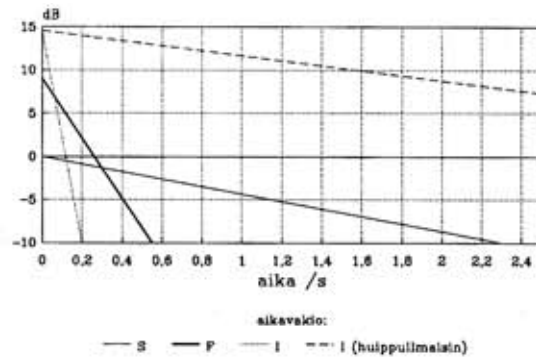
Aikapainotukseen käytettävän ensimmäisen kertaluvun alipäästösuodattimen (RC-alipäästösuodattimen) aikavakio, jonka arvo eri aikapainotuksilla standardin SFS 2877/IEC 651 mukaan on

S : 1 s

F : 125 ms

I : 35 ms (+ huippuilmaisoin aikavakiolla 1,5 s)

peak : korkeintaan 50 μ s tarkkuusluokassa 0, korkeintaan 100 μ s muissa tarkkuusluokissa.



Kuva A.2. Eksponentiaalisen keskiarvostuksen impulssivasteet.

Aikapainotuksen I yhteydessä pulssin nousu ja lasku keskiarvostetaan aikavakiolla 35 ms, mutta pulssin laskun yhteydessä käytetään lisäksi huippuilmaisua aikavakiolla 1,5 s.

Liite B Luotettavuusarvio

Tämä luotettavuusarvio on tarkoitettu käytettäväksi silloin, kun mittaustuloksia halutaan verrata melutason ohjearvoon eikä luvun 6 menettelyä voida jostain syystä soveltaa tai kun halutaan soveltaa luvussa 6 esitettyä menettelyä tarkempaa virhetarkastelua. Esitetyt menetelmät ja lukuarvot epävarmuustekijöille koskevat vain keskiäänitason määrittystä. Enimmäistason määrittämisessä epävarmuus on pääsääntöisesti suurempi. Mikäli mittausten perusteella halutaan määrittää enimmäistason, luotettavuusarvion osalta viitataan lähdekirjallisuuteen, esimerkiksi [8, 12].

Luotettavuusarviossa kaikki huomioon otetut epävarmuustekijät tulee eritellä selkeästi.

B.1 Riskitaso

Mittaustulosten tilastollisen luotettavuuden arvioimiseksi aluksi asetetaan riskitaso, jonka puitteissa luotettavuusarviota tehdään. Ns. yksisuuntaisessa testissä testataan ohjearvon ylitystä tai alitusta asetetulla riskitasolla. Kaksisuuntaisessa testissä testataan sitä, poikkeako mittaustulos ohjearvosta asetetulla riskitasolla. Mitä suurempi riskitaso valitaan, sitä suurempi on todennäköisyys tehdä virheellinen johtopäätös mittaustuloksista. Valitut riskitasot asettavat samat epävarmuudet sekä yksi- että kaksisuuntaiselle testille, mikäli yksisuuntaista testiä riskitasolla m asetetaan vastaamaan kaksisuuntaisen testiä riskitasolla $2 * m$. Asetettu riskitaso on tässä mittausohjeessa yksisuuntaiselle testille 5 % ja kaksisuuntaiselle 10 %, ellei luotettavuusarviossa erikseen muuta mainita. Valinta johtuu siitä, että kyseiset riskitasot ovat laajalti käytössä esimerkiksi koneiden melupäästöjen tunnusarvojen määrittämisessä. Jos halutaan käyttää muita riskitasoja, tässä esitettävä logiikka on käytettävissä, mutta epävarmuuksiin liittyvät kertoimet täytyy korvata riskitasoja vastaaviksi.

B.2 Epävarmuus

Asetettujen riskitasojen ja mittaustulosten keskihajonnan pohjalta määrätään mittauksen epävarmuus δ [dB]. Mittaustuloksen epävarmuus δ saadaan kaavasta (B.1), missä δ_i :t ovat eri epävarmuustekijöihin liittyvät epävarmuudet kaavan (B.2) mukaisesti ja edelleen σ_i :t ovat eri epävarmuustekijöihin liittyvät keskihajonnat. Kaavassa (B.1) eri epävarmuustekijät ovat toisistaan riippumattomia.

$$\delta = \sqrt{\sum_i \delta_i^2} \quad (\text{B.1})$$

$$\delta_i = d_i \cdot \sigma_i \quad (\text{B.2})$$

Termi d_i on kerroin, joka riippuu mittaustulosten jakaumatyypistä, mitausten lukumäärästä, asetetusta riskitasosta, sekä siitä, onko testi yksi- vai kaksisuuntainen. Tässä mittaushjeessa mittaustulokset oletetaan normaalijakautuneiksi, jolloin asetetuilla riskitasoilla d_i on 1,65, jos mittauksia on yksi kappale ja keskihajonnat oletetaan ennalta tunnetuiksi. Tekijää d_i ja epävarmuutta voidaan pienentää käyttämällä suurempaa riskitasoa; vastaavasti riskitason pienentäminen suurentaa epävarmuutta. Jos käytetään tästä ohjeesta poikkeavaa riskitasoa, on se mainittava mittausraportissa.

Epävarmuutta voidaan oleellisesti pienentää lisäämällä mitausten lukumäärää. Jos toisistaan riippumattomia mittauksia on N_m kappaletta ja keskihajonnat oletetaan ennalta tunnetuiksi, termi d_i saadaan asetetuilla riskitasoilla kaavasta (B.3).

$$d_i = \frac{1,65}{\sqrt{N_m}} \quad (\text{B.3})$$

Mittausten riippumattomuus toisistaan edellyttää perättäisten mitausten väliseksi ajaksi pidempää aikaa kuin tarkasteltavan epävarmuustekijän tyypillinen vaihteluaika. Mittaukset voidaan yleensä katsoa toisistaan riippumattomiksi, mikäli ne tehdään eri päivinä. Mittausten lukumäärän lisäys ei vähennä epävarmuutta, mikäli epävarmuus johtuu systemaattisesta virheestä, esimerkiksi käytetyn kalibraattorin virheellisestä äänitasosta tai äänitasomittarin taajuusvasteesta. Tällöin kaavassa (B.3) on käytettävä termin N_m tilalla ykköstä kyseisen epävarmuustekijän aiheuttamaa epävarmuutta arvioitaessa.

Jos ei tunneta keskihajontoja, ne voidaan määrittää varsinaisten mitausten yhteydessä tai erikseen mittaamalla. Keskihajonta σ_i saadaan mittaustulosten perusteella kaavasta (B.4), missä N_h on toisistaan riippumattomien hajontamittausten lukumäärä (mieluummin vähintään 3), L_{Aeqk} on k:s hajontamittaustulos ja $L_{Aeq\Sigma}$ on hajontamittaustulosten aritmeettinen keskiarvo kaavan (B.5) mukaisesti. Termi d_i saadaan asetetuilla riskitasoilla tällöin kaavasta (B.6), jossa N_m on varsinaisten mitausten lukumäärä ja termi t_i saadaan taulukosta B.1. Kun hajontamittausten lukumäärä lähenee ääretöntä, termi t_i lähenee kaavassa (B.3) esiintyvää kerrointa 1,65. Jos keskihajonta määritellään varsinaisen mittauksen yhteydessä, saatu hajonta on kokonaisuutensa liittyvä ja varsinainen mittaustulos on erillismittaustulosten aritmeettinen keskiarvo yhtälön (B.5) mukaisesti.

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{N_h - 1} \sum_{k=1}^{N_h} (L_{Aeqk} - L_{Aeq\Sigma})^2} \quad (B.4)$$

$$L_{Aeq\Sigma} = \frac{1}{N_h} \sum_{k=1}^{N_h} L_{Aeqk} \quad (B.5)$$

$$d_i = \frac{t_i}{\sqrt{N_m}} \quad (B.6)$$

Taulukko B.1. Termi t_i funktiona hajontamittausten lukumäärästä (N_h).

N_h	2	3	4	5	6	7...9	10...16	17...	∞
t_i	6,31	2,92	2,35	2,13	2,02	1,9	1,8	1,7	1,65

Seuraavassa on esitetty joitakin tärkeimpiä mittaustarkkuuteen vaikuttavia epävarmuustekijöitä. Epävarmuustekijöiden vaikutukset, jotka ovat luettavissa mittarilta äänitasoindikaationa (mittauslaitteiden sähköinen pohjakohina, tuulen aiheuttamat pyörreäntä mikrofonin tuulisuojan ympärille, taustamelu), tulisi olla vähintään 10 dB alle mitattavan äänitason, jotta niitä ei tarvitse ottaa huomioon. Yleensä merkittävimmät epävarmuustekijät ovat äänilähteiden äänensäiteilyn vaihtelu ja sääolot. Ainakin nämä tulisi ottaa huomioon luotettavuusarviota tehtäessä. Tehtäessä seurantamittauksia lyhytaikaisista meluilmiöistä, esimerkiksi ulkoilmatilaisuuksista, äänensäiteilyn vaihtelua ja sääoloja ei oteta huomioon epävarmuustekijöinä.

B.2.1 Mittauslaitteiden tarkkuus

Esitettyä epävarmuuden lauseketta voi myös käyttää tietyn suuren varmuusvälin määrittämiseen. Kaksisuuntaisessa testissä suureen (100 - n) % varmuusväli on nimellisarvo $\pm \delta$ [dB], kun n vastaa edellä esitettyä riskitasoa. Jos esimerkiksi äänitasomittareiden yhteydessä puhutaan "tarkkuudesta", voidaan olettaa, että kyseinen tarkkuus tarkoittaa 99 % varmuusväliä ($n = 1$ %) kaksisuuntaisessa testauksessa. Tällöin "tarkkuutta" vastaava keskihajonta saadaan jakamalla se luvulla 2,58. Kyseistä keskihajontaa tarvitaan mittausjärjestelyjen epävarmuuden määrittämiseksi.

Äänitasomittareiden tarkkuus eri tilanteissa ja eri kriteereille on selvitetty äänitasomittareille standardissa SFS 2877/IEC 651 ja integroiville äänitasomittareille edellisen lisäksi standardissa IEC 804. Karkeana sääntönä voidaan sanoa, että jatkuvaa ääntä nimellissuuntaan mitattaessa äänitasomittareiden tarkkuus itseisarvoltaan on tarkkuusluokkanumero +

1 dB, mikä tarkoittaa tarkkuutta ± 1 dB tarkkuusluokassa 0, ± 2 dB tarkkuusluokassa 1, ± 3 dB tarkkuusluokassa 2 ja ± 4 dB tarkkuusluokassa 3. Mikäli ääni sisältää impulsseja, joiden pituus on mittareiden spesifikaatioiden mukainen, tarkkuuteen tulee noin ± 1 dB:n huononnuks. Edellä esitetyn perusteella äänitasomittareilla päädytään keskihajontoihin 0,4 dB, 0,8 dB, 1,2 dB ja 1,6 dB sekä impulsseja sisältävää ääntä mitattaessa keskihajontoihin 0,8 dB, 1,2 dB, 1,6 dB ja 1,9 dB tarkkuusluokissa 0, 1, 2 ja 3 vastaavasti. Tarkempi äänitasomittarin tarkkuusanalyysi edellyttää mittarikohtaista arviota.

Äänitasomittarin ja kalibraattorin aiheuttamat mittausvirheet ovat yleensä systemaattisia. Mikäli niitä halutaan pienentää mittausten lukumäärää lisäämällä, äänitasomittareita ja kalibraattoreita tulisi vaihtaa mittauksesta toiseen.

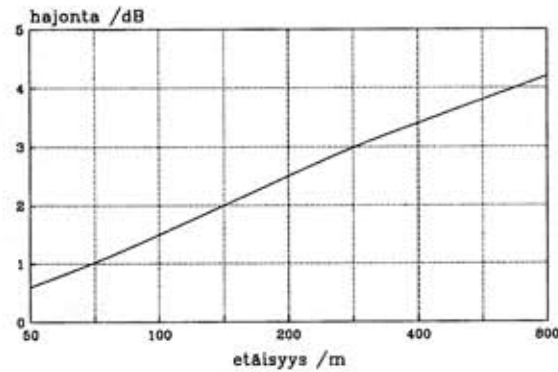
B.2.2 Mittaustapaan liittyviä tekijöitä

Tuloksen ollessa lukemahavainnoista laskettu L_{Aeq} -taso sen tarkkuus riippuu melutason vaihtelulaajuudesta ja -nopeudesta, mittaajan ominaisuuksista (kokemus, huolellisuus) sekä havaintoarvojen tilastollisesta edustavuudesta. Lukemahavaintomenetelmällä saatava virhe kokeneella mittaajalla on välillä $\pm 1,5$ dB havaintoarvojen lukemisen ollessa vähintään 5 min. Oletetaan, että mainittu tarkkuus vastaa niinkään 99 %:n varmuusväliä (kaksisuuntaisessa testauksessa). Näin päädytään lukemahavainnon keskihajontaan 0,6 dB. Jos äänitason vaihtelu lukema-aikana on enemmän kuin sallittu 5 dB (aikapainotuksella S), lukemahavainnon keskihajonta on suurempi.

B.2.3 Sääolot

Jos suurin osa äänienergiasta on peräisin yli 100 m:n etäisyydeltä, etenemisvaimentumisen vaihtelu voi aiheuttaa 5-20 dB:n eroja eri päivinä tehtyihin mittauksiin. Tällöin mittauksen epävarmuus voi olla hyvin suuri. Näin ollen yli 30 m:n mittausetäisyyksillä riittävän pienen epävarmuuden aikaansaamiseksi mittaustuloksena tulee antaa joko kaikissa asiaankuuluvissa tai vain määrättyissä sääoloissa mitattujen tulosten keskiarvo. Määrätyt olosuhteet ovat tavallisesti ne, joissa suurimmat melutasot syntyvät olosuhteiden silti häiritsemättä itse mittausta. Kuvassa B.1 on esitetty sääolojen aiheuttama keskihajonta määrättyissä olosuhteissa, jotka perustuvat pohjoismaiseen ulkoisen teollisuusmelun mittausten menetelmään. Kyseisissä oloissa tuulensuunta muodostaa alle 45° kulman lähteestä mittauspisteisiin nähden ja tuulen nopeus on korkeudella 10 m korkeintaan 5 m/s (vastaa tuulen nopeutta korkeintaan 3,5 m korkeudella 2 m). Lisäksi ilmakehän lämpötilagradientti korkeuden suhteen on itseisarvoltaan korkeintaan 0,05 °C/m (etumerkiltään positiivinen, mikäli tuulen nopeus on pienempi kuin 2 m/s korkeudella 10 m). Mittausajaksi on oletettu vähintään 10 minuuttia. Muissa mittaustapauksissa kuvaa voi pitää vain suuntaa antavana ja tarkempi sääolojen vaikutuksen arviointi edellyttäisi tilannekohtaista arviota. Kuvassa oletetaan melun olevan peräisin yhdestä lähteestä. Mikäli lähteitä on

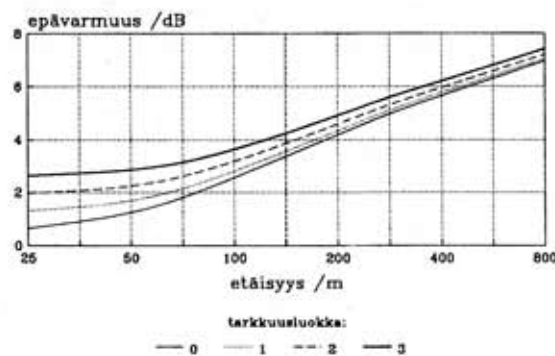
useampia, luotettavuusarvio sääoloihin nähden tulisi tehdä kullekin lähteelle erikseen tai vain sille, jonka vaikutus mittauspisteen äänitasoon on merkityksellisin.



Kuva B.1. Sääolojen aiheuttama mittaustulosten hajonta korkeintaan 5 m/s myötätuulessa [12].

Kuvassa B.2 on esitetty epävarmuus arvioitaessa mittaustuloksen ohjearvon alitusta tai ylitystä mittaustiedon ollessa keskiäänitaso mitattuna integroivalla äänitasomittarilla, kun mittauslaitteen tarkkuus ja sääolot on otettu huomioon epävarmuustekijöinä, sääolot ovat edellä esitetyn mukaisia ja mitattavan melun on oletettu olevan ei-impulssi- maista ja peräisin yhdestä paikallaan olevasta lähteestä.

Sääolojen aiheuttamaa epävarmuutta voidaan oleellisesti pienentää mittaamalla lähempänä äänilähdettä, jolloin mittaustulosten epävarmuus on pienempi, ja laskea lähimittaustulosten perusteella äänitasot halutuissa pisteissä laskentamalleilla.



Kuva B.2. Sääolojen ja mittarivirheen aiheuttama epävarmuus integroivalla mittarilla ei-impulssi- maista melua mitattaessa.

B.2.4 Äänilähteiden äänensäteilyn vaihtelu

Jos äänilähteen äänensäteilyn vaihteluun liittyvää keskihajontaa ei tunneta, se voidaan mitata erikseen. Mittausetäisyyden tulisi olla mahdol-

lisimman pieni (korkeintaan noin 30 m), jotta sääolot eivät vaikuttaisi mittaustulokseen. Toisaalta mittausetäisyyden tulisi olla riittävän suuri, jotta eri osalähteiden suhteelliset vaikutukset kokonaisäänitasoon olisivat suunnilleen samat kuin varsinaisilla mittausetäisyyksillä. Keskihajontaan liittyvien mittausten tulisi olla toisistaan riippumattomia, mikä edellyttää perättäisten mittausten väliseksi ajaksi pidempää aikaa kuin tyypillinen äänilähteen äänensäteilyn vaihtelu-aika. Hitaasti vaihtelevan äänensäteilyn tapauksessa mittausten väliseksi ajaksi riittää yleensä noin vuorokausi, nopeasti vaihtelevan äänensäteilyn tapauksessa tunti voi olla riittävä mittausten välinen aika.

Esimerkki

Otetaan huomioon vain sääoloista ja äänilähteen äänensäteilyn vaihtelusta aiheutuva epävarmuus. Jälkimmäiseen liittyvä hajonta on mitattu lähellä äänilähdettä kolmella mittauksella ja sen arvoksi on saatu 2 dB. Tehdään yksi mitta mittausetäisyydellä 200 m. Tällöin sääoloihin liittyvä hajonta kuvan B.1 perusteella on 2,5 dB.

Kokonaisepävarmuus on tällöin

$$\delta = \sqrt{(2,92 \cdot 2)^2 + (1,65 \cdot 2,5)^2} \text{ dB} = 7,1 \text{ dB} .$$

Mikäli äänilähteeseen liittyvä hajonta 2 dB on määritetty kuudella mittauksella, kokonaisepävarmuudeksi saadaan

$$\delta = \sqrt{(2,02 \cdot 2)^2 + (1,65 \cdot 2,5)^2} \text{ dB} = 5,8 \text{ dB} .$$

Mikäli myös varsinaisia mittauksia tehdään kuusi kappaletta, kokonaisepävarmuus on

$$\delta = \sqrt{\left(\frac{2,02}{\sqrt{6}} \cdot 2\right)^2 + \left(\frac{1,65}{\sqrt{6}} \cdot 2,5\right)^2} \text{ dB} = 2,4 \text{ dB} .$$

Otetaan lisäksi huomioon mittarivirhe. Oletetaan, että kaikissa mittauksissa on käytetty samaa tarkkuusluokan 1 mittaria. Tällöin kokonaisepävarmuus on

$$\delta = \sqrt{\left(\frac{2,02}{\sqrt{6}} \cdot 2\right)^2 + \left(\frac{1,65}{\sqrt{6}} \cdot 2,5\right)^2 + (1,65 \cdot 0,8)^2} \text{ dB} = 2,7 \text{ dB} .$$

Huomataan, että mittausten lukumäärää lisäämällä kokonaisepävarmuutta voidaan vähentää merkityksellisesti.

B.3 Vertaaminen melutason ohjearvoon

Mikäli halutaan olla varmoja, että ohjearvo alittuu asetetulla riskitasolla, vähennetään epävarmuus ohjearvosta ennen mittaustulokseen vertaamista. Esitetty epävarmuuden vähentäminen ohjearvosta antaa tilastollisen takeen ohjearvon alituksen todentamisessa. Mikäli halutaan olla varmoja, että ohjearvo ylittyy asetetulla riskitasolla, lisätään epävarmuus ohjearvoon ennen mittaustulokseen vertaamista. Jos mittaustuloksen ja vastaavan todellisen ohjearvon ero on pienempi kuin tuloksen epävarmuus, tuloksesta ei voi asetetulla riskitasolla *m* luotettavasti todeta, ylittyykö vai

alittuuko ohjearvo (yksisuuntainen testi). Riskitasolla $2 * m$ voidaan kuitenkin todeta, että perushypoteesia "mittaustulos on yhtä kuin ohjearvo" ei voi hylätä (kaksisuuntainen testi). Käytännössä on hyvin vaikea päästä parempaan kuin 2 dB:n epävarmuuteen. Tämä ei aina ole tarpeellistakaan, koska ihminen ei havaitse pieniä muutoksia melutasossa.

Edellä olevan nojalla saadaan seuraava luotettavuusarvioon perustuva mittaustuloksen tulkintaohje: Ohjearvo alittuu, mikäli mittaustulos on pienempi tai yhtä suuri kuin ohjearvo, josta on vähennetty δ . Vastaavasti ohjearvo ylittyy, mikäli mittaustulos on suurempi kuin ohjearvo, johon on lisätty δ . Jos asetetulla riskitasolla ei voi todeta ohjearvon ylitystä eikä alitusta, mittausjärjestelyjen epävarmuutta on pienennettävä luotettavuuden parantamiseksi, mikäli epävarmuus on enemmän kuin 2 dB ja mikäli toimenpide on kohtuudella tehtävissä. Muussa tapauksessa mittaustulos on tulkittava siten, että se on yhtä kuin ohjearvo.

Hallitsemattomissa olosuhteissa mittaustulosten epävarmuus kasvaa oleellisesti. Kuitenkin mittausolojen aiheuttaessa voimakkaampaa melun vaimenemista kuin sallitut olosuhteet (esimerkiksi tuulen suunnan poike-
tessa sallituista) ja tuloksen ylittäessä ohjearvon, ohjearvo voidaan katsoa luotettavasti ylitetyksi. Vastaavanlaista tulkintaa voidaan käyttää muis-
sakin tilanteissa, joissa epävarmuuden tiedetään vaikuttavan mittaustu-
loksiin vain joko lisäävästi tai vähentävästi.

Liite C Kirjallisuusluettelo

1. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista. VNp 993/92.
2. SFS-ISO 1996-1: Akustiikka. Ympäristömelun kuvaaminen ja mittaaminen. Perussuureet ja -menetelmät. 1992. 6 s. / ISO 1996/1. Acoustics - Description and measurement of environmental noise - Part 1: Basic quantities and procedures. 1982. 5 s.
3. SFS-ISO 1996-2: Akustiikka. Ympäristömelun kuvaaminen ja mittaaminen. Maankäyttöä koskevien mittaustietojen hankinta. 1992. 6 s. / ISO 1996/2. Acoustics - Description and measurement of environmental noise - Part 2: Acquisition of data pertinent to land use. 1987. 7 s.
4. SFS-ISO 1996-3: Akustiikka. Ympäristömelun kuvaaminen ja mittaaminen. Soveltaminen melurajoihin. 1992. 3 s. / ISO 1996/3. Acoustics - Description and measurement of environmental noise - Part 3: Application to noise limits. 1987. 3 s.
5. SFS 2877. Äänitasomittarit. 1980 / IEC 651. Sound level meters. 1979. 53 s.
6. IEC 804. Integrating - averaging sound level meters. 1985. 49 s.
7. IEC 942. Sound calibrators. 1988. 23 s.
8. Guide to the expression of uncertainty in measurement. International Organization for Standardization. 1993. 101 s.
9. NT ACOU 039. Road traffic: Noise. 1982. 23 s.
10. NT ACOU 042. Rooms: Noise level. 1983. 13 s.
11. NT ACOU 056. Road traffic: Noise - Simplified method. 1985. 9 s.
12. Metod för immissionsmätning av externt industribuller. Naturvårdsverket, Tukholma. 1984. 82 s.
13. Ohjekirje n:o 21/87. Terveystieteiden tutkimuskeskus (469/1965) ja -asetuksen (55/67) nojalla annetut melun terveydelliset ohjearvot sekä niiden mittaamista ja meluun liittyvien asioiden käsittelyä koskevat ohjeet. Lääkintöhallitus. 1987. 12 s.
14. NF S 31-110. Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement. Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation. 1985. 23 s.
15. NF S 31-085. Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement. Mesurage du bruit de la circulation routière. 1985. 14 s.

Mätning av omgivningsbuller

Innehållsförteckning

1	Inledning	47
2	Definitioner	48
3	Mätutrustning	50
4	Mätningar	51
4.1	Praktiska anvisningar	51
4.1.1	Förberedande åtgärder	51
4.1.2	Mätanvisningar	52
4.2	Mätpunkternas läge	53
4.2.1	Mätning på öppna platser	53
4.2.2	Mätning nära byggnader	54
4.3	Mätning inomhus	55
4.4	Bestämning av ekvivalentnivån för olika typer av buller	55
4.4.1	Jämnt buller	56
4.4.2	Jämnt buller med stegvisa nivåvariationer	56
4.4.3	Varierande buller	56
4.4.4	Buller som består av olika separata bullerhändelser	57
4.5	Bestämning av maximalnivån	57
4.6	Väderförhållanden under mätning	57
4.7	Bakgrundsbuller under mätning	58
5	Mätprotokoll	59
6	Jämförelse av mätresultat med riktvärden för bullernivå	60
6.1	Osäkerhet i mätresultat	60
6.2	Jämförelse med riktvärden för bullernivå	62
6.3	Användning av beräkningsmodeller	63
Bilaga A	Begrepp och definitioner	65
A.1	Grundbegrepp	65
A.2	Definitioner på storheter som mäts i ljudfält	66
A.3	Andra begrepp som sammanhänger med ljudnivåmätare	71

Bilaga B	Uppskattning av osäkerhet	74
B.1	Riskenivå	74
B.2	Osäkerhet	74
B.2.1	Mätutrustningens precision	76
B.2.2	Faktorer i samband med mätning	77
B.2.3	Väderförhållanden	77
B.2.4	Variationer i ljudemissioner från ljudkälla	79
B.3	Jämförelse med riktvärden för bullenivå	79
Bilaga C	Referenser	81



31.3.1995

4/401/95

Till vederbörande mottagare

Viite
Hänvisning **Bullerbekämpningslagen (382/87)**

Asia
Ärende **Mätning av omgivningsbuller**

Miljöministeriet ger med stöd av 10 § bullerbekämpningslagen (382/87) följande allmänna anvisningar om mätning av omgivningsbuller. Anvisningarna träder i kraft 1.7.1995 och gäller tills vidare.

1 Inledning

Mätanvisningarna behandlar allmänna frågor i anknytning till mätningen av omgivningsbuller. Senare publiceras detaljerade anvisningar om mätning av buller från olika slags källor såsom vägtrafik och spårtrafik. Ett av syftena med dessa anvisningar är att förenhetliga mätningen av buller.

Mätanvisningarna är avsedda för användning speciellt då mätresultaten skall jämföras med riktvärdena för bullernivå i statsrådets beslut (993/92). Genom mätning enligt anvisningarna kan bullernivåerna nära källan mätas på ett tillförlitligt sätt. Om mätningen görs för att utröna hur skadligt bullret är, förslår mätning enligt dessa anvisningar inte alltid.

Anvisningarna för mätning av omgivningsbuller bygger på standarden SFS ISO 1996. I tillämpliga delar har också de övriga nordiska ländernas anvisningar om mätning av omgivningsbuller tagits i beaktande.

2 Definitioner

Nedan ges några verbala definitioner av storheter i ljudfältet och grundtyper av olika slag av omgivningsbuller. Bilaga 1 innehåller matematiska formler för storheterna och definitioner på andra begrepp i anvisningarna.

Ljudtryck p [Pa]

Skillnaden mellan momentanvärdet av det totala trycket och det statiska atmosfärstrycket, i allmänhet som effektivvärde.

A-vägt ljudtryck p_A [Pa]

Ljudtrycket definierat med A-frekvensvägning, i allmänhet som effektivvärde.

Ljudtrycksnivå L_p [dB]

Den tiofaldiga tiologaritmen för kvadraten på förhållandet mellan effektivvärdet för ljudtrycket och referensljudtrycket.

A-ljudnivå L_{pA} [dB]

Den tiofaldiga tiologaritmen för förhållandet mellan effektivvärdet för det momentana A-vägda ljudtrycket och referensljudtrycket.

Ekvivalentnivån (ekvivalent A-ljudnivå) L_{Aeq} [dB]

Den A-ljudnivå ($L_{Aeq,T}$) som motsvarar det genomsnittliga effektivvärdet för det A-vägda ljudtrycket under en bestämd tidsperiod (T). I statsrådets beslut om riktvärden för bullernivå används beteckningen "A-vägd ekvivalentnivå".

((A-vägd) maximalnivå L_{Amax} [dB]

Den under observationsperioden förekommande högsta A-ljudnivån definierad antingen med tidsvägning S (L_{ASmax}), F (L_{AFmax}) eller I (L_{AImax}). Om varken tidsvägning eller integrationstid nämns separat, avses tidsvägning F.

Ljudexponeringsnivå L_{AE} [dB]

Den A-ljudnivå som motsvarar det kumulativa effektiva värdet av det A-vägda ljudtrycket [Pa^2s], det vill säga den ekvivalenta A-ljudnivån för observationstiden normaliserad till en sekund.

Bullertyper

Jämnt buller

Buller vars A-vägda ljudnivå under mättiden varierar med mindre än 5 dB (tidsvägning S), t.ex. ett jämnt ventilationsbuller.

Variérande buller

Allt buller som inte är jämnt enligt den ovanstående definitionen är varierande, t.ex. vägtrafikbuller kan anses vara varierande.

Separata bullerhändelser

Variérande buller som består av separata bullerhändelser som har en viss utsträckning i tiden. T.ex. flygtrafikbuller och rälstrafikbuller kan anses bestå av separata bullerhändelser.

3 Mätutrustning

Mätutrustningen skall vara avsedd för antingen direkt eller indirekt bestämning av ekvivalentljudnivån. Mätutrustningen skall åtminstone uppfylla kraven för ljudnivåmätare av typ 2, men helst typ 1 enligt SFS 2877/IEC 651. En integrerande ljudnivåmätare skall ligga i motsvarande precisionsklasser enligt standarden IEC 804. Eventuell alternativ utrustning och tilläggsapparatur skall uppfylla kraven på ljudnivåmätare.

Utrustning för mätning av omgivningsbuller består i allmänhet av en integrerande ljudnivåmätare som direkt mäter ekvivalentnivån eller ljudexponeringsnivån. Icke-integrerande ljudnivåmätare kan användas för bestämning av ekvivalentnivån under förutsättning att bullret är jämnt eller består av klart urskiljbara jämna komponenter.

Vid behov skall det vara möjligt att med mätutrustningen mäta maximalnivån med tidsvägningen F, S eller I. I stället för tidsvägning S kan man alternativt bestämma ekvivalentnivån under en sekund.

Mätutrustningens funktion skall kontrolleras och behövlig justering göras med tillhjälp av en extern akustisk kalibrator. Kalibratoren skall uppfylla minst kraven för klass 2 i standarden IEC 942. Kalibrering rekommenderas före varje mätserie och efter mätningarna. Vid kalibreringen skall hela mät-, registrerings- och utskriftsutrustningen kalibreras så att t.ex. mikrofonkabelns inverkan beaktas.

Under mätningar utomhus skall mikrofonen alltid förses med det av tillverkaren rekommenderade vindskyddet.

4 Mätningar

De allmänna anvisningarna nedan hänför sig till mätning av ljudnivåerna från olika slags bullerkällor och grupper av bullerkällor. Med tillhjälp av anvisningarna kan man oftast tillräckligt noggrant bedöma den bullernivå som bullerkällan förorsakar i det undersökta området. Anvisningarna lämpar sig bäst för mätning av bullret i situationer där avståndet mellan bullerkällan och mätpunkten (mätavståndet) är litet (se kap. 6). Om mätavståndet är mycket långt, och om det krävs större precision än vad dessa anvisningar leder till, måste man antingen använda speciella metoder avsedda för den typ av buller som mäts eller som stöd för mätningen tillgripa en beräkningsmetod som lämpar sig för ifrågavarande typ av buller.

Anvisningarna är främst avsedda för ljudnivåmätningar utomhus. Genom mätningen definieras bullrets ekvivalentnivå och/eller olika slag av maximalnivåer. I vissa fall kan även ljudexponeringsnivån mätas och ekvivalentnivån räknas ut på denna grund.

4.1 Praktiska anvisningar

För att mätningen skall kunna göras på vederbörligt sätt måste den som utför mätningen ha en viss erfarenhet. Han måste dessutom behärska omständigheterna kring mätningen och vara omsorgsfull. I det följande ges praktiska anvisningar som gör det möjligt att utföra mätningen smidigt och tillförlitligt.

4.1.1 Förberedande åtgärder

För att mätresultatet skall bli så *representativt* och *tillförlitligt* som möjligt måste den som utför mätningen på förhand

- göra syftet med mätningen klart
- preliminärt tänka ut hur, när och under vilken tid mätningen kan utföras på det mest ändamålsenliga sättet.

Mätningens tidpunkt skall väljas så att omständigheterna under mätningen motsvarar de omständigheter under vilka man önskar att bestämma bullret. Mätningen skall ske under lämplig tid (tillräckligt lång eller kort) för att mätresultatet skall vara representativt för bullret. Vädret skall störa mätningarna så litet som möjligt, och därför

- skall mätningar inte utföras då det regnar eller blåser hårt
- skall temperaturen ligga inom ramen för ljudnivåmätarens funktionsområde.

Beroende på syftet med mätningen kan resultatens representativitet och tillförlitlighet förutsätta mätningar vid flera olika tidpunkter, t.ex. under olika omständigheter då bullerkällan är i drift eller används på olika sätt, eller vid olika väderlek.

Exempel

Nivån på industribuller skall bestämmas på flera olika ställen nära en fabrik, då vindstyrkan och riktningen motsvarar den oftast rådande situationen. Man vet att industribullret är jämnt. Verksamheten i en transportfirma i närheten är som livligast i början av veckan. Trafiken på en närliggande väg är livligast kl. 7-9, 10-12 och 15-17.

Tidpunkten för mätningen väljs så att vädet motsvarar det vanligen rådande. Bullret mäts i slutet av veckan mellan kl. 12 och kl. 15. Mätningen görs under bara 10 min. eftersom man vet att bullret är jämnt. Man måste också överväga under hur många 10 minuters perioder mätningen skall göras så att resultaten blir tillräckligt tillförlitliga. En kort mättid ger bättre möjligheter att ta om mätningen, om t.ex. transportfirman eller trafiken på vägen invid råkar förorsaka ovanligt kraftigt bakgrundsbuller vid tidpunkten för mätningen.

Innan man beger sig till mätplatsen lönar det sig att göra *förberedelser*. Man kan t.ex.

- kontrollera batterispänningen i ljudnivåmätaren och se till att mätaren fungerar
- tänka över vilken tilläggsapparat och tilläggsutrustning som eventuellt kan behövas utöver ljudnivåmätaren och kalibratoren, t.ex. ett stativ, en mikrofonkabel, en nivåskrivare, en bandspelare o.a.
- göra upp en modell för mätprotokollet, om någon färdig modell inte finns.

4.1.2 Mätanvisningar

På mätplatsen kontrolleras först väderförhållandena. Temperaturen, vindriktningen och den uppskattade vindhastigheten protokollförs. Mätpunkterna väljs med beaktande av vad som anförs under punkt 4.2. En grov skiss ritas över omgivningen för att visa placeringen av mätpunkter, bullerkälla, partiella bullerkällor och eventuella reflekterande ytor, terrängformationer och markytans beskaffenhet, vegetation och andra faktorer som eventuellt inverkar på bullret.

Ljudnivåmätaren kopplas på i god tid före *kalibreringen*. Det rekommenderas att kalibreringen görs så att man använder en extern kalibreringsljudkälla före varje mätserie, och då mätningarna har gjorts är det skäl att kontrollera att kalibreringen håller. Ljudnivåmätaren skall vid kalibreringen kopplas till linearområdet, om kalibreringsfrekvensen inte är 1000 Hz. Efter kalibreringen väljs de inställningar på ljudnivåmätaren som skall användas (t.ex. A-vägning för alla mätningar av A-ljudnivån, tidsvägning i allmänhet F eller S, osv.), och ljudnivåmätarens mikrofon förses med ett *vindskydd*.

En lämplig *mätskala* väljs på basis av en kort provmätning av det buller som skall mätas. Skalan skall väljas så att mätresultatet kommer i toppen av skalan utan att gå över den.

Vid mätning av ekvivalentnivån skall ljudnivåmätaren eller, om man använder en lång mikrofonkabel, mikrofonen placeras på ett *stativ* i önskad mätpunkt (i allmänhet på höjd 1,5 m från markytan). Mätning för hand bör undvikas. *Mikrofonen* riktas så att dess frekvensgång är jämnast

för ljud direkt från bullerkällan (oftast med huvudaxeln mot bullerkällan). *Mättidsperioden* väljs på basis av syftet med mätningen enligt punkt 4.4. Då mätningen börjar skall man komma ihåg att trycka på *RESET-knappen* på mätaren, så att gamla uppgifter i mätarens minne utplånas.

Under mätningen skall ljudnivåmätaren vara under kontinuerlig observation så att eventuell överstyrning och störningar förorsakade av annat än det buller som skall mätas kan observeras. Men den som mäter skall inte stå direkt bakom mikrofonen för att inte förorsaka reflektioner som ändrar mätresultatet. Om mikrofonen är kopplad till mätaren med en mikrofonkabel som är längre än 1,5 m, kan den som mäter ställa sig längre bort från mikrofonen. Då man mäter buller som är varierande eller består av separata bullerhändelser, kan man särskilt vid långa avstånd utföra långvariga mätningar automatiskt. Då skall resultaten lagras i en sådan form att man senare kan urskilja eventuella icke tillhörande ljud (bakgrundsbuller samt andra störande ljud).

I mätprotokollet bokförs bullerkällans drift och funktionssätt under mätningen. Om syftet är att med en kortvarig mätning definiera ekvivalentnivån för en viss tidsperiod (t.ex. dagtid kl. 7-22 eller nattid kl. 22-7), måste motsvarande uppgifter om bullerkällan införskaffas för hela tidsperioden. Till exempel vid mätning av vägtrafikbuller behövs uppgifter om trafikmängd och körhastighet, och vid mätning av bullret från en industri behövs uppgifter om verksamheter i de viktigaste partiella bullerkällorna.

4.2 Mätpunkternas läge

Resultaten av mätningar utförda på öppna platser respektive i närheten av byggnader eller andra vertikala reflekterande ytor är inte alltid sinsemellan jämförbara. I främsta rummet bör mätningarna göras på öppna platser, om det är möjligt.

4.2.1 Mätningar på öppna platser

Här definieras terrängen med tanke på mätningarna som öppen, om den inte innehåller ljudreflekterande vertikala ytor (t.ex. väggar till byggnader), eller om avståndet mellan befintliga vertikala ljudreflekterande ytor och mätpunkten är minst lika stort som avståndet mellan bullerkällan och mätpunkten (det minimiavstånd som fordras är 10 m). Också om man kan påvisa att reflektionen från de vertikala ytorna enligt den geometriska optikens lagar inte når mätpunkten, oavsett att avståndet mellan ytan och mätpunkten är mindre än vad som fordras, kan terrängen anses öppen. Smala ytor (bredd mindre än 0,5 m) såsom träd anses inte höra till de här avsedda reflekterande ytorna. Mätpunkten måste dock ligga på minst 2 meters avstånd från träd. Då mätavståndet är större än 50 m behöver inverkan av små reflekterande ytor (i storleken 20-30 m²) inte beaktas, under förutsättning att dessa ytor ligger på mer än 50 m avstånd från mätpunkten.

I öppen terräng bestäms antalet mätpunkter enligt storleken på det område som skall undersökas. Vid undersökning av ett litet område kan en mätpunkt vara tillräcklig, men för stora områden behövs flera mätpunkter. Det är skäl att speciellt fästa uppmärksamhet vid sådana områden där bullerkällans riktverkan och/eller förhållanden som är gynnsamma med tanke på ljudets utbredning leder till att ljudnivåerna är högre än annorstädes. Gynnsamma bullerutbredningsförhållanden innebär t.ex. att terrängen och vegetationen inte beskuggar ljudet, eller att ljudet breder ut sig utmed en akustiskt hård yta (berg, asfalt, vatten osv.). Vid mätningar i öppen terräng rekommenderas mätning på 1,5 m höjd över marknivån.

Också i närheten av byggnader kan mätpunkten ofta väljas så att ljudreflektioner inte alltför mycket påverkar mätresultatet. På bild 1 nedan visas exempel på hur mätpunkterna skall placeras för att uppfylla kraven på öppen terräng.

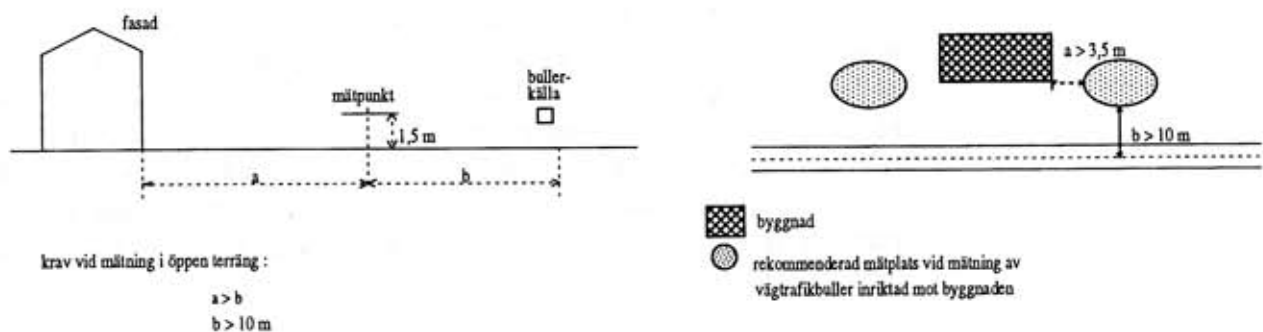


Bild 1. Mätning i öppen terräng.

4.2.2 Mätning nära byggnader

I stadskärnor och andra områden där det inte är möjligt att utföra mätningar i öppen terräng måste bullermätningarna göras nära byggnaderna. För att mätförhållandena skall bli enhetliga rekommenderas att mätningen görs på 2 m avstånd från byggnadens fasad och på en höjd av 1,5 m över markytan eller, om det gäller flervåningshus, 1,5 m över golvnivån i den våning som mätningen gäller. Om körbanan ligger på mindre än 2 meters avstånd från fasaden, kan körbanans kant väljas som mätställe. Mätningen skall göras på minst 2 m avstånd från andra smala ytor såsom träd eller trafikmärken. Bild 2 visar ett exempel på en mätpunkt nära en byggnad.

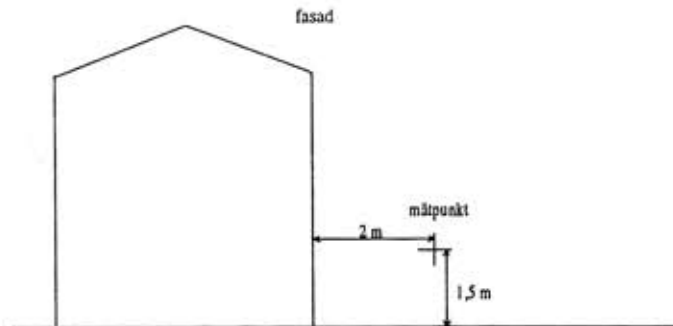


Bild 2. Mätning nära en byggnad.

4.3 Mätning inomhus

Ekvivalentnivån mäts på minst tre punkter och på en höjd av 1,5 m från golvet. Avståndet mellan mätpunkterna skall vara minst 0,5 meter. Mätningen måste göras minst 0,5 m från rummets ytor och minst 1 m från fönstret. Vid val av mätpunkter är det skäl att undvika punkter där bullernivån är avsevärt högre än genomsnittet. På basis av mätresultaten uträknas den genomsnittliga ekvivalentnivån enligt formeln (A.6) (bilaga A.2). Alternativt kan en mikrofon som kontinuerligt rör sig i rummet användas. Under mätningen skall fönstren vara stängda och eventuella luftventiler ställas på normalläge. Vid mätning av bullernivåer inomhus är det skäl att säkerställa att man faktiskt mäter buller förorsakat av en extern bullerkälla och inte buller som uppstår inne i byggnaden eller något annat buller.

4.4 Bestämning av ekvivalentnivån för olika typer av buller

Vid bestämning av ekvivalentnivån beror mättiden och det praktiska utförandet av mätningen på vilken typ av buller som undersöks. Här ges allmänna anvisningar om mätning av ekvivalentnivån för olika typer av buller och om bestämning av ekvivalentnivån för vissa tidsperioder på basis av mätningarna. Specialanvisningarna om mätning av buller från olika källor innehåller ytterligare uppgifter om bestämning av ekvivalentnivån för bestämda typer av bullerkällor.

Omgivningsbuller kan grovt delas in i fyra bastyper:

- jämnt buller
- jämnt buller med stegvisa nivåvariationer
- varierande buller
- buller som består av separata bullerhändelser.

Bullret från en industrianläggning kan ibland karakteriseras som jämnt (med stegvisa nivåvariationer eller utan) och exempelvis buller från byggarbeten som varierande. Buller från flygtrafik eller spårtrafik och bullret utmed föga trafikerade vägar består av separata bullerhändelser.

Tidpunkten för mätningarna och mättiden skall vara sådana att mätresultatet motsvarar - eller kalkylmässigt kan omvandlas så att det motsvarar - den bullernivå som bullerhändelser förorsakar under en given period. Ju mer varierande och slumpmässigt bullret är, dess långvarigare mätningar behövs.

4.4.1 Jämnt buller

I jämnt buller uppgår variationen till mindre än 5 dB (se kapitel 2). Ekvivalentnivån för jämnt buller kan bestämmas genom kortvarig mätning. Ekvivalentnivån för den bestämda tidsperioden är densamma som resultatet av en kortvarig mätning ger, om man utgår ifrån att bullret är likartat under hela tidsperioden. Då kan redan en 10 minuters mätning i bra väder vara tillräcklig.

Om en icke-integrerande mätare används för mätning av ekvivalentnivån, avläses mätaren med lämpliga intervaller, och ekvivalentnivån räknas ut enligt formeln (A.6) (bilaga A.2). Då en icke-integrerande mätare används, rekommenderas tidsvägning S vid mätningen.

4.4.2 Jämnt buller med stegvisa nivåvariationer

Om bullret består av flera jämna komponenter som har olika ljudnivåer, kan ekvivalentnivån bestämmas genom att ekvivalentnivån för varje komponent mäts enligt punkt 4.4.1 och ekvivalentnivåerna för alla komponenter kombineras enligt formeln (A.4) (bilaga A.2).

Den ekvivalentnivå som motsvarar en viss tidsperiod fås genom att man bestämmer den totala ekvivalentnivån för alla jämna komponenter under tidsperioden.

4.4.3 Varierande buller

Ekvivalentnivån för varierande buller bestäms med en integrerande ljudnivåmätare. Mättiden beror på syftet med mätningen. Vid mätningar av kartläggningstyp och då avsikten inte är att definiera den totala ekvivalentnivån under den bestämda tidsperioden kan mättiden vara relativt kort, t.ex. 10 min. Mätresultatet representerar då endast den tid då mätningarna gjordes.

Om syftet med mätningen är att bestämma bullrets ekvivalentnivå för en bestämd tidsperiod, kan mätningen göras antingen för hela tidsperioden eller genom kortvarigare mätningar. Därvid kan ekvivalentnivån för

tidsperioden bestämmas kalkylmässigt på basis av mätresultaten och uppgifter om bullerkällans funktion. Till exempel ekvivalentnivån för vägtrafikbuller under en viss tidsperiod kan bestämmas genom en kortvarig mätning och bestämning av trafikmängden och fordonens genomsnittliga hastighet under mättiden (separat för person- och pakettbilar och tunga fordon). Därefter jämförs trafikuppgifterna under mättiden med trafikuppgifterna för hela tidsperioden, och beräkningsresultatet korrigeras enligt dessa.

4.4.4 Buller som består av olika separata bullerhändelser

Om bullret består av ett antal klart urskiljbara bullerhändelser, kan ekvivalentnivån bestämmas genom mätning av ljudexponeringsnivån för varje bullerhändelse. Ekvivalentnivån för den undersökta perioden fås genom att man kombinerar ljudexponeringsnivåerna för bullerhändelser enligt formeln (A.10) och räknar ut ekvivalentnivån enligt formeln (A.11) (bilaga A.2) på basis av den sammanräknade ljudexponeringsnivån.

4.5 Bestämning av maximalnivån

Med maximalnivån avses den högsta momentana A-vägda ljudnivån under mättiden. Maximalnivåerna varierar med olika tidsvägning. Tidsvägningen väljs på basis av bullret och syftet med mätningen. I allmänhet används tidsvägning F eller S. Det rekommenderas att maximalnivån bestäms som medeltalet eller som varaktighetsnivån vid maximalnivåer uppmätta under flera (t.ex. tre) olika mättidsperioder. I mätprotokollet skall alltid anges den tidsvägning som använts vid mätning av maximalnivån samt sättet för bestämning av maximalnivån.

4.6 Väderförhållanden under mätning

Vindens hastighet och riktning och temperaturvariationerna på olika höjd samt luftfuktigheten (regn, dimma) inverkar på ljudets utbredning och följaktligen på mätresultaten. Inverkan av väderförhållandena ökar med avståndet mellan bullerkällan och mätpunkten. Väderförhållandena bör kontrolleras före mätningen och vid behov bör mätningen flyttas till en tid då vädret är bättre. Det är speciellt skäl att kontrollera att temperaturen ligger inom det för ljudnivåmätaren tillåtna funktionsområdet. Under sommaren och vintern kan mätningarna resultera i lägre värden på grund av att marken, vegetationen och snön då absorberar ljud bättre än under hösten då marken ligger bar.

Mätningar skall huvudsakligen göras så att väderförhållandena inte förosakar betydande ytterligare dämpning jämfört med sådana väderförhållanden som är gynnsamma för ljudets spridning, samt så att mätresultaten är tillförlitliga och så reproducerbara som möjligt. Det förstnämnda betyder att resultaten är representativa för sådana väderförhållanden, då ljudets utbredning från källan till mottagaren är sker lätt.

För att resultaten skall bli tillförlitliga och kunna upprepas rekommenderas såvitt möjligt korta mätavstånd (helst under 30 m, se kapitel 6), svag medvind (ungefär i sektorn $\pm 45^\circ$ från bullerkällan mot mätaren) eller stiltje och uppehållsväder, om inte representativiteten förutsätter andra omständigheter. Vinden anses svag då vindhastigheten uppgår till högst 5 m/s mätt på minst 2 meters höjd. Det rekommenderas att vindhastigheten mäts med en vindmätare. Om en vindmätare inte finns tillgänglig, kan man göra en grov uppskattning av vindriktningen, och vid behov kan vindhastigheten och riktningen under mättiden i efterhand kontrolleras på en väderstation. Väderstationen bör nämnas i protokollet. Man bör undvika mätning under momentana hårda vindlar. Inga mätningar borde göras på längre avstånd än 1000 m. I kapitel 6 behandlas reliabiliteten av mätresultat under olika omständigheter och möjligheten att använda beräkningsmodeller för långa avstånd.

4.7 Bakgrundsbuller under mätning

Det är skäl att fästa tillräcklig uppmärksamhet vid bakgrundsbuller så att det inte förorsakar fel i mätresultatet. Bakgrundsbullret bör ägnas särskild uppmärksamhet, om mätningen enbart gäller en bestämd bullerkälla (t.ex. vägtrafik, flygtrafik, en industrianläggning). Ljudnivån för annat buller än det som skall mätas måste under mättiden ligga 10 dB under det buller som mätningen gäller. Om exempelvis vägtrafikbullret mäts på ett ställe där man hör flygtrafiken, måste mättiden väljas så att inga flygplan flyger över mätpunkten, eller mätningen måste avbrytas medan överflygningen sker.

5 Mätprotokoll

Utöver mätresultaten redovisas i mätprotokollet åtminstone de nedan angivna uppgifterna:

- vem har gjort mätningen, var, vid vilken tidpunkt (datum och
 - mätutrustningen och kalibreringen av den
 - hur har mätningen gjorts
 - tidsvägningen vid mätning av maximalnivån
 - vid mätningar utomhus
 - mikrofonhöjden, avståndet mellan bullerkällan och mätpunkten
 - en skiss över området med uppgifter om mätpunkterna i relation till bullerkällan och eventuella reflekterande ytor samt eventuella skärmar för ljudet
 - uppgifter om markytans beskaffenhet och vegetationen mellan bullerkällan och mätpunkterna
 - vid mätningar inomhus
 - mikrofonhöjden
 - en skiss av rummet med uppgifter om mätpunkterna, rummets dimensioner, material och möblering, fönster, ventilöppningar och andra faktorer som inverkar på bullernivån
 - uppgifter om observerade bullerkällor och deras andel av den totala bullernivån; även uppgifter om bakgrundsbullrets nivå
 - bullerkällans användning eller funktionsätt
 - vid bestämning av ekvivalentnivån för vissa tidsperioder genom kortvarig mätning skall uppgifter ges om bullerkällans funktion under mättiden så att det blir möjligt att räkna ut ekvivalentnivån för tidsperioden
 - utredning av bullrets egenskaper, t.ex. om bullret är impulsartat eller smalbandigt eller innehåller entonskomponenter (förekomst och varaktighet) (se bilaga A.1)
 - uppgifter om väderleken under mätningen (t.ex. vindriktning och vindhastighet, temperatur, eventuella regn, lufttryck, relativ fuktighet) samt de metoder som har använts för att observera dessa (mätare, väderstationer)
 - andra faktorer som eventuellt inverkar på mätresultatet.
-

6 Jämförelse av mätresultat med riktvärden för bullernivå

Det är viktigt att bullermätningar är jämförbara och tillförlitliga, särskilt i de fall då man drar slutsatser på basis av mätresultaten. Då resultaten används som underlag för bullerbekämpningsåtgärder eller då mätningens resultat jämförs med riktvärdet bör uppgifterna om mätresultatens osäkerhet och statistiska pålitlighet inkluderas i mätprotokollet.

Till osäkerhetsfaktorerna hör bl.a. mätutrustningens precision, mätmetodens noggrannhet, ljudreflektioner förorsakade av den som mäter, variationerna i ljudemissionen från bullerkällan, väderförhållandena och bakgrundsbullret. Väderlek som dämpar ljudets utbredning (speciellt vindhastighet och vindriktning) bidrar ofta till slutresultatet. Då avståndet mellan bullerkällan och mätstället växer, ökar väderlekens inverkan på slutresultatet kraftigt.

I bilaga B definieras begreppet "risknivå", som är en del av resultatens osäkerhet. Risknivån har i denna mätanvisning för ett enkelriktat test getts som 5 % och för ett dubbelriktat test som 10 %. Mätresultatens osäkerhet, som beskrivs i detta kapitel, baserar sig på de nämnda risknivåerna. Det är möjligt att använda även andra risknivåer. De angivna osäkerheterna stämmer då inte längre, och osäkerheten skall då bestämmas direkt enligt metoderna i bilaga B med de faktorer som motsvarar de valda risknivåerna.

Siffrorna för osäkerheten gäller inte vid bedömning av mätresultatens osäkerhet i fråga om flygbuller.

6.1 Osäkerhet i mätresultat

Osäkerheten i mätresultaten blir större då mätavståndet ökar. Mätningens osäkerhet ΔL på olika mätavstånd uppskattad enligt bilaga B har angivits i tabell 1.

Tabell 1. Osäkerhet i mätresultat på olika mätavstånd.

osäkerhet (ΔL)	2 dB	4 dB	7 dB
mätavstånd	30 m	100 m	500 m

Osäkerheten kan minskas väsentligt genom upprepade oberoende mätningar. Det slutgiltiga mätresultatet blir då det aritmetiska medeltalet av mätresultaten enligt formeln (B.5) (bilaga B). Mätningarna kan anses oberoende av varandra, om de utförs olika dagar (dock inte gärna två dagar i följd). Vid flera separata mätningar kan mätavstånden enligt tabell 1 förlängas t.ex. till vad som anges i tabell 2. Bilaga B innehåller ytterligare anvisningar om hur osäkerheten kan uppskattas i samband med upprepade mätningar.

Tabell 2. Osäkerhet i mätresultat på olika mätavstånd vid upprepade mätningar.

osäkerhet (ΔL)	2 dB	4 dB
minimiantalet mätningar	6	4
mätavstånd	100 m	500 m

För att mätresultatens osäkerhet enligt tabellerna 1 och 2 inte skall överskridas måste omständigheterna under mätningen uppfylla kraven enligt tabell 3.

Tabell 3. Krav på omständigheterna under mätning

inget regn
vindhastigheten högst 5 m/s på en höjd av minst 2 m
vindriktningen från bullerkällan till mätpunkten skall ligga ungefär inom sektorn $\pm 45^\circ$ (kravet gäller avstånd längre än 30 m)
bakgrundsbullrets ljudnivå minst 10 dB under den ljudnivå som mätningen gäller
ljudnivåmätaren i precisionsklass 2 eller bättre. (1 eller bättre vid mätningosäkerheten $\Delta L = 2$ dB)

Undantag från kraven i tabell 3

Om man vill bestämma ljudnivån under bestämda väderförhållanden, t.ex. de som vanligen råder i mätområdet, behöver de tre förstnämnda kraven inte tillgodoses. Då skall avvikelserna klart anges i mätprotokollet.

Om mätresultatet jämförs med riktvärdet, behövs uppgifter om osäkerheten. Mätresultatens osäkerhet kan hämtas från tabell 1 eller 2 under förutsättning att kraven i tabell 3 uppfylls. Om kraven inte kan uppfyllas, eller om de största tillåtna mätningssavstånden överskrids, anses osäkerheten vara $\Delta L = 10$ dB. En noggrannare feluppskattning än i denna anvisning kan också tillämpas. Allmänna anvisningar om detta ingår i bilaga B.

Det rekommenderas att temperaturgradienten [$^{\circ}\text{C}/\text{m}$] och den relativa fuktigheten under mätningen anges i mätprotokollet, om det är möjligt att bestämma dem. Temperaturgradienten kan bestämmas genom att man mäter temperaturskillnaden mellan 0,5 och 10 meters höjd och dividerar talet med höjdskillnaden 9,5 m. Då vindhastigheten är mycket låg (under 2 m/s mätt på 10 m höjd), är det bättre om temperaturgradienten är icke-negativ (temperaturen avtar inte med höjden). Detta är ofta fallet t. ex. på kvällen, på natten, på morgonen och allmänt då vädret är molnigt. *Eventuell molnighet bör omnämnas i mätprotokollet.*

Här har inte beaktats den inverkan som variationerna i bulleremissionerna har på osäkerheten. Mätresultat enligt dessa anvisningar måste anses representera bullernivån under de omständigheter då bullerkällan är i drift och fungerar, och detta betyder att omständigheterna vid mätningen omsorgsfullt skall protokollföras i mätprotokollet. Likaså skall en bedömning göras av hur representativa mätpunkterna, mätningens tid och mätningarnas varaktighet är. Vid behov kan mätningarna göras separat under olika omständigheter då bullerkällan är i drift eller fungerar på olika sätt.

6.2 Jämförelse med riktvärden för bullernivå

Om ljudet till sin natur är slagartat eller smalbandigt, adderas enligt statsrådets beslut om riktvärden för bullernivå 5 dB till mätning- eller beräkningsresultatet innan det jämförs med riktvärdet.

På basis av det allmänna osäkerhetsbegreppet kan riktvärdet L_0 på grund av mätresultatet anses ha blivit överskridet, om mätresultatet $> L_0 + \Delta L$. Motsvarigt kan riktvärdet L_0 på basis av mätresultatet anses ha blivit underskridet, om mätresultatet $\leq L_0 - \Delta L$. Om $\Delta L \leq 2$ dB och $L_0 - \Delta L < \text{mätresultatet} \leq L_0 + \Delta L$, skall mätresultatet tolkas som lika med riktvärdet. Principen för verifiering av över- och underskridning av riktvärdet ses på bild 3.

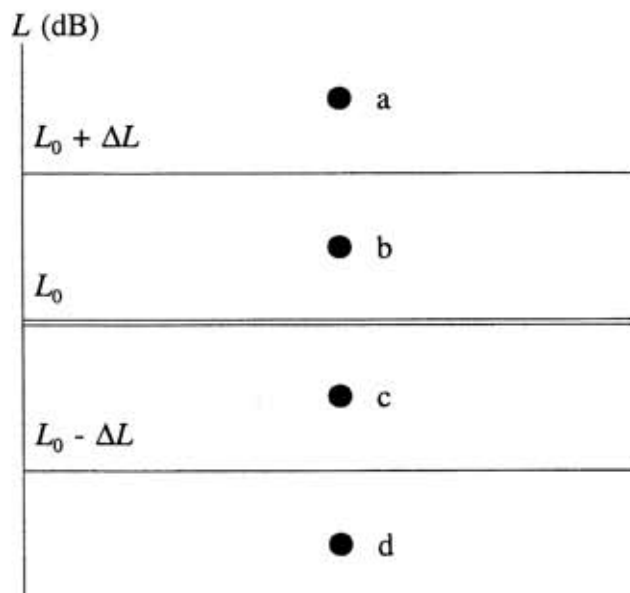


Bild 3. Fyra exempel som visar hur mätresultatet ligger i förhållande till riktvärdet L_0 och osäkerheten ΔL . Riktvärdet överskrids vid mätresultatet a och underskrids vid mätresultatet d. Om ΔL inte överskrider 2 dB, tolkas mätresultaten b och c som lika med riktvärdet.

- Exempel* Resultatet av en mätning under omständigheter som uppfyller kraven och görs på avståndet 400 m är 5 dB lägre än riktvärdet. På basis av resultatet kan man inte säga att riktvärdet har underskridits.
- Exempel* Medeltalet för de under fyra dagar uppmätta mätresultaten under omständigheter som uppfyller kraven och görs på avståndet 400 m ligger 5 dB under riktvärdet. Resultatet visar att riktvärdet underskridits.
- Exempel* Mätresultatet har, under omständigheter som inte uppfyller kraven, blivit 12 dB högre än riktvärdet. Resultatet visar att riktvärdet överskridits.

Om man vill verifiera att riktvärdet överskridits eller underskridits, och om det inte är möjligt att uppfylla kraven, måste en situationsinriktad bedömning av tillförlitligheten göras. Allmänna anvisningar om detta ingår i bilaga B.

6.3 Användning av beräkningsmodeller

Om undersökningsområdet ligger längre bort från bullerkällan än vad kraven förutsätter (mer än 500 m), kan bullernivån mätas på det mätavstånd som krävs (t.ex. 10 - 30 m), varefter beräkningsmodellen används för omvandling av resultatet så att det motsvarar undersökningssområdet. Också på kortare avstånd än 500 m kan ljudnivåerna räknas ut på basis av mätresultaten för ännu kortare avstånd. Beräkning rekommenderas speciellt då man vill definiera bullernivån för öppen terräng i ett område där den inte kan mätas på grund av reflektioner eller bakgrundsbuller. Osäkerheten i beräkningsresultatet kan beräknas på basis av osäkerheten i mätresultatet och beräkningsmodellen enligt bilaga 2. Den beräkningsmodell som används och de faktorer som

påverkar ljudets utbredning och beaktas i beräkningen skall anges i anslutning till slutresultaten.

De väderförhållandena som antagits i beräkningsmodellerna skiljer sig i någon mån från dem som har rekommenderats i dessa mätanvisningar. Ytterligare tar beräkningsmodellerna inte alltid hänsyn till alla de faktorer som påverkar ljudets utbredning och dämpning. Ändå kan ett beräkningsresultat som är baserat på en beräkningsmodell i vissa fall vara mera pålitligt än ett mätresultat. Detta kan komma i fråga i de situationer, då osäkerheten hos mätresultaten är stor, eftersom osäkerheterna i fråga om beräkningsmodellernas resultat och i fråga om mätresultat delvis beror på olika faktorer.

Avdelningschef
Överdirektör

OLLI OJALA
Olli Ojala

Överinspektör

SIRKKA-LIISA PAIKKALA
Sirkka-Liisa Paikkala

DISTRIBUTION

Kommunerna

FÖR KÄNNEDOM

Regionala miljöcentralerna
Social- och hälsovårdsministeriet
Luftfartsverket
Folkhälsoinstitutet
Sjöfartsstyrelsen
Huvudstaben
Gränsbevakningsväsendet
Vägverket
Statsjärnvägarna
Statens tekniska forskningsinstitut

Bilaga A Begrepp och definitioner

A.1 Grundbegrepp

Ljud

Partiklars vibration i elastiskt medium (luft), som utbreder sig som vågor och resulterar i en hörselupplevelse.

Buller

Med buller avses enligt bullerbekämpningslagen ljud eller därmed jämförbara vibrationer som är menliga för hälsan eller avsevärt minskar trivseln i miljön eller avsevärt stör arbete. Buller definieras i allmänhet som ett ljud som människan upplever som obehagligt eller störande eller som på något annat sätt är skadligt för människans hälsa eller inverkar menligt på hennes välbefinnande.

Omgivningsbuller

Omgivningsbuller en allmän beteckning på allt det buller som förekommer i människans boende- och livsmiljö. Här definieras samhällsbuller som ett ljud, som kan orsakas av

- a) trafik
 - vägtrafik, flygtrafik, spårbunden trafik, övrig trafik
- b) industri
 - industrianläggningar, kraftverk, stenbrott, stenkrossar
- c) byggande
- d) fritidssysselsättningar
 - motorsport, skyttebanor, utomhustillställningar, miniatyrflygplan, vattenskotrar osv.

Bakgrundsbuller

Annat buller än det som skall mätas.

Impulsbuller (slagartat buller)

Buller som innehåller momentana bullertoppar av högst 1 s varaktighet som tydligt kan skiljas från varandra. Impulsbuller orsakas särskilt av slag, skott, sprängningar och elektriska urladdningar. Om hörselobservationen inte är tillfyllest för att konstatera att bullret är impulsartat (slagartat), kan man använda följande kriterium:

- Skillnaden mellan de A-vägda maximalnivåerna L_{pA1} (medelvärderad med tidsvägning I) och L_{pAS} (medelvärderad med tidsvägning S) ($L_{A1max} - L_{ASmax}$) inom samma ljudimpuls är 5 dB³ eller mer.

Om ljudimpulserna är fler, kan man i stället för maximalnivåerna använda det aritmetiska medeltalet för värdena för deras olika ljudimpulser. Om ljudimpulserna uppträder mer än en gång per sekund, kan man i stället för maximalnivån L_{ASmax} använda ekvivalentnivån $L_{Aeq,T}$, där integrationstiden T för ekvivalentnivån är densamma som observationstiden för ljudimpulserna.

Smalbandigt buller

Buller som innehåller klart tonande ljud (diskreta toner eller tonkomponenter). Om hörselobservationen inte klart utesluter möjligheten att bullret är smalbandigt, kan smalbandigheten grovt verifieras enligt följande: terstrycknivån inom åtminstone ett tersband är minst 5 dB högre än ljudtrycksnivåerna på de omedelbart under och över detta tersband befintliga.

Entonsljud

Ljud som omfattar bara en frekvens.

Utbredningsdämpning

Den sänkning av ljudnivån som kan observeras då man avlägsnar sig från ljudkällan och som beror på att ljudenergin fördelas till ett större område. Utbredningsdämpningen för ett ljudfält från en punktkälla är 6 dB och från en linjekälla 3 dB allt eftersom avståndet fördubblas.

A.2 Definitioner på storheter som mäts i ljudfältet

Ljudtrycksnivå L_p [dB]

Ljudtrycksnivån definieras med formeln

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{p}{p_0} \right)^2, \quad (\text{A.1})$$

där p är effektivvärde för ljudtrycket [Pa]
 p_0 är referensljudtryck 20 μPa .

³ I allmänhet användes 5 dB. I revisionsförslaget (1990) till den internationella standarden ISO 3744:1981 har värdet definierats som 3 dB.

A-ljudnivån L_{pA} [dB]

A-ljudnivån definieras med formeln

$$L_{pA} = 10 \lg \left(\frac{p_A}{p_0} \right)^2, \quad (\text{A.2})$$

där p_A är effektivvärde för det A-vägda ljudtrycket [Pa]
 p_0 är referensljudtryck 20 μP .

A-ljudnivån kan bestämmas med exponentiell kortvarig medelvärdesbildning under användning av tidsvägningen S (L_{pAS}), F (L_{pAF}) eller I (L_{pAI}) (bilaga A.3).

Ekvivalent A-ljudnivå (ekvivalentnivån) $L_{Aeq,T}$ [dB]

Den ekvivalenta A-ljudnivån bestäms med tillhjälp av ekvationen

$$\begin{aligned} L_{Aeq,T} &= 10 \lg \left(\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{L_{pA}(t)}{10}} dt \right) \\ &= 10 \lg \left(\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right), \end{aligned} \quad (\text{A.3})$$

där t_1 är den tid då den bestämda tiden börjar,
 t_2 är den tid då den bestämda tiden slutar,
 $L_{pA}(t)$ är momentanvärde [dB] för A-ljudnivån
 $p_A(t)$ är momentanvärde [Pa] för det A-vägda ljudtrycket
 p_0 är referensljudtryck 20 μPa .

Om ekvivalenta A-ljudnivån bestäms för en tillräckligt lång tidsperiod, är den inte avhängig av den tidsvägning som används för den exponentiella medelvärdesbildningen, utom med tidskonstanten I med osymmetrisk tidsvägning med hänseende till den stigande och sjunkande impulsdelen (bilaga A.3). Om man använder sådan tidsvägning, talar man om den ekvivalenta AI-ljudnivån.

Om man känner till den ekvivalenta A-ljudnivån för flera tidsperioder, får man den ekvivalenta A-ljudnivån för hela den motsvarande tidsperioden ur formeln

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^M T_i 10^{\frac{L_{Aeq,T}}{10}} \right), \quad (\text{A.4})$$

där M är antalet tidsperioder,
 T_i anger hur länge perioden i varar,

T är den totala tiden (ΣT_i),
 $L_{Aeq,Ti}$ är den ekvivalenta A-ljudnivån för tidsperioden i .

Exempel Under en mättningsdag erhöles för tidsperioden kl. 7-10 värdet $L_{Aeq,3h} = 45$ dB, för tidsperioden kl. 10-17 $L_{Aeq,7h} = 47$ dB. Ekvivalentnivån för tidsperioden kl. 7 - 22 är då

$$L_{Aeq,15h} = 10 \lg \frac{1}{15} (3 \cdot 10^{45/10} + 7 \cdot 10^{50/10} + 5 \cdot 10^{47/10}) \text{ dB} = 48,4 \text{ dB} .$$

Om det observerade bullret inte förekommer under någon av tidsperioderna T_i , kan ifrågavarande uttryck i formeln för $L_{Aeq,T}$ utelämnas (gäller dock inte summaformeln för T). Om bullret förekommer t.ex. enbart under tidsperioden T_1 , blir formeln

$$\begin{aligned} L_{Aeq,T} &= 10 \lg \left(\frac{T_1}{T} 10^{\frac{L_{Aeq,T_1}}{10}} \right) \\ &= L_{Aeq,T_1} + 10 \lg \left(\frac{T_1}{T} \right) . \end{aligned} \quad (\text{A.5})$$

Exempel Under en mättningsdag erhöles kl. 10-17 $L_{Aeq,7h} = 60$ dB och kl. 7-10 och 17-22 ett värde lägre än 50 dB. Ekvivalentnivån för kl. 7-22 bestäms då under tiden kl. 10-17 och är då

$$L_{Aeq,15h} = 60 \text{ dB} + 10 \lg \left(\frac{7}{15} \right) \text{ dB} = 56,7 \text{ dB} .$$

Om alla tidsperioder T_i är lika långa, blir ekvivalentnivån

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left(\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M 10^{\frac{L_{Aeq,T_i}}{10}} \right) . \quad (\text{A.6})$$

Då man mäter A-ljudnivån med jämna tidsintervaller under längre tid än T , får man den ekvivalenta A-ljudnivån ur formeln

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{pAi}}{10}} \right) , \quad (\text{A.7})$$

där N är antalet prov tagna med regelbundna intervaller
 L_{pAi} är provets i A-ljudnivå.

Exempel Under mättidsintervallen för prov tagna med regelbundna intervaller fick man A-ljudnivåerna 50 dB, 52 dB, 51 dB, 55 dB, 56 dB, 54 dB, 51 dB, 50 dB och 49 dB. Ekvivalentnivån för hela mättiden är då

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \frac{1}{9} (10^{50/10} + 10^{52/10} + 10^{51/10} + 10^{55/10} + 10^{56/10} + \\ + 10^{54/10} + 10^{51/10} + 10^{50/10} + 10^{49/10}) \text{ dB} = 52,6 \text{ dB} .$$

Eftersom formlerna (A.6) och (A.7) formellt är likadana, kan det anförda exemplet också användas som exempel på hur ekvivalentnivån bestäms då mätresultaten beskriver ekvivalentnivåerna för sinsemellan lika långa perioder.

Ekvivalentnivån för buller från flera bullerkällor bestäms enligt formeln

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{Aeq,i}}{10}} \right), \quad (\text{A.8})$$

där n är antalet bullerkällor
 $L_{Aeq,i}$ är ekvivalentnivån för bullerkällan i

Exempel Ekvivalentnivåerna för bullret från tre bullerkällor är 45 dB, 50 dB och 47 dB. Den totala ekvivalentnivån blir

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg (10^{45/10} + 10^{50/10} + 10^{47/10}) \text{ dB} = 52,6 \text{ dB} .$$

Ljudexponeringsnivån L_{AE} [dB]⁴

Ljudexponeringsnivån definieras enligt formeln

$$L_{AE} = 10 \lg \left(\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{L_{pA}(t)}{10}} dt \right) \quad (\text{A.9}) \\ = 10 \lg \left(\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right),$$

där t_1 är den tid då observationen börjar
 t_2 är den tid då observationen slutar
 t_0 är referenstid 1 s
 $L_{pA}(t)$ är momentanvärdet [dB] för A-ljudnivån
 $p_A(t)$ är momentanvärdet [Pa] för det A-vägda ljudtrycket
 p_0 är referensljudtryck 20 μPa .

Ljudexponeringsnivån illustrerar dosering av buller vid en separat bullerhändelse, ett engångsfenomen eller flera sådana sammanräknade.

⁴ Ibland används också benämningen "händelsenivå" samt förkortningarna L_{AX} och SEL

Om man känner till ljudexponeringsnivån för flera olika buller, får man motsvarande sammanräknade ljudexponeringsnivå ur formeln

$$L_{AE} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m 10^{\frac{L_{AEi}}{10}} \right), \quad (\text{A.10})$$

där m är antalet separata bullerhändelser
 L_{AEi} är ljudexponeringsnivån för bullerhändelse i .

Exempel För tre olika bullerhändelser uppmättes ljudexponeringsnivåerna 80 dB, 84 dB och 85 dB. Den sammanräknade bullerexponeringsnivån blir

$$L_{AE} = 10 \lg(10^{80/10} + 10^{84/10} + 10^{85/10}) \text{ dB} = 88,2 \text{ dB} .$$

Relationen mellan den ekvivalenta A-ljudnivån $L_{Aeq,T}$ som under tiden T förorsakas av buller och ljudexponeringsnivån L_{AE} är

$$L_{Aeq,T} = L_{AE} - 10 \lg \left(\frac{T}{t_0} \right), \quad (\text{A.11})$$

där t_0 är referenstid 1 s.

Exempel Ljudexponeringsnivån 93 dB mättes för en bullerhändelse. Ekvivalentnivån för bullret under tiden kl. 7-22 är då

$$L_{Aeq,15h} = 93 \text{ dB} - 10 \lg \left(\frac{15 \cdot 3600 \text{ s}}{1 \text{ s}} \right) \text{ dB} = 45,7 \text{ dB} .$$

Oktavtrycksnivån

Den ljudtrycksnivå som råder inom ett frekvensband på en oktav.

Terstrycksnivån

Den ljudtrycksnivå som råder inom ett frekvensband i en ters.

Effektivvärde

Kvadratroten av medeltalet för kvadraten på en signals momentanvärde.

A.3 Andra begrepp som sammanhänger med ljudnivåmätare

Ljudnivåmätare

En apparat för mätning av ljudtrycksnivån enligt standarden SFS 2877/IEC 651 med de frekvens- och tidsvägningsegenskaper som standarden anger.

Integrerande ljudnivåmätare

En apparat för mätning av ljudtrycksnivåns (ekvivalentnivån, ljudexponeringsnivån) medeltal i kvadrat enligt standarden IEC 804 med de frekvensvägningsegenskaper som standarden anger.

Precisionsklass

Precisionsklasserna för ljudnivåmätare har definierats i standarderna SFS 2877/IEC 651 och IEC 804 i sjunkande precisionsordning enligt bruksändamål som följer:

- 0 laboratoriereferens
- 1 laboratoriebruk och fältbruk, om den akustiska omgivningen kan specificeras och/eller kontrolleras
- 2 allmänt fältbruk
- 3 kartläggningsmätningar.

En precisionsljudnivåmätare enligt den gamla standarden SFS 2881/IEC 179 motsvarar på ett ungefär precisionsklass 1, och en "vanlig" ljudnivåmätare enligt den gamla standarden SFS 2877/IEC 123 precisionsklass 3. Men det är skäl att observera att de gamla standardernas definitioner för tidsvägningen är inexaktare. Detta kan till exempel komma till synes som skillnader mellan olika mätare vid bestämning av maximalnivåer. Vid användning av ljudnivåmätare som specificerats enligt de gamla standarderna är det skäl att först bestämma deras precisionsklass enligt gällande standarder.

A-vägning

Frekvensvägning där låga och mycket höga frekvenser dämpas med ett filter enligt standarden SFS 2877/IEC 651. Vägningen efterliknar frekvensgången vid svaga ljud hos en människa med normal hörsel (nära hörseltröskeln).

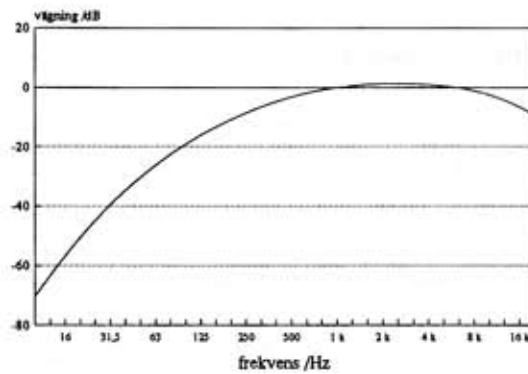


Bild A.1. A-vägningsfiltrets frekvensgång.

Oktavband

Ett frekvensband där relationen mellan gränshänsfrensena är 2.

Tersband

Ett frekvensband med 1/3 oktav, där relationen mellan gränshänsfrensena är $\sqrt[3]{2} \approx 1,26$.

Filter

En apparat som används för vägning eller analys av ett signalspektrum. Passbandet för oktav- och tersfilter är en oktav och en ters, och deras gränshänsfrensena och frekvensrespons definieras i standarden SFS 2885/IEC 225.

Tidsvägning

Efter kvadrering av ljudtrycket sker en kortvarig exponentiell medelvärdesbildning (integrering) enligt ett av alternativen S (slow, långsam), F (fast, snabb), I (impulse, impuls) eller peak (topp). Definitionen sker med tillhjälp av tidskonstanter.

Tidskonstant [s]

Tidskonstanten för ett lågpassfilter (RC-lågpassfilter) vid tidsvägning. Dess värden med olika tidsvägningar är enligt standarden SFS 2877/IEC 651

S	1 s
F	125 ms
I	35 ms (+ en toppdetektor med tidskonstanten 1,5 s)
peak	högst 50 μ s i precisionsklass 0, högst 100 μ s i de övriga precisionsklasserna.

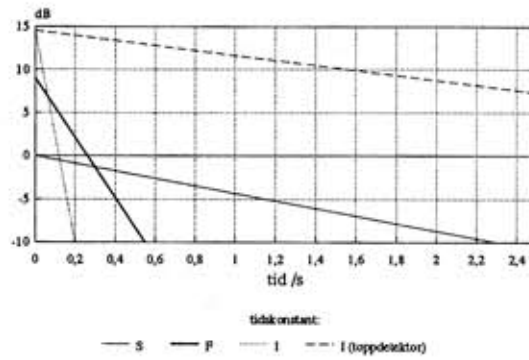


Bild A.2. Impulsrespons för ett exponentiellt vägt medelvärde.

I samband med tidsvägning I integreras pulsstigningen och nedgången med tidskonstanten 35 ms, men i samband med uträkningen av sjunkande puls används dessutom toppedetektor med tidskonstanten 1,5 s.

Bilaga B Uppskattning av osäkerhet

Denna uppskattning av osäkerhet är avsedd för användning i de fall att mätresultaten skall jämföras med riktvärdet och förfarandet i kapitel 6 av någon anledning inte kan tillgripas, eller om man vill tillämpa en felanalys som är exaktare än vad som presenteras i kapitel 6. De angivna metoderna och talvärdena för osäkerhetsfaktorerna gäller enbart bestämning av ekvivalentnivån. Vid bestämning av maximalnivån är osäkerheten i regel större. Om man vill bestämma maximalnivån på basis av mätningarna, hänvisas läsaren till källlitteraturen i fråga om uppskattning av osäkerhet t.ex. [8,12].

Alla de osäkerhetsfaktorer som beaktas vid uppskattning av osäkerheten bör specificeras klart och tydligt.

B.1 Risknivå

För att bestämma mätresultatens statistiska tillförlitlighet bestämmer man först en risknivå inom ramen för vilken uppskattningen av osäkerhet görs. Vid en så kallad enkelsidig testning prövas överskridning eller underskridning av riktvärdet på den bestämda risknivån. Vid en dubbelsidig testning prövas om mätresultatet avviker från riktvärdet på den bestämda risknivån. Ju större risknivå som väljs, desto större blir sannolikheten för en felaktig konklusion på grund av mätresultatet. De risknivåer som valts orsakar samma osäkerhet vid enkel- och dubbelsidig testning, om man bestämmer att en enkelsidig testning på risknivån m motsvarar en dubbelsidig testning på risknivån $2 * m$. I dessa måtanvisningar är den för ensidig testning bestämda risknivån 5 % och för dubbelsidig testning 10 %, om annat inte nämns. Valet av ovannämnda risknivåer har gjorts på grund av att de används även vid bestämning av maskiners bulleremission samt bullerindex. Också andra risknivåer kan användas, men de faktorer som beror på olika osäkerheter, måste ersättas med sådana som motsvarar de riktiga risknivåer.

B.2 Osäkerhet

På basis av standardavvikelsen av risknivåerna och mätresultaten bestäms osäkerheten δ [dB] vid mätningen. Mätresultatets osäkerhet erhålls med formeln (B.1), där δ är osäkerheten i anslutning till olika osäkerhetsfaktorer enligt formeln (B.2) och σ_i är standardavvikelser för olika osäkerhetsfaktorer. Formeln (B.1) bygger på att osäkerhetsfaktorerna är oberoende av varandra.

$$\delta = \sqrt{\sum_i \delta_i^2} \quad (\text{B.1})$$

$$\delta_i = d_i \cdot \sigma_i \quad (\text{B.2})$$

Uttrycket d_i är en koefficient som beror på fördelningen av mätresultaten, antalet mätningar på den bestämda risknivån och på om det är fråga om en enkel- eller dubbelsidig testning. På de risknivåer som används i dessa mätanvisningar och om normalfördelade mätresultat antas är d_i 1,65, om antalet mätningar är en och om standardavvikelse antas given på förhand. Osäkerheten kan minskas väsentligt genom ett större antal mätningar. d_i kan minskas genom att man väljer en större risknivå; tvärtom ökar osäkerheten, om en mindre risknivå väljs. Om man använder en annan risknivå än vad som nämns i dessa anvisningar, skall detta nämnas i mätrapporten.

Osäkerheten kan minskas väsentligt genom ett större antal mätningar. Om antalet av varandra oberoende mätningar är N_m och standardavvikelse är given på förhand, får man uttrycket d_i för den givna risknivån med formeln (B.3).

$$d_i = \frac{1,65}{\sqrt{N_m}} \quad (\text{B.3})$$

För att mätningar skall vara oberoende av varandra skall intervallen mellan konsekutiva mätningar vara längre än den typiska variationstiden för den osäkerhetsfaktor som undersöks. Mätningar kan i allmänhet anses oberoende av varandra då de görs olika dagar. Ett ökat antal mätningar minskar inte osäkerheten, om denna beror på ett systemfel, t.ex. på att kalibratoren har felaktig ljudnivå eller på ljudnivåmätarens frekvensgång. Då måste man i formeln (B.3) i stället för uttrycket N_m använda en etta vid bedömning av den osäkerhet som ifrågavarande osäkerhetsfaktor orsakar.

Om standardavvikelserna inte är kända, kan de bestämmas i samband med de egentliga mätningarna eller genom separata mätningar. Standardavvikelsen σ_i på basis av mätresultaten kan erhållas med tillhjälp av formeln (B.4), där N_h är antalet av varandra oavhängiga - mätningar (helst minst 3), L_{Aeqk} är det k :te mätresultatet och $L_{Aeq\bar{x}}$ är det aritmetiska medeltalet av mätresultaten enligt formeln (B.5). Uttrycket d_i på den givna risknivån erhålls då ur formeln (B.6), där N_m är antalet egentliga mätningar och uttrycket t_i kommer ur tabell B.1. Då antalet mätningar närmar sig det oändliga, närmar sig uttrycket t_i den i formeln (B.3) förekommande koefficienten 1,65. Om standardavvikelsen definieras i samband med den egentliga mätningen, anknyter spridningen till den totala osäkerheten, och det egentliga mätresultatet är det aritmetiska medeltalet för de separata mätresultaten enligt formeln (B.5).

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{N_h - 1} \sum_{k=1}^{N_h} (L_{Aeqk} - L_{Aeq\Sigma})^2} \quad (\text{B.4})$$

$$L_{Aeq\Sigma} = \frac{1}{N_h} \sum_{k=1}^{N_h} L_{Aeqk} \quad (\text{B.5})$$

$$d_i = \frac{t_i}{\sqrt{N_m}} \quad (\text{B.6})$$

Tabell B.1. Uttrycket t_i som funktion av antalet spridningsmätningar (N_h).

N_h	2	3	4	5	6	7...9	10...16	17...	∞
t_i	6,31	2,92	2,35	2,13	2,02	1,9	1,8	1,7	1,65

I det följande presenteras några av de viktigaste osäkerhetsfaktorerna som inverkar på mätningens precision. Verkningarna av osäkerhetsfaktorerna, som kan avläsas som ljudnivåindikationer på mätaren (mätutrustningens elektriska bakgrundsbrus, av vinden orsakade virvlar kring mikrofonens vindskydd, bakgrundsljud), bör ligga minst 10 dB under den ljudnivå som mäts för att man inte skall behöva beakta dem. De viktigaste osäkerhetsfaktorerna är i allmänhet variationer i ljudemissionerna från bullerkällorna och väderleksförhållandena. Ätminstone dessa borde beaktas då man bedömer tillförlitligheten. Vid uppföljningsmätningar av källor för kortvarigt buller, till exempel utomhusevenemang, beaktas variationerna i ljudemissionerna och väderleksförhållandena inte som osäkerhetsfaktorer.

B 2.1 Mätutrustningens precision

Formeln för osäkerheten kan också användas för att bestämma säkerhetsintervallen för en bestämd storhet. I en dubbelsidig testning är säkerhetsintervallen för storheten $(100 - n) \%$ till sitt nominella värde $\pm \delta$ [dB], då n motsvarar risknivån. Om man t.ex. i fråga om ljudnivåmätare talar om "precision", kan man anta att precisionen avser säkerhetsintervallen 99 % ($n = 1 \%$) vid dubbelsidig testning. En standardavvikelse som motsvarar "precisionen" erhålls då genom division med talet 2,58. Man behöver standardavvikelsen för att kunna bestämma osäkerheten i mätarrangemangen.

Standarden SFS 2877/IEC 651 utreder ljudnivåmätarens precision i olika situationer och med olika kriterier, standarden IEC 804 utöver de föregående också integrerande ljudnivåmätarens precision. En grov tumregel är att det specifika värdet för precisionen av en ljudnivåmätare

vid mätning av ett kontinuerligt ljud i en nominell riktning ligger i precisionsklass ± 1 dB, vilket avser en precision av ± 1 dB i precisionsklass 0, ± 2 dB i precisionsklass 1, ± 3 dB i precisionsklass 2 och ± 4 dB i precisionsklass 3. Om ljudet innehåller impulser vilkas längd motsvarar mätarnas specifikationer, försämras precisionen med ca ± 1 dB. På basis härav kommer man i fråga om ljudmätare fram till en genomsnittlig spridning av 0,4 dB, 0,8 dB, 1,2 dB och 1,6 dB, och vid mätning av ljud som innehåller impulser till en genomsnittlig spridning av 0,8 dB, 1,2 dB, 1,6 dB och 1,9 dB i precisionsklasserna 0, 1, 2 respektive 3. En mer noggrann analys av ljudnivåmätarens precision förutsätter att ifrågakommande mätare bedöms.

De mätfel som orsakas av ljudnivåmätaren och kalibratoren är i allmänhet systematiska. Om man vill minska det systematiska felet genom upprepade mätningar, borde man använda olika ljudnivåmätare och kalibratorer vid olika mätningar.

B.2.2 Faktorer i samband med mätningen

Då resultatet är en L_{Aeq} -nivå som räknas ut enligt mätaravläsningen, beror precisionen på den omfattning och hastighet med vilken bullernivån varierar, på egenskaperna hos den som utför mätningen (erfarenhet, omsorgsfullhet) och på de observerade värdenas statistiska representativitet. För en person som är erfaren mätare ligger det fel som kommer av mätaravläsningsmetoden mellan $\pm 1,5$ dB, då mätaravläsningen görs i minst 5 min. Det antas att denna precision också motsvarar osäkerhetsintervallen 99 % (vid tvåvägstestning). Detta ger en genomsnittlig spridning av 0,6 dB för avläsningen. Om variationen i ljudnivån under avläsningstiden går över de tillåtna 5 dB (med tidsvägning S), är den genomsnittliga spridningen för avläsningen större.

B.2.3 Väderförhållanden

Då en stor del av ljudenergin härstammar från ett avstånd längre än 100 m, kan variationen i spridningsdämpningen orsaka skillnader på 5 - 20 dB i mätningar som görs olika dagar, vilket leder till att mätningarnas osäkerhet kan vara mycket stor. För att göra osäkerheten så liten som möjligt bör mätresultatet, om mätavståndet är över 30 m, anges som medeltalet antingen för samtliga uppmätta resultat eller enbart för resultat uppmätta under vissa väderförhållanden. Sådana väderförhållanden är vanligen de under vilka de högsta bullernivåerna uppstår utan att omständigheterna annars stör själva mätningen. Bild B.1 visar den av vädret orsakade standardavvikelsen under vissa förhållanden som bygger på den nordiska metoden för mätning av externt industribuller. Under ifrågakommande omständigheter bildar vindriktningen en mindre än 45° vinkel från bullerkällan till mätpunkter, och vindhastigheten på 10 m höjd är högst 5 m/s (motsvarar en vindhastighet av 3,5 m/s på högst 2 m höjd). Dessutom är det specifika värdet för atmosfärens temperaturgradient i relation till höjden högst 0,05 C/m (med positivt

förtecken, om vindhastigheten är mindre än 2 m/s på en höjd av 10 m). Mättiden antas vara minst 10 minuter. Under andra omständigheter kan bilden enbart anses riktgivande, och en noggrannare bedömning av hur väderförhållandena verkar förutsätter en situationsinriktad bedömning. I bilden antas att bullret bara har en källa. Om källorna är fler, bör en tillförlitlighetsanalys i relation till väderförhållandena göras separat för varje bullerkälla eller alternativt bara för den som har den största inverkan på ljudnivån i mätpunkten.

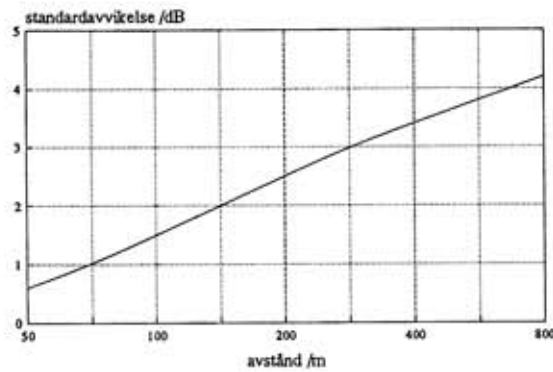


Bild B.1. Avvikelser i mätresultat under olika väderförhållanden, uppmätta i medvind med vindhastighet på högst 5 m/s [12].

Bild B.2 visar osäkerheten vid bedömning av underskridande eller överskridande av riktvärdet för mätresultatet då mätvärdet formas av ekvivalentnivån och fås med en integrerande ljudnivåmätare, då mätutrustningens precision och väderförhållandena beaktas som osäkerhetsfaktorer, väderförhållandena är de angivna och det buller som mäts antas vara icke-impulsartat och härröra från en stationär källa.

Den av väderförhållandena orsakade osäkerheten kan minskas väsentligt genom att mätningarna görs närmare bullerkällan. Då blir mätningosäkerheten mindre, och man kan på basis av resultaten räkna ut ljudnivåerna på önskade avstånd med beräkningsmodellerna.

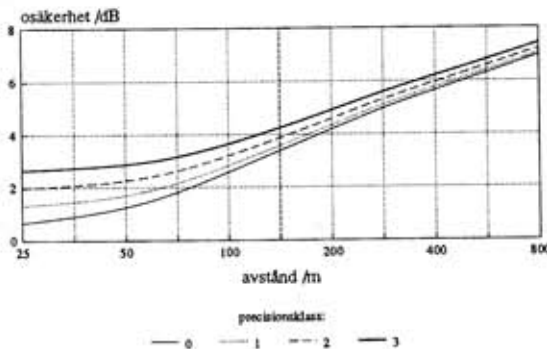


Bild B.2. Osäkerhet förorsakad av väderförhållandena och fel på mätutrustningen vid mätning av icke-impulsartat buller.

B 2.4 Variationer i ljudemissioner från ljudkällan

Om standardavvikelsen för variationerna i ljudemissionerna från ljudkällan inte är känd, kan den mätas separat. Mätavståndet skall vara så litet som möjligt (högst 30 m) för att väderleksförhållandena inte skall inverka på mätresultatet. Å andra sidan skall mätavståndet vara tillräckligt stort för att de proportionella verkningarna av olika delkällor på den totala ljudnivån skall vara i stort sett samma som på de egentliga mätavstånden. Mätningarna för standardavvikelsen skall vara separata, vilket förutsätter att intervallen mellan på varandra följande mätningar skall vara längre än den typiska variationstiden för ljudemissionerna från ljudkällan. I fråga om långsamt växlande ljudemissioner kan tiden mellan mätningarna i allmänhet vara ungefär ett dygn, i fråga om snabbt varierande ljudemissioner kan en timme vara tillräcklig.

Exempel

Här beaktas enbart den osäkerhet som förorsakas av väderförhållandena och variationen i ljudemissionerna från ljudkällan. Spridningen av den sistnämnda har mätts tre gånger i närheten av ljudkällan och resultatet är värdet 2 dB. En mätning görs på avståndet 200 m. Spridningen i anslutning till väderförhållandena blir på basis av bild B2.1 då 2,5 dB. Den totala osäkerheten blir då

$$\delta = \sqrt{(2,92 \cdot 2)^2 + (1,65 \cdot 2,5)^2} \text{ dB} = 7,1 \text{ dB} .$$

Om bullerkällans spridning 2 dB har mätts sex gånger, blir den totala osäkerheten

$$\delta = \sqrt{(2,02 \cdot 2)^2 + (1,65 \cdot 2,5)^2} \text{ dB} = 5,8 \text{ dB} .$$

Om också antalet egentliga mätningar är sex, blir den totala osäkerheten

$$\delta = \sqrt{\left(\frac{2,02}{\sqrt{6}} \cdot 2\right)^2 + \left(\frac{1,65}{\sqrt{6}} \cdot 2,5\right)^2} \text{ dB} = 2,4 \text{ dB} .$$

Dessutom beaktas mätarfelet. Det antas att samma mätare i precisionsklass 1 har använts vid samtliga mätningar. Den totala osäkerheten blir då

$$\delta = \sqrt{\left(\frac{2,02}{\sqrt{6}} \cdot 2\right)^2 + \left(\frac{1,65}{\sqrt{6}} \cdot 2,5\right)^2 + (1,65 \cdot 0,8)^2} \text{ dB} = 2,7 \text{ dB} .$$

Man ser nu att den totala osäkerheten kan minskas avsevärt genom ett ökat antal mätningar.

B.3 Jämförelse med riktvärden för bullernivå

Om man vill vara säker på att det givna riktvärdet underskrids på ifrågavarande risknivå, dras osäkerheten av från riktvärdet innan man jämför med mätresultatet. Då osäkerheten dras av från riktvärdet, får man statistiskt belägg för att riktvärdet faktiskt underskrids. Om man vill vara säker på att riktvärdet överskrids på ifrågavarande risknivå, bör

osäkerheten läggs till riktvärdet innan man jämför med mätresultatet. Om skillnaden mellan mätresultatet och det motsvarande faktiska riktvärdet är mindre än resultatets osäkerhet, är det inte möjligt att på risknivån m tillförlitligt konstatera huruvida riktvärdet överskrids eller underskrids (enkelsidig testning). På risknivån $2 * m$ kan man dock konstatera att den grundläggande hypotesen "mätresultatet är lika med riktvärdet" inte kan överges (dubbelsidig testning). I praktiken är det ytterligt svårt att komma till större precision än 2 dB. Detta är inte heller alltid av nöden, eftersom små förändringar i ljudnivån inte kan observeras av människan.

Med stöd av ovanstående erhålls följande anvisningar om tolkning av mätresultaten, som bygger på tillförlitlighetskalkylen: Riktvärdet underskrids, om mätresultatet är mindre eller lika stort som riktvärdet minskat med δ . Motsvarigt överskrids riktvärdet, om mätresultatet är större än riktvärdet ökat med δ . Om det inte är möjligt att konstatera att riktvärdet överskrids eller underskrids på den ifrågavarande risknivån, måste osäkerheten i mätarrangemangen minskas för att öka tillförlitligheten, om osäkerheten är större än 2 dB och om detta annars är möjligt att genomföra. I annat fall skall mätresultatet tolkas så att det är lika med riktvärdet.

Under okontrollerade förhållanden ökar mätresultatens osäkerhet väsentligt. Men då mätförhållandena orsakar större bullerdämpning än vad som tillåts i fråga om omständigheterna (t.ex. då vindriktningen avviker från den tillåtna) och då resultatet överstiger riktvärdet, kan man anse att riktvärdet säkert har överskridits. Motsvarande tolkning kan också användas i andra situationer där man vet att osäkerheten enbart inverkar på mätresultatet så att det antingen ökar eller minskar.

Bilaga C Referenser

1. Statsrådets beslut om riktvärden för bullernivå. Nr 993/92.
2. SFS-ISO 1996-1: Akustiikka. Ympäristömelun kuvaaminen ja mittaaminen. Perussuureet ja menetelmät. 1992. 6 s. / ISO 1996/1. Acoustics - Description and measurement of environmental noise - Part 1: Basic quantities and procedures. 1982. 5 s.
3. SFS-ISO 1996-2: Akustiikka. Ympäristömelun kuvaaminen ja mittaaminen. Maankäyttöä koskevien mittaustietojen hankinta. 1992 6 s. / ISO 1996/2. Acoustics - Description and measurement of environmental noise - Part 2: Acquisition of data pertinent to land use. 1987. 7 s.
4. SFS-ISO 1996-3: Akustiikka. Ympäristömelun kuvaaminen ja mittaaminen. Soveltaminen melurajoihin. 1992. 3 s. / ISO 1996/3. Acoustics - Description and measurement of environmental noise - Part 3: Application to noise limits. 1987. 3 s.
5. SFS 2877. Äänitasomittarit. 1980/IEC 651. Sound level meters. 1979. 53 s.
6. IEC 804. Integrating - averaging sound level meters. 1985. 49 s.
7. IEC 942. Sound calibrators. 1988. 23 s.
8. Guide to expression of uncertainty in measurement. International Organization for Standardization. 1993. 101 s.
9. NT ACOU 039. Road traffic: Noise. 1982. 23 s.
10. NT ACOU 042. Rooms: Noise level. 1983. 13 s.
11. NT ACOU 056. Road traffic: Noise - Simplified method. 1985. 9 s.
12. Metod för immissionsmätning av externt industribuller. Naturvårdsverket, Stockholm. 1984. 82 s.
13. Medicinalstyrelsens cirkulär 21/87. Sanitära riktvärden angående buller med stöd av hälsovårdslagen (469/65) och -förordningen (55/67) samt instruktioner om deras mätning och om handläggning av ärenden i anknytning till buller. Medicinalstyrelsen 1987. 27 s.
14. NF S 31 - 100. Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement. Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation. 1985. 23 s.
15. NF S 31 - 085. Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement. Mesurage du bruit de la circulation routière. 1985. 14 s.



Ympäristöministeriö antaa yleiset ohjeet ympäristömelun mittaamisesta meluntorjuntalain (382/87) nojalla. Ohjeessa esitetään yleisiä ympäristömelun mittaamiseen liittyviä kysymyksiä. Mittausohje on tarkoitettu käytettäväksi erityisesti silloin, kun saatua tulosta on tarkoitus verrata valtioneuvoston päätökseen melutason ohjearvoista (993/92).

Miljöministeriet ger med stöd av bullerbekämpningslagen (382/87) allmänna anvisningar om mätning av omgivningsbuller. Anvisningarna behandlar allmänna frågor i anknytning till mätningen av omgivningsbuller. Anvisningarna är avsedda för användning speciellt då mätresultaten skall jämföras med riktvärdena för bullernivå i statsrådets beslut (993/92)



**YMPÄRISTÖMINISTERIÖ
MILJÖMINISTERIET**
PL 399, 00121 Helsinki