

Kari Pesonen

# Hiljaiset alueet

Hiljaisuuteen vaikuttavat tekijät  
ja hiljaisuuden kriteerit

HELSINKI 2004

*Julkaisu on saatavana myös Internetistä:  
<http://www.ymparisto.fi/julkaisut>*

*Suomen ympäristö 738  
Ympäristöministeriö  
Alueidenkäytön osasto*

*Taitto: Ainoliisa Miettinen*

*Kansikuva: Mauri Heikkonen,  
Pyhätunturin hiljainen talvimaisema*

*ISSN 1238-7312  
ISBN 952-11-1893-8 (nid.)  
ISBN 952-11-1894-6 (PDF)*

*Edita Prima Oy*

*Helsinki 2004*

# Esipuhe

Viime vuosina on enenevässä määrin kiinnitetty huomiota tarpeeseen varata ja säilyttää kansalaisille alueita, joiden äänimaisemalle on tunnusomaista ihmisen toiminnan melun poissaolo tai vähäisyys ja luonnon hiljaisuuden korostuminen tai vallitseminen.

Ympäristöministeriössä ollaan valmistelemassa kriteereitä ja suunnitteluohjeita hiljaisille alueille. Tämä selvitys on osa valmistelutyötä. Tästä syystä selvityksessä on tarkasteltu vain äänimaiseman hiljaisuuteen vaikuttavia tekijöitä, äänen etenemisvaimentumisen vaihtelua pitkällä aikavälillä ja pitkällä matkoilla, äänen kuuluvuuteen vaikuttavia tekijöitä sekä joidenkin maiden julkaisemia hiljaisten alueiden kriteereitä ja ohjearvoja. On myös tarkasteltu nykyisten melumallien, lähinnä tieliikennemelumallin käyttöä hiljaisten alueiden suojaetäisyyksien määrittämiseen.

Selvityksen on laatinut dipl.ins. Kari Pesonen.

Helsingissä 29.11.2004

Mauri Heikkonen  
Rakennusneuvos

# Sisältö

<b>Esipuhe</b>	<b>3</b>
<b>Tiivistelmä</b>	<b>5</b>
<b>Äänimaisema ja sen hiljaisuus</b>	<b>6</b>
<b>Äänimaiseman hiljaisuuteen vaikuttavat tekijät</b>	<b>8</b>
Melutapahtumien havaittavuus ja tiedostettu havaitseminen	10
Kuultavuus	11
Kuulijariippuvat ja kuulijariippumattomat hiljaisuuden asteen eli voimakkuuden kriteerit	11
Mistä hiljaiselle alueelle kantautuvan melun immissio-taso riippuu?	13
Meteorologisten olojen vaihtelun vaikutus äänen etenemisvaimentumiseen pitkällä aikavälillä	14
Kuinka paljon melun voimakkuus vaihtelee eri etäisyyksillä melulähteestä pitkällä aikavälillä?	17
<b>Tuulen ja kasvillisuuden aiheuttama ääni</b>	<b>21</b>
Taustamelun ja tuulikohinan peittovoimakkuus	24
Melumallien käytöstä tieliikennemelun laskentaan pitkillä äänen etenemismatkoilla	24
Hiljaisen alueen suojaetäisyys tiestä tieliikenteen laskentamallien mukaan	25
<b>Miten kauaksi tieliikennemelu kuuluu?</b>	<b>29</b>
<b>Kuinka etäälle melu kuuluu? – Hiljaisten alueiden suojaetäisyydet</b>	<b>30</b>
Karkeita arvioita tarvittavasta suojaetäisyydestä eri tietyypeillä	31
<b>Esimerkkejä hiljaisten alueiden kriteereistä ja ohjearvoista</b>	<b>32</b>
Irlanti	32
Norja	33
Ruotsi	34
USA	34
Maailman terveysjärjestö, WHO	36
Yhdistyneet kuningaskunnat, UK	38
<b>Johtopäätöksiä ja suosituksia</b>	<b>39</b>
<b>Kirjallisuusviitteet</b>	<b>41</b>
<b>Kuvailulehdet</b>	<b>45</b>

# Tiivistelmä

---

Yhdyskuntasuunnittelussa on katsottu tarpeelliseksi säilyttää tai varata kansalaisille hiljaisia – tai jokapäiväiseen elinympäristöön nähden hiljaisia<sup>1</sup> – äänympäristöjä. Tässä selvityksessä tarkastellaan äänimaiseman sellaisia hiljaisuuden tekijöitä ja kriteereitä, joita voitaisiin käyttää arvioitaessa alueen hiljaisuutta maankäytön suunnitellussa.

Yksi selvityksen merkittävimmistä tuloksista on äänimaisemaan oleellisena osana kuuluvan tuulikohinan ja kasvillisuuden kahinan suuri peittovaikutus. Tuulen ihmisen pään ympärillä generoima pseudoääni ja puiden kahina saattaa ylittää 60...70 dB(A)-tasoon. Näin voimakas kohinaääni saattaa pahimmillaan estää kaikkien tasoltaan alle 50...60 dB(A) äänien, sekä ihmisen tuottamien että luonnonäänien, erottamisen äänimaisemasta. Tuulikohinan, puiden kahinan ja tämän pseudoäänen peittovaikutusta ei ole otettu riittävästi huomioon arvioitaessa kuinka hiljaisille alueille kantautuvien ihmisen toiminnan äänet vaikuttavat hiljaisuuden kokemiseen ja hiljaisuuden kriteereihin ja miten peittovaikutus tulisi ottaa huomioon hiljaisten alueiden ääniolojen ohjearvoista päätettäessä.

Edellä mainitut tuulen ja kasvillisuuden generoimat äänet vähentävät sitä aikaa, jona hiljaiselle alueelle kantautuva ihmisen tuottamat äänet, ja myös alueen hiljaiset luonnonäänet, ovat pitkällä aikavälillä, esimerkiksi vuoden aikana, kuulohavainnoin erotettavissa.

Eri maiden julkaisemat hiljaisuuden kriteerit, hiljaisuuden ohjearvot ja alueiden suojaetäisyydet vaihtelevat suuresti. Tämä johtunee siitä, että tiedeyhteisö ei ole päässyt yksimielisyyteen siitä, mitkä seikat vaikuttavat ja miten ihmisten kokemaan luonnonhiljaisuuden asteeseen eli voimakkuuteen. Monissa maissa ollaan tutkimassa hiljaisuuden kokemiseen vaikuttavia seikkoja.

# Äänimaisema ja sen hiljaisuus

Ihminen havainnoi ja hahmottaa aistiensa avulla itseään kulloinkin ympäröivää maailmaa ja omaa asemaansa tässä maailmassa. Tuloksena syntyvää mielikuvaa ääniympäristöstä kutsutaan äänimaisemaksi (engl. soundscape). Hiljaisuus on eräs äänimaiseman ominaisuus eli attribuutti.

Mielikuva äänimaisemasta perustuu yleensä todelliseen ympäristöön ja sieltä peräisin oleviin ääniin, mutta se voi olla myös kuvitteellinen tai keinotekoinen; esimerkiksi koostettujen ja käsiteltyjen äänitteiden, jopa musiikin, luoma. Kun puhumme yksilön tai yhteisön hahmottamasta ja kokemasta äänimaisemasta, käsite äänimaisema sisältää implisiittisesti varsinaisen ääniympäristön lisäksi ne fysiologiset ja psykoakustisten prosessit, joiden perusteella mielikuva ja tulkinta ääniympäristöstä syntyvät.\* Esimerkiksi kuulemamme perusteella muodostamme mielikuvan äänilähteen tai lähteiden paikasta (so. etäisyydestä ja suunnasta) ja liikkeestä äänimaisemassa.

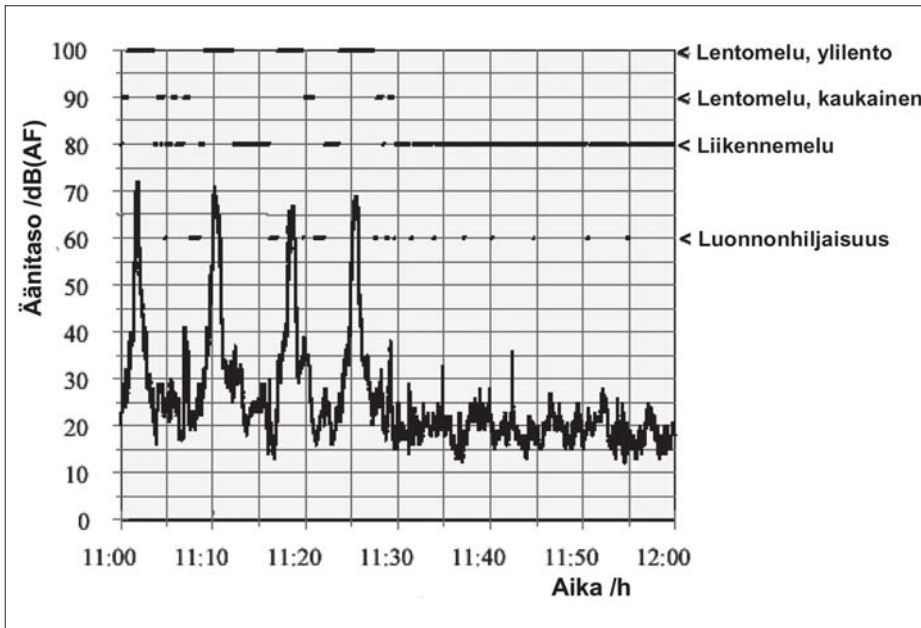
Mielikuvaa äänimaisemasta ei ole ilman edellä mainittuja fysiologisia ja psykoakustisia prosessoiteja. Äänimaiseman hiljaisuutta ei voida selittää tuntematta, miten ja millaisin kriteerein kuulija muodostaa mielikuvansa hiljaisuudesta.

Kaikille ihmisen elinympäristön äänimaisemille (ääniympäristöille) on tyypillistä, että niissä kuuluu ominaisuuksiltaan, kuten voimakkuudeltaan, kestoltaan ja tulosuunniltaan erilaisia ääniä. Arvioidessamme jonkun alueen hiljaisuutta, joudumme hakemaan vastausta kysymykseen: miten alueella vierailijan kokema hiljaisuuden voimakkuus tai aste riippuu edellä mainituista erilaisista äänistä ja niiden ominaisuuksista?

On syytä korostaa, että osa äänimaisematutkimuksista näyttää täysin unohtavan tai sivuuttavan kuulijan osuuden eli sen, miten äänimaiseman kokeminen riippuu kuulijoista ja heidän muodostamistaan mielikuvista, so. edellä mainituista fysiologisista ja psykoakustisista prosesseista.<sup>2, 3</sup> On myös syytä korostaa sitä, että emme tiedä (luotettavaa tutkimustietoa ei ole), mikä merkitys hiljaisilla alueilla ja niillä vierailulla – tai vierailutta jättämisellä – on kansalaisten hyvinvoinnille ja terveydelle. Emme myöskään tiedä, vaikuttavatko hiljaiset alueet ja niillä vierailut siihen, miten kansalaiset kokevat normaalin asuinympäristönsä (muun ympäristön kuin ko. hiljaiset alueet), ja jos vaikuttavat, niin miten.<sup>4</sup>

Kuva 1 on hyvä lähtökohta äänimaiseman hiljaisuuteen vaikuttavien tekijöiden analysointiin. Kuvassa on yhden tunnin näyte  $L_{AF}$ -tason vaihtelusta kansallispuistossa, jonka yli kulkee lentoreitti. Mittauspaikalle kuuluu lisäksi lentomelua kauempana kulkevilta reiteiltä ja tielikennemelua useiden kilometrien päästä. Alueen taustamelun eli luonnon hiljaisuuden  $L_{Aeq}$ -taso on 15...25 dB(A).

\* Huomattakoon jo tässä yhteydessä, että eläinten prosessoima äänimaisema todennäköisesti poikkeaa sisällöltään ja merkitykseltään ihmisen hahmottamasta. Prosessoitavat lienevät kuitenkin evoluution, esimerkiksi kuuloaistin samankaltaisuuden vuoksi, ainakin osin yhteiset.



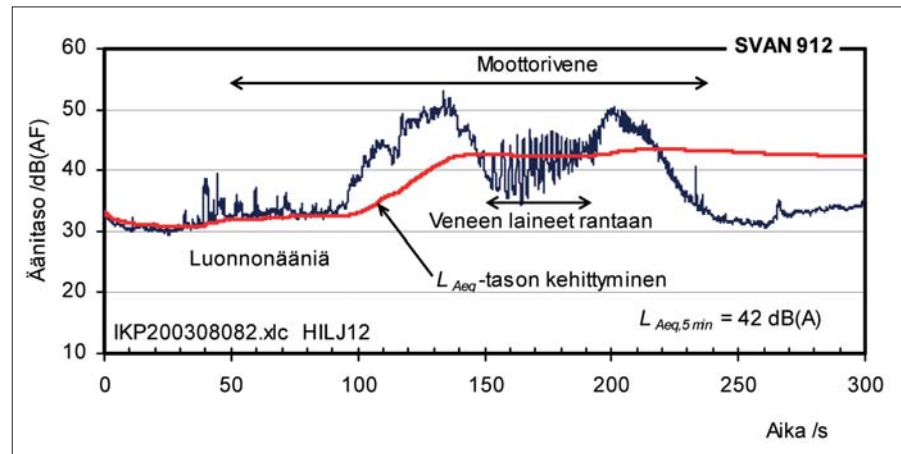
Kuva 1: Esimerkki lentoreitin alla olevan "hiljaisen" alueen melusta yhden tunnin ajalta. Kuvaan on vaakaviivoin merkitty kulloinkin kuultavissa olevan melun päälähde. Luonnon hiljaisuutta on vain 10 % ajasta.<sup>5</sup>

# Äänimaiseman hiljaisuuteen vaikuttavat tekijät

Äänimaiseman hiljaisuudella voidaan tarkoittaa todellista hiljaisuutta merkityksessä äänettömyys tai luonnon hiljaisuutta (engl. natural quiet). Luonnon hiljaisuus ei välttämättä merkitse äänettömyyttä. Se kattaa alueen täydellisestä äänettömyydestä ukkosmyrskyyn eli suuruusluokaltaan yli 100 dB(A) äänitason vaihtelualueen. Jäljempänä käsite ”hiljaisuus” tarkoittaa myös luonnon hiljaisuutta, ellei ole selvyuden vuoksi tarpeen erottaa niitä toisistaan tai tarvetta korostaa niiden olevan eri asia. Käsitettä äänettömyys käytetään tarkoittamaan äänien ja melujen poissaltoa ja kuulumattomuuden astetta.

Äänimaiseman äänettömyyttä ja hiljaisuutta huonontavaa melua kutsutaan monesti – luonnonääniä vastakohtana – ihmisen tai ihmisyyteisen toimien tuottamaksi meluksi (engl. anthropogenic noise, man/human made noise). Käsite ”hiljainen alue” voidaan ymmärtääkin alueeksi tai tilaksi, jonne kuuluva ihmisten aiheuttaman melun voimakkuus on niin vähäinen ja muut ominaisuudet sellaisia, että kuulija luokittelee ääniympäristön hiljaiseksi tai luonnonhiljaiseksi. Kyse on kuitenkin suhteellisesta hiljaisuudesta, ei absoluuttisesta.\* On syytä myös painottaa, että hiljaisuus ei ole meluisuuden (engl. noisiness) tai meluisan vastakohta. Tästä esimerkkinä on mm. se, että luokiteltaessa samat äänet tai ääniympäristöt\*\* meluisuus- ja hiljaisuusjärjestykseen, listat eivät (yleensä) ole täsmälleen päinvastaisessa järjestyksessä.

Kuvan 2 on tarkoitus herättää lisäkysymys. Kuvassa on esitetty hiljaisella alueella (järven rannalla) ihmisen tuottamana meluna moottoriveneen ohiajo. Ohiajo tuottaa myös rantaa loiskuvia laineita. Ovatko nämä luonnonääniä (luonnonhiljaisuutta) vai ihmisen aiheuttamaa melua? Samantapaista loiskuntaääntä kun esiintyy myös tuulen aiheuttamana. On syytä kysyä: Huonontavatko kaikki ihmisen toiminnan äänet yhtäläisesti luonnon hiljaisuutta? Jos ei, niin miten tämä pitäisi ottaa huomioon?



Kuva 2: Moottoriveneen ohiajomelu ( $L_{AF}$ -taso) hiljaisella alueella. Ohiajon aikoina alueen luonnonhiljaisuuden äänitaso oli ilman ihmisen toiminnan melua noin 30...34 dB(A).

\* Ihmisillä on jokin sisäinen referenssi tai mielikuvakirjo hiljaisuudeltaan erilaisista ääniympäristöistä, joihin hiljaisuuden suhteellinen arviointi perustuu. Hiljaisuuden aste voidaan luokitella sanallisesti, esimerkiksi erittäin hiljainen, hyvin hiljainen, jokseenkin hiljainen ja ei lainkaan hiljainen.

\*\* Esimerkiksi 20...50 erilaista ääntä/ääniympäristöä. Koe voidaan tehdä nauhoitetuilla äänillä, joiden voimakkuus, esim.  $L_{Aeq}$ -taso, on säädetty samaksi, tai äänillä, joiden voimakkuus on erilainen.

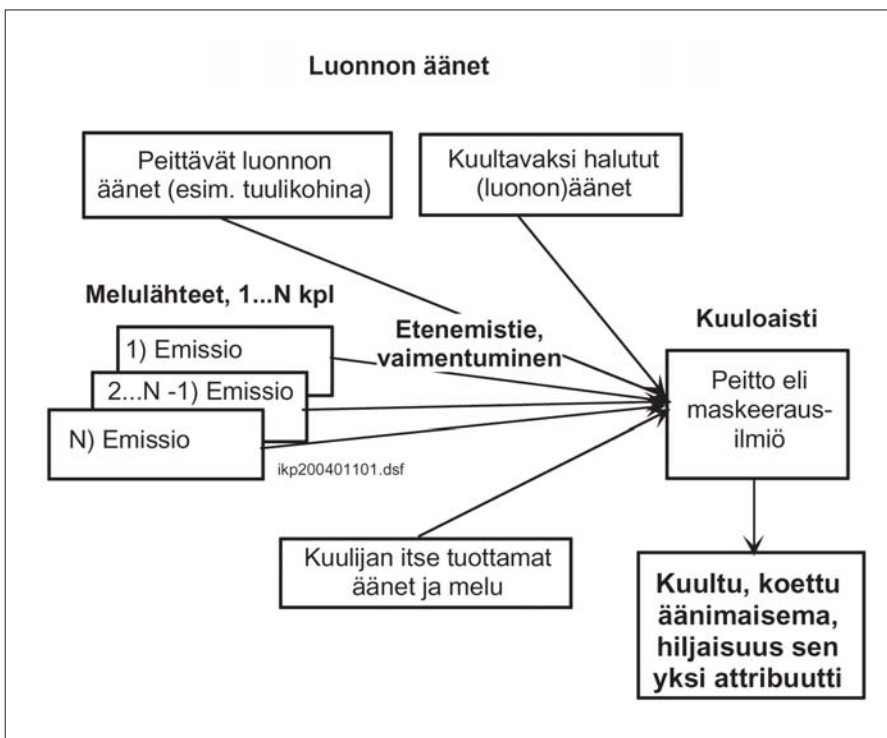


Hiljaisuus merkityksessä "luonnon hiljaisuus" assosioituu erilaisten äänimaisemaan kuuluvien luonnonääniä riittävän hyvään erottumiseen omiksi äänivirroiksi. Maiseman visuaalisella informaatiolla on myös oma vaikutuksensa. Oletettavasti suomalaisen maiseman hiljaisuus assosioituu meille tyypillisiin (hiljaisen ympäristön) luonnon ääniin, kuten lintujen lauluun, hyönteisten ininään tai laineiden liplatukseen sekä visuaalisiin mielikuviin hiljaisista ympäristöistä, joissa olemme niistä nauttineet.\* Hiljaisuuden kokeminen ja siihen vaikuttavat seikat ovat todennäköisesti kulttuuri- ja kontekstisidonnaisia, kuten on erilaisten äänien ja melujen voimakkuuden ja haitallisuuden kokeminenkin.<sup>6, 7, 8</sup>

Äänimaiseman hiljaisuuteen ja ulkona olevaan vastaanottopisteeseen kuuluvan äänen voimakkuuteen ja ominaisuuksiin vaikuttavat tärkeimmät tekijät on esitetty kaaviollisesti kuvassa 3. Kuvasta puuttuvat moderaattorit, – muun muassa ympäristön visuaalinen ilme, joka on todettu vaikuttavan äänimaisemasta tehtyihin arvioihin – sekä mediaattorit.<sup>9, 10, 11, 12</sup>

Kuunnellessamme äänimaisemaa prosessoimme eri lähteistä peräisin olevat äänet erillisinä äänivirtoina (engl. auditory streams). Prosessin tuloksena syntyy ajallisesti ja spatiaalisesti muuttuva kolmiulotteinen mielikuva äänimaisemasta.<sup>13, 14</sup>

Äänivirtojen prosessoinnille on tunnusomaista se, että aivot pyrkivät erottamaan äänivirrat toisistaan siten, että ne eivät vaikuta toistensa ominaisuuksiin. Se, kuinka hyvin kuuloaisti ja aivot pystyvät jakamaan eri äänet eri virroiksi, riippuu äänten ajallisista ja spektraalisista ominaisuuksista. Äänen kykyä tai ominaisuutta vaikeuttaa toisen äänen erottamista omaksi äänivirrakseen kutsutaan peitto- eli maskeerausvaikutukseksi. Esimerkiksi hyvissä kuunteluoloissa samanaikaisesti kuuluva hiljainen liikenteen melu ei muuta linnun laulun äänekkyyttä, eikä äänen väriä, mutta riittävän voimakas liikennemelu tai tuulikohina voi peittää linnun laulun niin täydellisesti, että emme sitä erota äänimaisemasta.



Kuva 3: Yksinkertaistettu kaaviokuva hiljaisen alueen äänimaisemaan ja sen koettuun hiljaisuuteen vaikuttavista tekijöistä. Kuvasta puuttuvat ns. moderaattorit ja mediaattorit.\*\*

\* Esimerkiksi, jos henkilökohtainen hiljaisuusmielikuva assosioituu lomaan, kesään ja järvi- maisemaan, kuulija yleensä painottaa ympäristönsä hiljaisuutta kokiessaan assosiaatioita vastaavia/vahvistavia tekijöitä, jotka eivät välttämättä riipu kovin yksikäsitteisesti samanaikaisen melun voimakkuudesta.

\*\* Moderaattorit ovat ympäristön hiljaisuudesta tai melusta riippumattomia muuttujia, kuten esimerkiksi henkilön ikä ja sukupuoli, joilla voidaan osoittaa olevan vaikutusta hiljaisuus- tai meluvasteisiin. Mediaattorit puolestaan toimivat suodattimen tavoin kytkettyen altisteen ja vaikutuksen "väliin". Esimerkiksi pitkäaikainen oleskelu hiljaisuudessa voi vähentää tilapäistä kuulon alenemaa, jolloin kuulo paranee ja tämä muuttaa arviota hiljaisuudesta. Myös vierailijan ennalta asettama hiljaisuuden tärkeys hiljaiselle alueella tehdyn vierailun syynä (motiivina) on katsottava hiljaisuusvasteen mediaattoriksi. Moderaattoreiden vaikutus on yleensä paljon suurempi kuin mediaattoreiden.

Äänettömyys ja luonnonhiljaisuus ovat äänimaiseman ominaisuuksia eli attribuutteja. Vaikka pystymme helposti arvioimaan ja kertomaan erilaisten äänimaisemien äänettömyyden, hiljaisuuden ja luonnonhiljaisuuden asteen eli voimakkuuden kuulohavainnon perusteella, niin niiden asteen objektiivinen määrittely on vaikeaa. Hiljaisuuden asteen sijasta monet – kuten koulukunta, jota tässä kutsutaan koulukunta A:ksi – tyytyvät mittaamaan tai arvioimaan kuulijaa altistavan äänen voimakkuuden, tai vain sen tai niiden äänien tai melujen voimakkuuden, joiden katsovat huonontavan hiljaisuutta. Yleensä hiljaisella alueella olevaa kuulijaa altistavien äänien ja melujen voimakkuus vaihtelee suuresti eri aikoina. Vaikeutena on tällöin se, mitä äänien ja melujen voimakkuuden arvoa tai/ja muuta ominaisuutta pitäisi käyttää hiljaisuuden mittana?

Toinen koulukunta, koulukunta B, painottaa melujaksojen väliin jäävien hiljaisten jaksojen merkitystä hiljaisuuden mittana. Tällöin mittana voi olla hiljaisuuskriteerit täyttävien äänien – tai vaihtoehtona meluksi laskettujen äänien – esiintymisen kokonaisaika tietyn ajan sisällä, esimerkiksi viikossa, päivässä tai yössä. Esimerkiksi kriteerinä voi olla se, että jotta jokin alue olisi hiljainen, 35 dB(A) ylittävää melua ei saa olla kuultavissa enempää kuin 30 minuuttia päivässä, tai että luonnonhiljaisuuden pitää olla dominoivaa 90 %:a ajasta.

Yleisin äänimaiseman hiljaisuutta huonontava seikka on meluksi luokitellut äänet, joskus myös liialliset luonnon äänet.

Kun tarkastellaan kuvaa 3, niin erityisenä piirteenä on syytä huomata, että on luonnonääniä, esimerkiksi kosken pauhu tai tuulikohina, jotka voivat huonontaa arvioitua äänimaiseman luonnonhiljaisuutta estämällä tai huonontamalla hiljaisuuteen assosioituvien ja hiljaisuudesta nautittavuutta tehostavien muiden (luonnon) äänien erottumista. Toisaalta luonnonäänet voivat peittää ihmisen toiminnan melua, mikä lisää luonnonhiljaisuutta.

Melututkimuksista tiedetään, että itse tuotettu ja oman perheen melu, esimerkiksi oman moottorisahan tai omien lapsien leikkien melu, on paljon hyväksyttävämpää kuin naapureiden tuottama vastaava melu. Hiljaisilla alueilla vierailijan pelkkä oma liikkuminen voi tuottaa ääntä tai melua, joka peittää luonnonääniä.<sup>15, 16</sup> On todennäköistä, että itse tuotettu melu, jopa liikkuminen moottorikelkalla, ei huononna koettua alueen hiljaisuuden astetta.

On syytä huomata myös se, että vaikka luonnossa liikuttaessa melu koettaisiin hiljaisuutta vähentäväksi tai huonontavaksi, se ei välttämättä kuitenkaan vähennä luonnossa liikkumisen nautittavuutta tai halukkuutta tulla samaan ympäristöön toistamiseen.<sup>17, 18</sup> Esimerkiksi luontomatkaillen suuntaamisen ja kehittämisen kannalta tietyn kohdealueen luonnossa liikkumisen nautittavuus ja halukkuus vieraila alueella toistamiseen lienevät tärkeämpiä – tai ainakin yhtä tärkeitä – muuttujia kuin alueen hiljaisuus.\*

### **Melutapahtumien havaittavuus ja tiedostettu havaitseminen**

Kuuloaistin toiminnan kannalta tarkasteltuna yksittäisen melutapahtuman *havaittavuus* (engl. detectability) riippuu siitä, miten paljon havaittavan äänen voimakkuus eroaa taustamelusta sillä kriittisellä kaistalla, jolla kulloinkin havaitsemisherkyys on suurin. Ihminen pystyy havaitsemaan (erottamaan), detektoimaan, ääniä, joiden äänekkyystaso on ko. kaistalla jonkin verran (tyypillisesti enintään noin 4...5 dB) taustamelua alhaisempi.<sup>19,20</sup> Havaittavuus riippuu myös äänen ajallisen vai-

\* Luontomatkailla yleensä lisää melua.

telun ominaisuuksista, esimerkiksi kestosta,<sup>21</sup> ja siitä, montako kertaa ääni ylittää havaittavuuskynnyksen tietyn ajan sisällä.

Havaittavuuskynnykseksi kutsutaan yleensä sitä melutapahtuman voimakkuutta, jolla kuulija havaitsee (erottaa) ko. kuunteluoloissa signaalin 50 %:n\* todennäköisyydellä.

Pelkkä havaittavuus ei kuitenkaan vielä ole riittävä tae sille, että kuulija pystyisi *tunnistamaan* (engl. recognize) äänen (syyn, aiheuttajan) tai esimerkiksi, mikä ääni kahdesta tai useammasta esitetyistä on erilainen, tai mistä ääni on peräisin.<sup>22</sup> Tunnistaminen edellyttää yleensä voimakkaampaa, pitempään kestäväää, useammin toistuvaa ja /tai enemmän tunnistevihjeitä sisältävää ääntä kuin, mitä havaittavuuteen tarvitaan.<sup>23</sup>

Jokapäiväisessä elämässä vain osa näistä kuuloaistin detektoimista ja keskushermostoon välittämistä aistimuksista päätyy tietoisiksi havainnoiksi. *Tiedostetun havaitsemisen* (engl. noticeability) *todennäköisyys* on henkilön jälkikäteen muistinvaraisesti raportoimien ääni- tai melutapahtumien määrä verrattuna todelliseen tapahtumien määrään altistusaikana. Laboratorio-oloissa tiedostetun havaitsemisen todennäköisyyttä mitataan myös pyytämällä koehenkilö reagoimaan, esimerkiksi painamaan nappia, kun hän havaitsee "istunnon aikana" tietyn ennalta sovitun äänen äänivirrassa. Koehenkilöllä voidaan samanaikaisesti teettää jotakin, esimerkiksi kävelyttää, jos haluttaisiin arvioida ulkoilukävelyn aikaista tiedostettua havaitsemista.

Laboratoriokokeissa on päädytty siihen, että melutapahtumien tiedostetun havaitsemisen todennäköisyys ylittää 50 %, kun melutapahtuman voimakkuus (äänitaso) ylittää havaittavuuskynnyksen noin 10 dB:llä.<sup>24</sup>

## **Kuultavuus**

Äänen kuultavuus (engl. audibility) ja havaittavuus ovat toisilleen läheisiä tai samaa tarkoittavia termejä. Molemmat määritellään yleensä kynnyksarvona eli sinä pienimpänä tutkittavan äänen äänenpainetasona, jonka koehenkilöt pystyvät tietyssä kuuntelutilanteessa erottamaan tietyllä todennäköisyydellä. Todennäköisyys, eli oikeiden kuulohavaintojen osuus kaikista, on yleensä 50 %:n ja 80 %:n välillä. Yleensä kuultavuuskynnys (engl. threshold of audibility) mitataan hiljaisissa oloissa (muiden äänien peittovaikutusta ei ole), jolloin puhutaan myös kuulokynnyksestä. Kuulokynnys on käyrä, joka esittää, mikä on häiriöttömissä kuunteluoloissa pienin erotettavissa (havaittavissa, kuultavissa) oleva äänepainetaso eri taajuuksilla.

Kun tutkitaan, miten toinen samanaikainen ääni vaikuttaa kuultavuuskynnykseen, englannin threshold of audibility tarkoittaa peitettyä kuulokynnystä. Peittovaikutus tarkoittaa sitä muutosta, jolla peittävä ääni korottaa kuunneltavaksi tarkoitettua äänen kuultavuus- tai havaittavuuskynnystä.

Äänen kuultavuus riippuu siitä, miten samanaikaiset äänet peittävät eli vähentävät sen havaittavuutta. Kuten edellisessä luvussa todettiin, kuultavuuskynnyksen ylittyminen ei välttämättä aiheuta ko. äänen tiedostettua havaitsemista.

Kuultavuus sekoitetaan joskus äänekkyyteen.

## **Kuulijariippuvat ja kuulijariippumattomat hiljaisuuden asteen eli voimakkuuden kriteerit**

Äänen ja melun ominaisuudet eli attribuutit jaetaan kuulijariippuviin ja kuulijariippumattomiin. Ominaisuutta sanotaan *kuulijariippuvaksi*, jos sen

\* 50 % tarkoittaa että puolet signaaleista havaitaan oikein eli silloin kun signaali esiintyy ja toista puolta ei havaita signaalin esiintyessä.

olemassa olon toteaminen\* ja ominaisuuden voimakkuuden mittausta edellyttävät ajattelun tai todellisen kuulijan arviota.\*\* *Kuulijariippumattomaksi* sanotaan attribuuttia, jonka olemassa olo voidaan todeta ja suuruus mitata teknisin laittein. Esimerkiksi äänenpainetaso ja sen ajallinen vaihtelu tahi kahden melutapahtuman väliin jäävä aika ovat tällaisia kuulijariippumattomia äänimaiseman muuttujia. Huomion arvoista on, että monet kuulijariippuvat attribuutit riippuvat hyvin löyhästi äänen tai melun voimakkuudesta.

Psykoakustisesti ääniympäristön *hiljaisuus* on kuulijariippuvainen muuttuja eli sen aste tai voimakkuus riippuu siitä, miten kuulija – ihminen tai eläin – äänimaiseman kokee tai, mikä funktio\*\*\* sillä hänelle on. Ihmisen kokeman hiljaisuuden asetta ei voida mitata kuin kyselemällä kulloisenkin kuulijan arviota. Kyselytutkimuksissa on todettu, että eri ihmisten väliset erot koetun luonnonhiljaisuuden vaihtelusta voivat riippua hyvin vähän melun voimakkuudesta. Esimerkiksi eräässä norjalais-tutkimuksessa ( $N = 975$ ) melun voimakkuus ja muut ominaisuudet selittivät vain 2 % alueella vierailun aikana kuuluvan melun kiusallisuuden yksilöllisestä vaihtelusta.<sup>25, 26</sup> Melun hiljaisuutta huonontava vaikutuksen on joissakin tutkimuksissa todettu riippuvan paremmin siitä, kuinka suuren osan (vierailu-) ajasta ihmisen toiminnan melua kuullaan kuin yksittäisten melutapahtumien melun voimakkuudesta.<sup>27, 26, 26</sup> Myös vierailun syy, esimerkiksi alueen hiljaisuudelle ennalta asetettujen odotusten voimakkuus, voi selittää kiusallisuuden yksilöllistä vaihtelua enemmän kuin melun voimakkuus.<sup>26</sup>

Koska ihmisten ja eläinten kuuloaistin toiminta, esimerkiksi kuulon herkkyys eri taajuisille äänille, ja erilaisten äänien merkitys ja vaikutus käyttäytymiseen ovat erilaisia, niin myös tietyn äänimaiseman (äänen) hiljaisuuden asteen täytyy olla ainakin jossain määrin eri kuulijoille erilainen ja riippua kuulijasta. Tämä tarkoittaa mm. sitä että esimerkiksi lintujen havainnoitsijan hiljaisuuden voimakkuuden arviointiperusteet ovat ainakin osittain toiset, kuin mitä ovat ne ääniympäristön hiljaisuuden asteen tekijät ja ominaisuudet, joilla on vaikutuksia lintujen käyttäytymiseen, selviytymiseen tai hyvinvointiin.

Kuten jo aikaisemmin todettiin, psykoakustinen eli kuultu tai koettu eli subjektiivinen hiljaisuus (engl. perceived quietness) ei ole nykytutkimuksen valossa meluisuuden (engl. noisiness) eikä äänekkyydenkään (engl. loudness) vastakohta.<sup>28, 29, 30, 31, 32, 33, 34</sup> Kuten jo aikaisemmin esitettiin, subjektiiviselle hiljaisuudelle ja sen riippuvuudelle erilaisista ääniympäristön ominaisuuksista ei ole tiedeyhteisön yleisesti hyväksymää teoriaa (selitysmallia), kuten esimerkiksi on äänekkyydelle.

Vaikka yleisesti hyväksyttyä hiljaisuuden selitysmallia ei ole, niin kuulijariippuvan hiljaisuuden voimakkuuden ja ääniympäristön fysikaalisten ominaisuuksien, kuten äänenpainetason ja spektrin sekä/tai melutapahtumien väliin jäävän hiljaisen ajan kokonaispituuden ja kuulijan kokeman hiljaisuuden voimakkuuden (asteen) välille voidaan määrittää kyselytutkimusten avulla vasteriippuvuuksia. Tekniikkaa on vuosikymmeniä käytetty meluvasteiden määrittämiseen. Hiljaisuusvasteista on julkaistu melko vähän tutkimuksia.<sup>27</sup> Paljon yleisempiä ovat esimerkiksi vasteet, jotka kuvaavat hiljaisella alueella käynnin nautittavuuden tai vierailun aikaisen melun kiusallisuuden riippuvuutta melun ominaisuuksista.<sup>35, 28, 83</sup>

Voidaan kuitenkin lähteä siitä, että hiljainen alue on ääniympäristö, jossa äänen voimakkuus – ainakin alueelle kaukaa kantautuvan ihmisen toiminnan melun voimakkuus – on melko alhainen verrattuna esimerkiksi tyypillisiin taajamien meluihin. Tyypillisesti lähdetään siitä, että

\* Esimerkiksi tietyn melun hiljaisuuden aste eli suuruus tai voimakkuus.

\*\* Eläimistä puheen ollen: havaittavissa tai mitattavissa olevaa hiljaisuuden muutoksen aiheuttamaa käyttäytymisen muutosta.

\*\*\* Kuten toiminnallinen merkitys. Esimerkiksi ajettaessa moottorikelkalla hiljaisessa ympäristössä hiljaisuudella on vähäisempi merkitys kuin esim. pyrittäessä tunnistamaan lintujen äänistä.

kaukaa kantautuvan ihmisen toiminnan melun voimakkuus ei ylitä 30...45 dB(A). Eri maissa ja ohjeissa hiljaisten alueiden melun voimakkuuden määrittävät ja vaatimuserot vaihtelevat paljon. Euroopan Unionissa on tarkoitus harmonisoida ympäristömeludirektiivissä 2002/49/EY<sup>36</sup> mainittujen taajamien ja maaseudun hiljaisten alueiden hiljaisuuden asteen arviointiperusteet.<sup>37</sup>

Mitä alhaisempaa melutasoa vaaditaan alueen luokittelumiseksi hiljaiseksi, sitä suurempia (suoja)etäisyyksiä tarvitaan melulähteiden ja hiljaisen alueen välille ja on syytä varautua siihen, että sitä enemmän alueelle kantautuvan melun voimakkuus vaihtelee ajallisesti. Tarvittavat etäisyydet esimerkiksi liikenteen 30...35 dB(A)-suuruiseen hetkelliseen melutasoon pääsemiseksi ovat pääteiden varsilla tyypillisesti kilometrien luokkaa. Pitkistä suojaetäisyyksistä johtuen kaukaa kantautuvan melun voimakkuuden vaihtelu voi olla vuoden aikana 30...60 dB(A), vaikka emissiotaso pysyy vakiona.\*

Yhteenvedon voidaan todeta, että hiljaisuuden astetta arvioitaessa pitäisi tietää mm.:

1. Miten kuulijan arvioima tai kokema hiljaisuuden aste riippuu tietyllä alueella kulloinkin kuultavissa olevien erilaisten äänien ja melujen voimakkuudesta sekä niiden ajallisesta ja alueellisesta vaihtelusta, mukaan lukien melujen väliin jäävien hiljaisten (meluttomien tai vähämeluisten) jaksojen pituudesta?
2. Mikä on alueen melutaso, ihmisen tuottaman melun voimakkuus ja ominaisuudet, ja miten nämä vaihtelevat ajallisesti ja vaikuttavat hiljaisuuden kokemiseen?
3. Mikä on luonnonäänien keskinäinen voimakkuus ja miten ne vaihtelevat ajallisesti ja vaikuttavat hiljaisuuden kokemiseen?
4. Miten kuulijan itsensä (ja hänen seurueensa) tuottamat äänet ja melu vaikuttava hiljaisuuden kokemiseen?
5. Mistä syystä vierailijat alueella tulevat – so. millaisia odotuksia vierailijoilla on alueesta ja sen eri "ominaisuuksista" – ja milloin tulevat (melujen ja luonnonäänien esiintymiseen verrattuna). Esimerkiksi, mitä voimakkaampana vierailun syynä (motiivina) äänettömyys on, sitä voimakkaampana äänettömyyttä huonontavana tekijänä kaikki vierailun aikaiset äänet ovat (lukuun ottamatta vierailijan itsensä tuottamaa ääntä).

Näihin kysymyksiin ei löydy tiedeyhteisön yleisesti hyväksymiä vastauksia. Tutkimuksia tehdään ympäri maailmaa nykyistä parempien vastausten löytämiseksi.

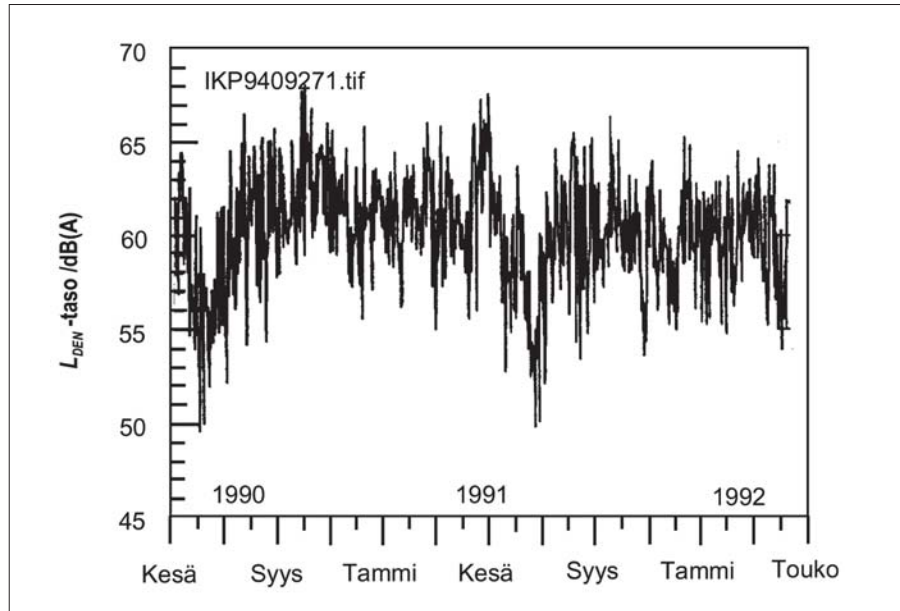
### ***Mistä hiljaiselle alueelle kantautuvan melun immisiotaso riippuu?***

Tarkastellaan kuvaa 3. Eri melulähteistä eri etenemisteitä edenneen (kokonais- eli summa)äänien voimakkuus, immisiotaso, riippuu lähteen/lähteiden emission lisäksi etenemisvaimentumisesta. Monien äänilähteiden melu saattaa kuulua ainakin ajoittain yllättävän kauas. Esimerkiksi 3 – 4 km etäisyydellä asuvat ovat valittaneet suurehkon muuntajan melusta.<sup>38</sup>

Kokemuksesta tiedetään, että ympäristömelun voimakkuus vaihtelee ajallisesti. Osa vaihtelusta johtuu siitä, että melun tuotto, esimerkiksi liikennetiheys ja nopeus, ovat erilaisia eri aikoina. Toisena vaihtelun syynä on sää- eli meteorologisten olojen vaihtelun aiheuttama äänen etenemisvaimentumisen vaihtelu. Kolmantena syynä on maaston ja kasvillisuuden vaimennuksen vaihtelu eri vuodenaikoina.

\* Jos ollaan niin kaukana, että suurin pitkän aikavälin melutaso on esim. 40 dB(A), 60 dB(A) vaihtelualue merkitsee sitä, että äänen voimakkuus on ajoittain pienempi kuin 0 dB(A).

Kuvassa 4 on esimerkkinä päivittäisen  $L_{DEN}$ -tason vaihtelusta mittaukset kahden vuoden ajalta Arlandan kentän ympäristössä. Kesä-heinäkuussa hiljainen liikenne vähentää melua. Syksyisin ja keväisin kauas kantautuvaa melua lisää se, että aamu- ja /tai iltaruuhka sattuu tyypilliseen aamutai ilta-inversion – vähäisen etenemisvaimentumisen – aikaan, mikä lisää päivän  $L_{Aeq,07-22h}$ -tasoa ja  $L_{DEN}$ -tasoa myös, verrattuna siihen, että samat lennot lennettäisiin muuna aikana.



Kuva 4: Esimerkki lentomelun päivittäisen  $L_{DEN}$ -tason vaihtelusta kahden vuoden ajalta noin 6 km etäisyydellä vilkasliikenteiseltä kentältä.  $L_{DEN,2}$  vuotta on 61,0 dB(A).<sup>39</sup>

Etäämpänä kentästä koneiden kulloinkin käyttämien lentoreittien\* hajonta yleensä kasvaa. Toisin sanoen, mitä kauempana ollaan kiitotien päästä, sitä enemmän etenkin etäisyys tiettyä nimellistä lentoreittiä nouseviin koneisiin vaihtelee eri lentojen välillä. Reittihajonnan kasvu yleensä alentaa kokonaismelutasoa nimellisen reitin alla, mutta lisää yksittäisten yli/ohilentojen melun voimakkuuden vaihtelua muualla. Yksi päivän aikana hiljaisen alueen ylitse 300 m (1000 ft) korkeudessa lentävä pienkone voi aiheuttaa noin 60...70 dB(A) enimmäistason ( $L_{AFmax}$ ) ja noin 30 dB(A) luokkaa olevan päiväajan melun  $L_{Aeq,07-22h}$ -tason.

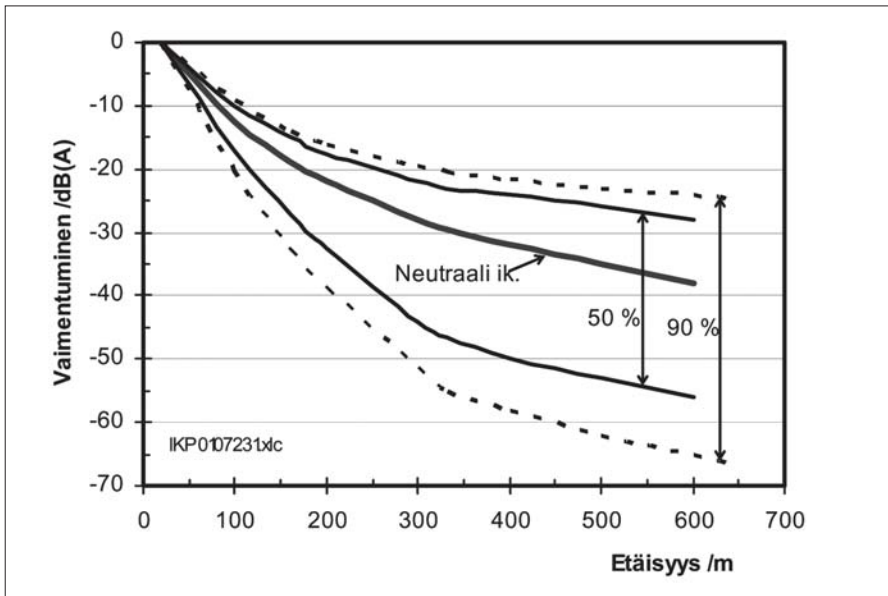
### **Meteorologisten olojen vaihtelun vaikutus äänen etenemisvaimentumiseen pitkällä aikavälillä**

Meteorologiset olot, kuten tuulen suunta ja voimakkuus, lämpötila ja suhteellinen kosteus – etenkin niiden pystyprofiilin muoto maanpinnan yläpuolella\*\* – vaikuttavat ilmassa etenevän äänen etenemisvaimentumiseen. Kuvassa 5 on tyypillinen kirjallisuudessa esitetty kuva sääolojen vaihtelun aiheuttamasta etenemisvaimentumisen vaihtelusta eri etäisyyksillä melulähteestä. Vertailukohtana on vaimentuminen neutraalisissa\*\*\* ilmakehässä.

\* Lentoreitillä tarkoitetaan tässä sitä viiva, jota pitkin kone kulloinkin lentää.

\*\* Äänen nopeuden pystyprofiili riippuu tuulen ja lämpötilan pystyprofiileista. Etenemisvaimentuminen puolestaan riippuu ääninnopeuden pystyprofiilista. Tuulen merkitys on yleensä paljon suurempi kuin lämpötilan.

\*\*\* Pystyvirtausten ja pystysuuntaisten lämpötilaerojen vuoksi ilmakehä kerrostuu. Ilmakehää kutsutaan a) *stabiiliksi*, jos paikallaan hieman nostettu pieni ilmamäärä palaa alkuperäiseen asemaansa, b) *neutraaliksi*, jos se jää uuteen asemaansa ja c) *epästabiiliksi*, jos kohoaa edelleen tästä uudesta paikastaan. Neutraalin ilmakehän lämpötilagradientti  $\partial T/\partial z \approx 1^\circ/100$  m ja tuulen nopeusgradientti nolla.



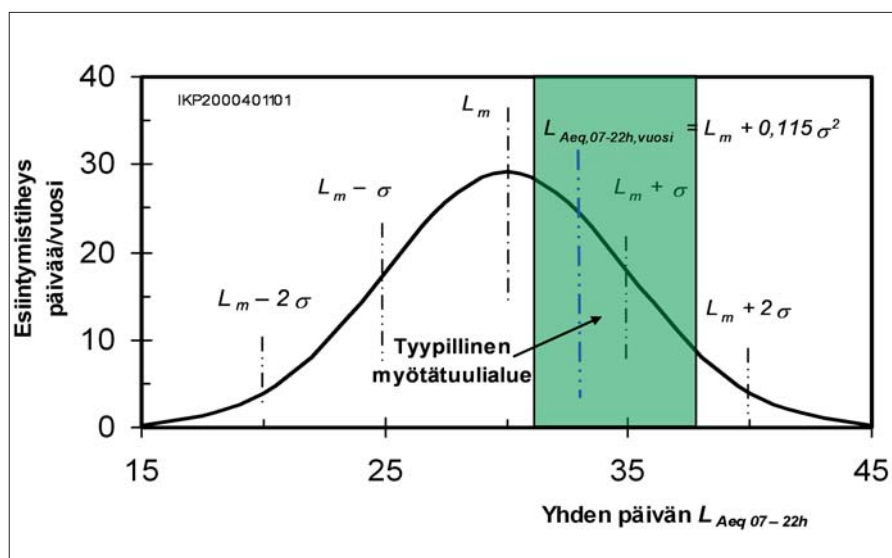
Kuva 5: Tyypillinen arvio sääolojen vaihtelun tuottamasta äänitason vaihtelusta eri etäisyyksillä lähteestä pitkällä aikavälillä verrattuna etenemisvaimentumiseen neutraalissa ilmakehässä. Kuvassa on esitetty alueet, joiden sisään 50 % ja 90 % tapauksista sijoituu.<sup>40</sup>

Kuten kuvasta 5 käy ilmi, äänen vaimentuminen voi olla suurempaa tai pienempää kuin vaimentuminen neutraali-ilmakehässä. Kuva kertoo myös sen, että ero – vaihtelu neutraaliarvojen molemmin puolin – ei ole symmetristä. Olosuhteita, joissa vaimentuminen on suurempaa kuin neutraali-ilmakehässä on useammin kuin päinvastaisia tapauksia ja suurimmat vaimentumisarvot ovat suurempia kuin suurin ”vahvistuminen” neutraali-ilmakehän arvoon nähden.

Jos mittaisimme kuvan 5 tyyppisessä tapauksessa hetkellistä melutasoa pitkän ajan, esimerkiksi vuoden, saisimme havainnoista kuvassa 6 esitetyn tyyppisen tilastollisen jakautuman. Yleensä ympäristömelun voimakkuus on Weibull- tai betajakaantunut suure. Jakautuman muoto muistuttaa vinoa, epäsymmetristä normaalijakautumaa. Epäsymmetrisyyden syynä on hyvin usein se, että sääolojen vaikutus etenemisvaimentumiseen on epäsymmetrinen. Kuvassa 6 on kuitenkin asian yksinkertaistamiseksi oletettu vaihtelun olevan normaalisti jakautunut. Tämäntapainen jakautuma\* saataisiin esimerkiksi kuvan 5 tapauksessa noin 300 m etäisyydellä (riittävän hiljaisesta) melulähteestä. Tätä etäämpänä vaihtelulaajuus on suurempi kuin kuvan 30 dB(A).

Kuvassa 6 on esitetty normaalijakautuman muoto ja eräitä sen tilastollisia tunnuslukuja: aritmeettinen keskiarvo,  $L_m$  (30 dB), hajonta eli standardipoisikeama,  $\sigma$  (5 dB), sekä jakautuman ”energia”-keskiarvo,  $L_{Aeq,07-22h, vuosi}$  (n. 33 dB(A)) eli se ekvivalenttitaso, joka tässä tapauksessa saataisiin, jos mitattaisiin häiriöttömissä oloissa yhtäjaksoisesti kaikki vuoden 365 päivää. Havainnoista noin 68,3 % sattuu välille  $L_m - \sigma \dots L_m + \sigma$ , 95,5 % välille  $L_m - 2\sigma \dots L_m + 2\sigma$  ja noin 99,7 % välille  $L_m - 3\sigma \dots L_m + 3\sigma$  (kuvassa väli 15 dB ...45 dB).

\* Jakautuman tilastolliset ominaisuudet riippuvat mm. siitä, mille ajalle yksittäiset havainnot on keskiarvotettu. Esimerkiksi vuoden ajalta mitattu hetkellisen  $L_{AF}$ -tason jakautuma poikkeaa  $L_{Aeq,24h}$ -tason jakautumasta.



Kuva 6: Esimerkki (30,5)-normaalisesti jakautuneen  $L_{Aeq,07-22h}$ -tason frekvenssifunktiosta. Kuvaan on myös piirretty esimerkinomaisesti, miten 2 – 5 m/s myötätuuleissa mitattujen arvojen oletetaan sijoittuvan jakautumaan sekä jakautuman perusteella laskettu koko vuoden päivämelujen  $L_{Aeq,07-22h,vuosi}$ -taso, noin 33 dB(A).

Kuvan 6 tapauksessa päivän  $L_{Aeq}$  olisi (yhteensä) 183 päivää vuodessa 30 dB(A) tai suurempi, noin 60 päivää 35 dB(A) tai suurempi, noin 8 päivää 40 dB(A) tai suurempi. Jos vaihtelulaajuus koko vuoden aikana olisi 60 dB(A), eli oltaisiin kuvassa 2 noin 1...1,5 km päässä lähteestä, olisivat vastaavat lukuarvot: melutaso olisi 183 päivänä vuodessa 30 dB(A) tai suurempi, noin 112 päivänä 35 dB(A) tai suurempi, noin 58 päivänä 40 dB(A) tai suurempi ja noin 24 päivänä 45 dB(A) tai suurempi.\*

Kun melutason vaihtelu noudattaa normaalijakautumaa, jonka keskiarvo on  $L_m$  ja hajonta  $\sigma$ , on koko vuoden (so. pitkän ajan) ekvivalenttitaso

$$L_{Aeq,vuosi} = L_m + 0,115\sigma^2 \quad (1)$$

Se, kuinka monta päivää tai tuntia vuodessa melutaso ylittää jonkun lukuarvon etenemisvaimentumisen vaihtelun vuoksi riippuu oleellisesti siitä, kuinka suuri vuotuinen tilastollinen vaihteluväli (kuvassa 6 väli  $L_m - 3\sigma \dots L_m + 3\sigma$ ) on, sekä myös jakautuman muodosta.

Seuraava normaalisti jakautuneen melun ekvivalentti- eli keskiäänitaso riippuvuus  $L_{A,10\%}$ -tasosta ja hajonnasta

$$L_{Aeq} = L_{A,10\%} - 1,28\sigma + 0,115\sigma^2 \quad (2)$$

kertoo sen, että hajonnan ylittäessä 11 dB(A) (eli koko vaihteluvälin ollessa noin 66 dB(A))  $L_{Aeq}$ -taso on suurempi kuin se melutaso, joka ylittyy 10 % ajasta ( $L_{A,10\%}$ ). Toisin sanoen, melutapahtumat, joita esiintyy alle 10 % ajasta, määrittävät  $L_{Aeq}$ -tason.<sup>41</sup>

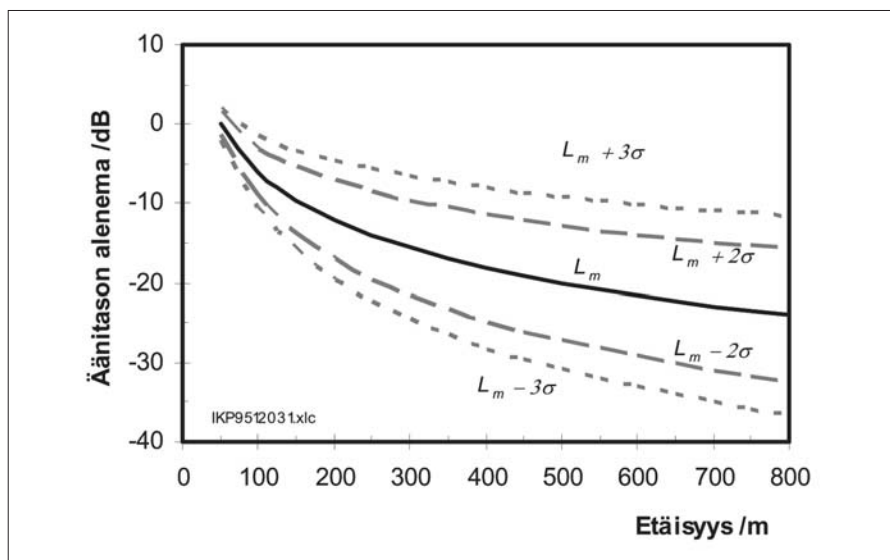
Joissain tapauksissa, esimerkiksi harvaliikenteisten lento-, moottorikelkka- ja veneilyreittien tai teiden lähietäisyyksillä hetkellinen melutaso, so. melun tuotosta pääasiassa riippuva melutaso, voi vaihdella päivän aikana mainitun 66 dB(A) ja enemmänkin. Jos hiljaisuuden kriteeriksi hyväksytään se, että tietyn raja-arvon, esimerkiksi 40 dB(A), ylittävää melua saa tässä tapauksessa (hajonta 11 dB(A)) esiintyä enintään 10 % ajasta, niin tähän päästään antamalla ohjeeksi, että  $L_{Aeq,07-22h}$ -taso ei saa ylittää 40 dB(A).

\* Sääolot vaihtelevat yleensä yhden päivän aikanakin, mistä syystä etenemisvaimentuminen ei ole sama koko päivän/vuorokauden ajan. Kuva ja sen selitys on annettu vain esimerkkinä. Päivät on syytä ymmärtää vuotuisiksi yhteenlasketuksi tuntimääräksi, joka on muutettu päivien määräksi.



## Kuinka paljon melun voimakkuus vaihtelee eri etäisyyksillä melulähteestä pitkällä aikavälillä?

Luotettavia mittaustuloksia melutasojen pitkäaikaisesta vaihtelusta eri etäisyyksillä erilaisista melulähteistä on julkaistu kansainvälisessä kirjallisuudessa yllättävän vähän. Yleensä on tutkittu sääolojen vaikutusta etenemisvaimentumiseen, ei etenemisvaimentumisen vaihtelua.<sup>42,43</sup> Suurin osa yli 1 km etäisyydellä tehdyistä pitkäaikaismittauksista (mittauksista erilaisissa sääoloissa) koskevat räjäytysääniä *esim.* <sup>44,45</sup> Saatavilla on myös pitkäaikaisia mittaustietoja suurten lentokenttien läheisyydessä olevilta kiinteiltä melumittausasemilta. Muista mittauksista mainittakoon erityisesti Japanilaisten tutkimukset äänen etenemisestä meren yllä. Mittaukset ovat kestäneet muutamasta viikosta 14 kuukautta eri vuodenaikoina kestäneeseen mittaukseen. Mittausetäisyydet ovat olleet 1...6 km. Yhden päivän aikana etenemisvaimentuminen on vaihdellut jopa 40...50 dB(A). Suurimmat yhden tunnin aikana mitatut vaimentumisen muutokset ovat olleet 20...30 dB(A).<sup>46, 47, 48, 49</sup>

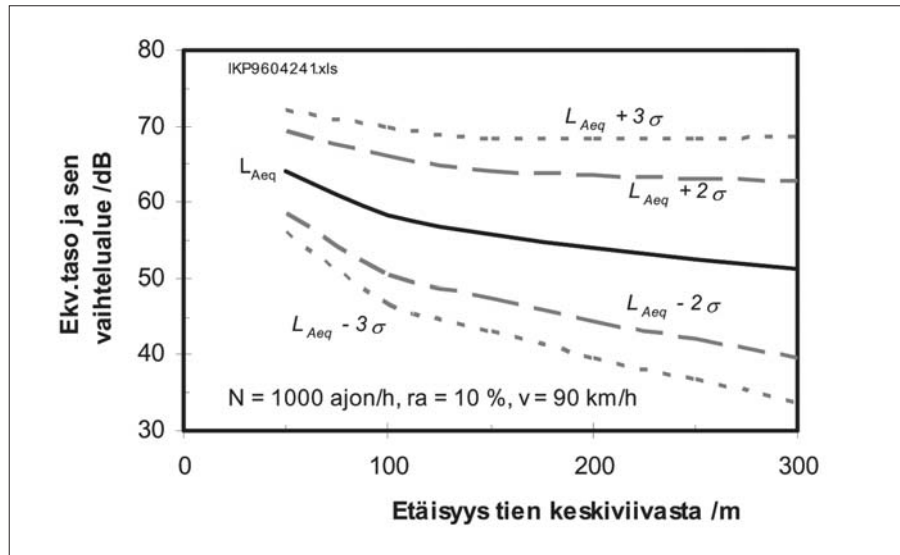


Kuva 7: Esimerkkiarvio sääolojen aiheuttamasta mittaustulosten tilastollisesta vaihtelusta myötätuuloiloissa (korkeintaan 5 m/s myötätuulella).  $L_m$  on kuvaus tulosten aritmeettista keskiarvoa (vain geometrinen vaimentuminen otettu huomioon). 95,5 % havainnosta jää rajojen  $L_m \pm 2\sigma$  ja 99,7 % rajojen  $L_m \pm 3\sigma$  väliin. Rajoja määritettäessä on oletettu, että mittaustulokset ovat normaalisti jakautuneita, kuten mittausohjeen lähdeviitteissäkin on oletettu.<sup>50,51</sup>

Kuvan 7 lähtökohtana on ympäristöministeriön ympäristömelun mittausohjeissa<sup>50</sup> julkaistu kuva sääolojen aiheuttamasta teollisuusmelun mittaustulosten hajonnan,  $\sigma$ , riippuvuudesta etäisyydestä myötätuuloiloissa.

Kuva 8 seuraavalla sivulla on peräisin tieliikennemelun pohjoismaisesta laskentamallista, luvusta jossa tarkastellaan mallin epätarkkuutta.<sup>52,53</sup> Kyseisessä laskentamallin käsikirjan kuvassa epätarkkuudella tarkoitetaan vaihtelualuetta, jonka sisään 68 % tuloksista, eli  $L_m - \sigma$ ...  $L_m + \sigma$ -arvot, sijoittuvat. Kuvassa 8 on oletettu melun voimakkuuden olevan normaalisti jakautunut. Kuvassa on esitetty  $L_m - 2\sigma$ ...  $L_m + 2\sigma$  ja  $L_m - 3\sigma$ ...  $L_m + 3\sigma$  välin rajat. Osa kuvan 8 vaihtelusta on sääolojen (myötätuuli) vaihtelun tuottamaa, osa muusta syystä johtuvaa.

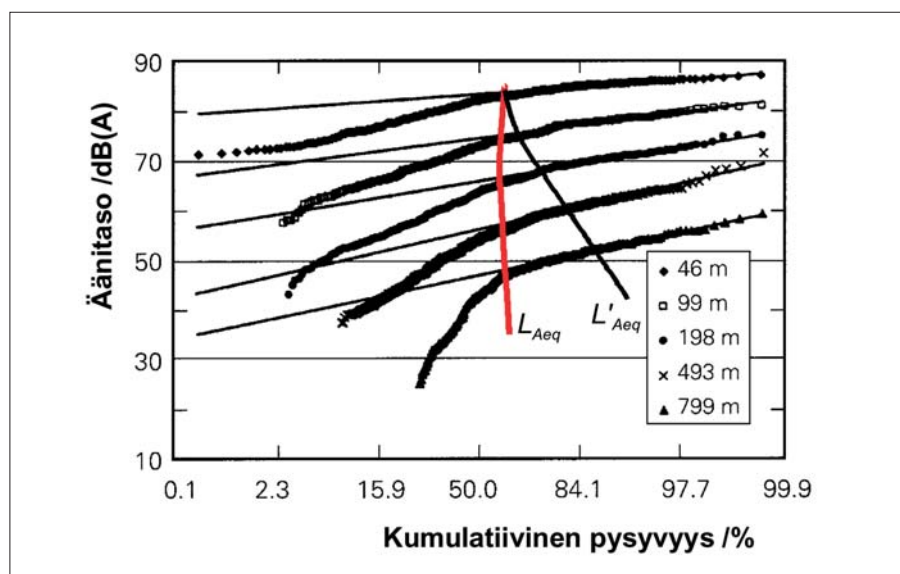
Tieliikenteen pohjoismainen melumalli oli (1970- ja 1980-luvulla) ns. neutraalin ilmakehän malli. Tällaisen mallin tarkoitus on estimoida lähinnä  $L_{50\%}$ -tasoa eli (normaalisti jakautuneiden) melutasojen aritmeettis-



Kuva 8: Tieliikennemelun pohjoismaisen laskentamallin ilmoitettu epätarkkuus (mitatun tason vaihtelu) lievässä myötätuulussa (v. 1993:  $1,2 \pm 2,4$  m/s, v. 1996:  $1,5 \pm 1,5$  m/s, joko myötäinen tai vastainen). 1000 ajoneuvoa/h, 10 % raskaita, nopeus 90 km/h. Jos mukaan otetaan myös vastatuulietenemistä voimakkaassa tuulussa, vaihtelualue laajenee pienempiin meluarvoihin päin.

ta keskiarvoa ( $L_m$ ), ei todellista pitkän ajan  $L_{Aeq}$ -tasoa.\* Sittemmin sitä on tekijöiden ilmoituksen mukaan pyritty muuttamaan lievän myötätuulen malliksi.

Kuvassa 9 on esitetty mittaustuloksia sääolojen vaihtelun vaikutuksesta.<sup>54</sup> Melulähteenä oli kaiutin. Sen akustinen keskipiste oli noin 0,6 m korkeudella\*\* maanpinnasta. Kaiuttimeen syötettiin vaaleanpunaista kohinaa. Maasto oli tasaista entistä soijapeltoa. Lähteen ja mittauspisteiden välillä oli suora näköyhteys. Mittauspisteiden korkeus oli 1,2 m maanpinnasta. Mittauksia tehtiin kahdeksan kuukauden aikana, yhteensä 211 mittauskertaa. Osa hiljaisimmista havaintoarvoista on jätetty pois liiallisen taustamelun vuoksi.



Kuva 9: Sääolojen vaihtelun vaikutus pistemäisen melulähteen immisiotasoon viidellä eri etäisyydellä. Mittauksia tehtiin kahdeksan kuukauden aikana yhteensä 211 mittauskertaa kullakin viidellä etäisyydellä olleessa pisteessä. Kumulatiivinen jakautuma kertoo kuinka monta % havainnoista on pystyakselin tasoa tai sitä alhaisempia.

\* Liikennemelulla  $L_{Aeq} > L_m$ .

\*\*Vastaa melko hyvin esimerkiksi tieliikennemelun pohjoismaisen mallin oletamaa 0,5 m lähdekorkeutta.

Kuvan 9 mittaustulokset on kuvassa esitetty normaalijakautuman todennäköisyyspaperilla (x-akselin mittayksikkö on hajonnan suuruinen %:ssa) Normaalijakautumaa (kuva 6) vastaavat arvot sijoittautuvat suoralle viivalle. Viivan kaltevuus riippuu hajonnasta. Kuvaan 9 piirretyt suorat estimoivat mittaustulosten yläpään tilastollisia ominaisuuksia vastaavaa normaalijakautumaa.

Kuvaan 9 on lisätty kaksi käyrää,  $L_{Aeq}$  ja  $L'_{Aeq} \cdot L_{Aeq}$ -käyrä kertoo kunkin etäisyyden mittaushavainnot vastaavan, so. niistä lasketun,  $L_{Aeq}$ -tason. Tämä  $L_{Aeq}$ -taso vastaa 30...40 %:n pysyvyystasoa.\* Pitkillä etäisyyksillä (493 m, 799 m)  $L_{Aeq}$ -tasoa vastaava pysyvyys olisi jonkin verran pienempi, jos olisi pystytty mittaamaan myös jakautumien alapään melutasot, eli hiljaiset arvot.

$L'_{Aeq}$ -käyrä kertoo, mitä pysyvyysarvoa ekvivalenttitaso vastaisi, jos mittaushavainnot olisivat normaalisti jakautuneita koko vaihteluvälille (käyrien alapäitä on lisäksi ekstrapoloitu mittauksista pois jääneisiin pieniin havaintoihin arvioimalla).

Kuvasta 9 havaitaan, että

- hajonta ( $\sigma$ ) ja vaihteluväli ( $L_m - 3\sigma \dots L_m + 3\sigma = L_{0,1\%} \dots L_{99,9\%}$ ,  $L_m = L_{50\%}$ ) kasvavat etäisyyden lähteestä kasvaessa,
- jakautumien yläpää, eli ne tasot, joita esiintyy noin 40 % ajasta, jakautuvat normaalisti (sijoittuvat kuvassa suoralle), mutta alapään tasot ovat paljon alhaisempia kuin yläpäänjakautuma ennustaa. Noin 0,5 km ja sitä suuremmilla etäisyyksillä vaimentuminen noudattaa ns. epäsuotuisien etenemisolojen aikana – joita tässä kuvassa esiintyy noin puolet ajasta – toisenlaisia lainalaisuuksia (toista statistiikkaa) kuin yläpäässä eli vähän vaimentavissa sääoloissa,
- sään vaikutus on epäsymmetrinen eli jakautumat ovat vinoja,
- luokkaa 1 km olevilla etäisyyksillä mittaustulosten vaihteluväli oli 40 dB(A) luokkaa. Kuva viittaa selvästi siihen, että vaihteluväli kasvaa edelleen etäisyyden myötä,
- $L'_{Aeq}$ -tasoa vastaavan ja sitä pienempien pysyvyystasojen vaimentuminen näyttäisi noudattavan melko hyvin pistelähteen äänen teoreettista geometristä vaimentumista eli 6 dB((A) alentumista etäisyyden kaksinkertaistuessa.\*\* 198 m ja sitä pitemmällä matkoilla vaimentuminen on ollut vähintään noin 50 % ajasta selvästi tätä arvoa suurempi.

Kuvan 9 tuloksia voidaan tulkita karkeasti siten, että häiriöttömissä oloissa\*\*\* pitkän ajan todellinen, mitattu  $L_{Aeq}$ -taso on käyrien  $L_{Aeq}$  ja  $L'_{Aeq}$  välillä, eli vastaa niiden väliin jäävää hetkellisen melutason vaihtelun pysyvyysarvoa. Esimerkiksi 1 km luokkaa olevilla etäisyyksillä pitkän ajan  $L_{Aeq}$ -taso vastaa 70...90 % välillä olevaa pysyvyysarvoa, eli säävaihteluiden vuoksi (vakioäänitehoisen matalalla olevan pistelähteen) hetkellinen immissiotaso on 70 ...90 % ajasta  $L_{Aeq}$ -tasoa alhaisempi ja 10...30 % ajasta sitä suurempi.

Haettaessa kuvan 9 tapauksessa kysymykseen “Kuinka kauaksi melu kuuluu ja kuinka voimakkaana tietylle etäisyydelle?”, on ensin päätettävä, mitä tilastollista pysyvyysarvoa käytetään milläkin etäisyydellä immissiotasona,  $L_p$ . Tämä lisäksi joudumme päättämään, mitä peittävän melun – tuulikohinan ollessa tärkein niistä – voimakkuutta käytetään arvioitaessa, onko  $L_p$ -tasoinen ääni erotettavissa (havaittavissa, ja jotta se tietoisesti havaitsemiseen).

Hiljaisia alueita perustettaneen myös merelle ja suurille järville. Suurten vesistöalueiden yllä etenevä ääni kanavoituu joissakin sääoloissa. Kanavoitumisen seurauksena (pistelähteen) geometrinen eli leviämisen- eli hajaantumisvaimentuminen alenee arvosta 6 dB etäisyyden

\* Tässä pysyvyystaso tarkoittaa tasoa, joka ylittyy 30...40 % ajasta.

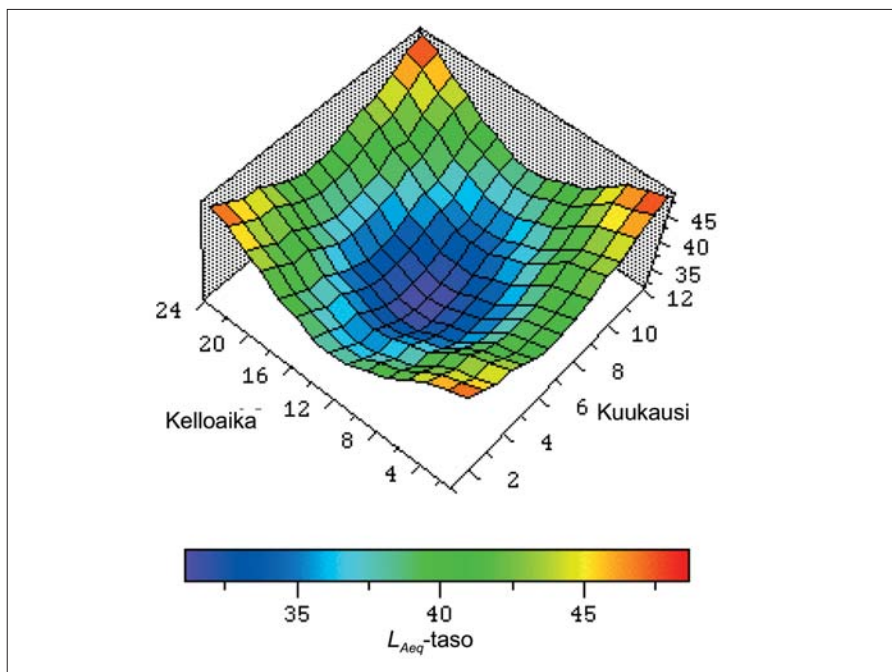
\*\* Kaiuttimeen syötettiin vaaleanpunaista kohinaa. Tästä spektriltään suuresti poikkeavan melulähteen äänen vaimentuminen A-tasona voi poiketa kuvan arvoista.

\*\*\* so. ei muuta melua tai ääntä kuin ko. kaukaa kuuluva ääni.

kaksinkertaistuksessa lähelle (keskimääräistä) arvoa 3 dB etäisyyden kaksinkertaistuksessa. Esimerkiksi merellä olevien tuulivoimaloiden melun on todettu tietyissä sääoloissa kanavoituvan pienillä taajuuksilla siten, että 200...300 m etäisyydelle asti geometrinen vaimentuminen on 6 dB etäisyyden kaksinkertaistuksessa, mutta sitä etäämpänä arvo on keskimäärin 3 dB.<sup>55</sup>

Toinen etenemisvaimentumista pitkällä etäisyyksillä ajoittain – yleensä korkeitaan muutaman tunnin ajaksi kerrallaan – huonontava ilmiö on äänen fokuusoituminen. Tietyillä äänen nopeuden pystyprofiileilla ilma-kehä toimii (akustisen) kuperan linssin tavoin. Linssi keskittää, fokuoii, ääntä joillekin alueilla ja vastaavasti vähentää sitä joiltakin muilta alueilta.<sup>56, 38, 57, 58</sup>

Koska sääoloilla Suomessa on pitkällä aikavälillä tietty vuoden- ja vuorokauden aikoihin sidottu tilastollisuus (todennäköisin odotusarvo), niin myös sääoloista riippuvalle äänen etenemisvaimentumiselle voidaan määrittää (ainakin periaatteessa) tämän tilastollisuuden avulla odotusarvon jakautuma. Kuvassa 10 on esimerkki pitkän ajan ääni- ja säämittauksien perusteella arvioidusta immisiotasojen odotusarvojen jakautumasta Uppsalassa (avoin tasainen laaja aukea, lähde ja vastaanottaja noin 1,5...2 m korkeudella, etäisyys pari sataa metriä).<sup>59</sup> Kuvasta havaitaan muun muassa, että suurin vaimentuminen (alhaisimmat immisiotasot) on odotettavissa kesäkuukausina iltapäivisin ja pienin vaimentuminen talvikuukausina öisin.\*



Kuva 10: Esimerkki erään vakioäänilähteen odotettavissa olevasta äänitasosta (immisiotaso) eri vuoden ja vuorokauden aikoina.<sup>59</sup>

Todellinen äänitaso tietyllä hetkellä riippuu kuitenkin mm. kulloisestakin tuulen suunnasta ja voimakkuudesta (tuulen nopeuden pystyprofiilista). Kuvaa 10 ei pidä ymmärtää siten, että vaimentuminen olisi esimerkiksi kesäkuun kaikkina päivinä keskipäivällä kaikissa suunnissa lähteestä niin suurta (verrattuna muihin aikoihin) kuin kuvassa esitetään. Mitä etäemmäksi lähteestä mennään, sitä suurempi on vuodenaikainen immisiotason vaihtelu.

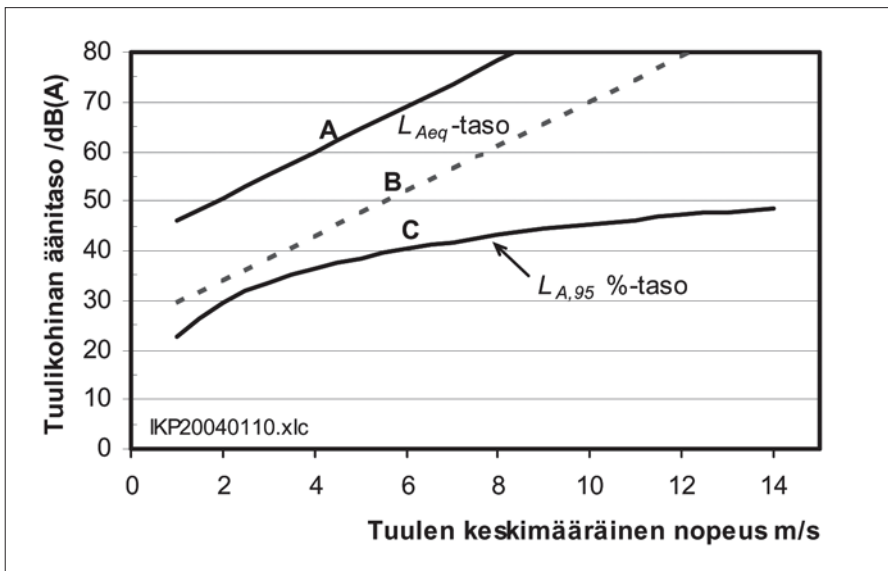
Kuvassa 10 melutason vaihtelulaajuus on noin 20 dB(A) eli samaa suuruusluokkaa (25 dB(A)), kuin kuvassa 7 198 m matkalla.

\* Talvisin lumipeite ja meluesteinä toimivat lumivallit voivat lisätä etenemisvaimennusta. Tätä, eli vuodenaikojen vaikutusta maa-, kasvillisuus- ja estevaimennukseen, ei ole kuvassa otettu huomioon.

# Tuulen ja kasvillisuuden aiheuttama ääni

Tuuli aiheuttaa kahdenlaista ääntä: varsinaista aaltoliikkeenä etenevää ääntä ja niin sanottua pseudoääntä. Molempien syy on sama; tuulipyörteet eli turbulenttinen tuuli generoivat paikallisen pienen tilasuureiden, kuten ilmanpaineen ja tiheyden, vaihtelun. Kohdatessaan mikrofonin, (ihmisen, eläimen) pään tai muun esteen, pyörteet generoivat esteen pinnalle patopaineen, jonka voimakkuus vaihtelee ajallisesti. Mikrofoni ja korva detektoivat tämän vaihtelevan, pienitaajuisen painevaihtelun ääneksi, jota erotukseksi aaltoliikkeenä etenevästä äänestä, kutsutaan pseudoääneksi. Pseudoäänien voimakkuus riippuu tuulen nopeuden lisäksi esteen koosta ja muodosta. Isokokoinen ihmisen pää generoi voimakkaampaa ja spektriltään erilaista pseudoääntä kuin pienikokoinen mikrofoni. Mikrofonin päälle asennettavan tuulisuojan on tarkoitus vähentää pseudoäänien syntyä.

*On syytä huomata, että ihmiset eivät käytä päänsä ympärillä tuulisuojaa, joka pienentäisi pään generoiman tuulikohinan voimakkuutta ja peittovaikutusta. Tästä syystä (hyvällä) tuulisuojaalla varustetulla äänitasomittarilla mitattu tuulikohinan voimakkuus antaa liian optimistisen kuvan tuulen peittovaikutuksesta etenkin suurilla tuulen nopeuksilla.*



Kuva 11: Tuulikohinan voimakkuuden riippuvuus tuulen keskimääräisestä nopeudesta joidenkin tutkimusten mukaan. A) Tuulikohinan + ihmisen pään generoiman pseudoäänien voimakkuus (keinopäämittaus), B) tuulikohina + puiden kahina metsässä, C) tuulikohinan L<sub>A,95</sub> %-taso, eli taso, joka ylittyy 95 % ajasta, avoimessa ruohopeitteisessä aukeassa maastossa.<sup>60, 61, 62, 63, 64</sup>

Tuulen ja kasvillisuuden generoiman äänen syntymekanismista ja voimakkuuden riippuvuudesta tuulen nopeudesta erilaisissa ympäristöissä on julkaistu useita tutkimuksia.<sup>esim.65, 60, 61, 62, 66, 67</sup> Kuvassa 11 on esitetty esimerkkejä tuloksista. Alin käyrä (C) kuvaa 95 %:n pysyvyytensä ruohopeitteisessä aukeassa maastossa.

Suomalaisessa metsämaastossa tuulikohinan ja puiden kahinan äänen voimakkuuden ( $L_{Aeq}$ -tason tuulen puhaltaessa ko. keskinopeudella) voidaan olettaa olevan B-käyrän tuntumassa. Voimakkuus riippuu mm. lehtien/neulaston koosta ja määrästä, puiden tiheydestä ja korkeudesta, latvuksen muodosta ja tiheydestä. Puusto lisää tuulikohinan voimakkuutta ja muuttaa sen spektriä. Värähtelevät lehdet säteilevät myös jossain määrin ääntä. Puuston ja kasvillisuuden kokonaisvaikutusta ympäristön ääniin kutsutaan jäljempänä puiden kahinaksi.

Tutkittaessa tuulikohinan peittovaikutusta ihmisen kuulemille luonnonäänille ja meluille, karkeana lähtökohtana voitaneen pitää A-käyrää.<sup>\*, 19</sup>

Tuulikohinan ja puiden kahinan äänen voimakkuus (ja spektri) vaikuttavat mm. siihen, millaisia ääniä ja milloinkin erotamme, ja kuinka hyvin äänimaisema kulloinkin vastaa kuulijan hiljaisuuden assosiaatiota ja odotuksia.

Jotta tuulikohina ei aiheuttaisi liian suurta virhettä (liian voimakasta taustamelua), monissa asuin ympäristön ulkomelun mittaushjeissa mainitaan 5...6 m/s suurimmaksi sallituksi mittausten aikaiseksi tuulen nopeudeksi.<sup>\*\*</sup>

Suomessa tuulen vuotuinen keskinopeus on sisämaassa 3 – 5 m/s ja rannikolla 5 – 7 m/s.<sup>68</sup> Vastaavat kuvan 10 mukaiset tuulen  $L_{A,95\%}$ -tasot (käyrä C) ovat 34 – 39 dB(A) ja 39 – 42 dB(A). Tuulikohinan ja puiden kahinan (käyrä B) vastaavat arvot ovat 39 – 48 dB(A) ja 48 – 56 dB(A). Hollannin koko maan tuulen nopeusjakautuman vuositilaston mukaan laskettu käyrä B vastaavan kohinan  $L_{Aeq, vuosi} = 72$  dB(A)!<sup>\*\*\*</sup>

Kuvassa 12 on esitetty laskennallinen arvio tuulikohinan voimakkuuden kumulatiivisesta pysyvyydestä Kajaanin lentokentän vuosien 1961 – 1980 tuulitilaston perusteella. Kuva esittää kuinka monta prosenttia (pysty akseli) melutaso on vaaka-akselilla esitetyn suuruinen tai alhaisempi. Käyrät (kirjainviitteet) vastaavat kuvassa 11 esitettyjä. Tuulen mittauskorkeus on 10 m. Ihmisen kuulemaa voimakkuutta estimoivan käyrän A arvot on laskettu olettaen tuulen voimakkuuden olevan 2 m korkeudella (noin pään korkeus ja melualuekarttojen tyypillinen laskentakorkeus) 1,8 m/s alhaisemman kuin 10 m korkeudessa.<sup>\*\*\*\*</sup>

Kuva 12 viittaa siihen, että noin 70 % ajasta ihmisen kuulemia ääniä peittävä tuulikohinan melutaso on (Kajaanin kentällä) suurempi kuin 37...40 dB(A) – eli sen tason, jolla 30...35 dB(A)-tasoiset äänet alkavat peittyä kuulumasta – ja noin 20 % ajasta suurempi kuin 55 dB(A) eli sen tason, jolla 45...50 dB(A)-tasoiset äänet alkavat peittyä kuulumasta. Kuvan 12 käyrän A mukaan ihmisen kuulema tuulikohina on noin 60 % ajasta voimakkaampaa kuin 45 dB(A) eli sen tason, jolla 35...40 dB(A) äänet alkavat peittyä kuulumasta.<sup>\*\*\*\*\*</sup>

Jos katsotaan, että ihmisen toimintojen melun aiheuttama hiljaisuuden asteen huonontuminen riippuu siitä, kuuleeko (erottaako) hiljaisella alueella vieraileva henkilö äänen ja myös siitä, kuinka voimakkaana hän sen kuulee (erottaa), niin joudumme ottamaan huomioon tuulikohinan ja muiden luonnonäänten peittovaikutuksen ja sen ajallisen vaihtelun.

Ainakin niillä hiljaisilla alueilla, joilla on paljon metsää, tuulikohina (ja tuulen aiheuttama puiden kahina) vaikeuttaa myös alueelle kantautuvan melun voimakkuuden mittausta liiallisen taustamelun vuoksi. Jos vaaditaan, että taustamelun (so. tuulikohinan ja puiden kahinan) tulee olla 10 dB(A) mitattavaa melua hiljaisempaa,<sup>50</sup> tuulen nopeus ei saisi ylittää esimerkiksi 30 dB(A) tasoa mitattaessa 0,5...1 m/s.<sup>\*\*\*\*\*</sup> Näissä oloissa mitattu melutaso vastaa lähinnä neutraalissa ilmakehässä etene-

\* Peittovaikutuksen arviointi edellyttää myös tietoja sekä tuulikohinan, että ko. melun/äänien spektristä. Saksalaiseen diplomityöhön perustuvat käyrän A arvot vaikuttavat suurilta. Työssä kehityksen kaavan validointi on tehty mittaamalla A-taso säädettävässä ilmapölyssä olleen keinopään korvan tärykalvon paikalla olleilla mikrofonilla.

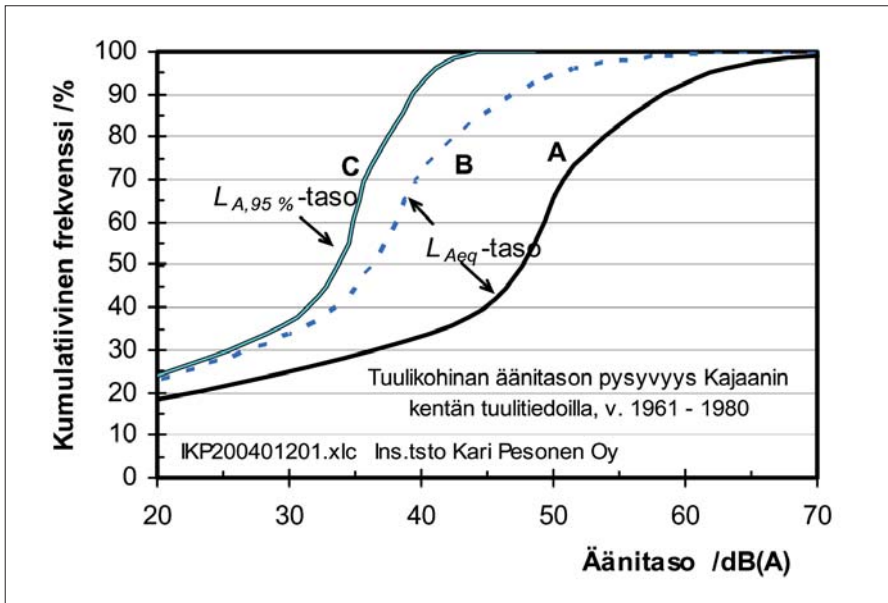
\*\* Yleensä kyse on mittauksista, joissa melutasot ovat vähintään 40...45 dB(A).

\*\*\* Kari Pesonen sai ko. tilaston toisessa yhteydessä Hollannista.

\*\*\*\* Todellisuudessa tuulen nopeusero 10 m ja 2 m korkeuden välillä riippuu mm. tuulen nopeudesta ja maanpinnan karheudesta eli rosoisuudesta sekä maaston muodoista/esteistä. Metsässä ero on ainakin suurilla tuulen nopeuksilla enemmän kuin 1,8 m/s. Suurien järvien ja meren selillä arvo voi olla tätä luokkaa.

\*\*\*\*\* Karkeita suuruusluokkaa-arvioita. On syytä tehdä tarkempi analyysi tuulikohinan/puiden kahinan peitto-ominaisuuksista. Etenkin ihmispään erilaisissa hiljaisissa ympäristöissä generoiman pseudoäänien voimakkuudesta ja peitto-ominaisuuksista tulisi saada luotettavampaa tietoa.

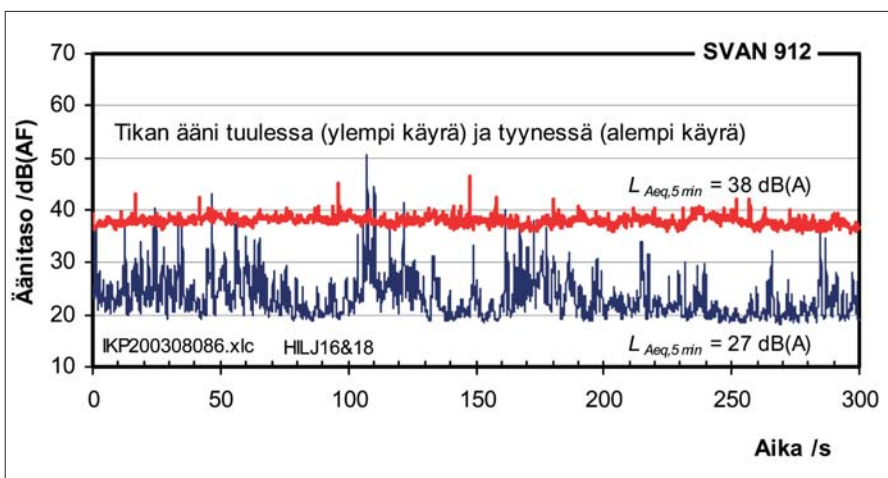
\*\*\*\*\* Esimerkiksi YM:n yleiset ympäristömelun mittaushjeet edellyttävät, että taustamelun on 10 dB(A) mitattavaa melua hiljaisempaa.



Kuva 12: Tuulikohinan (C, A) ja tuulikohinan ja puiden kahinan (B) voimakkuuden las-kennallisesti arvioitu kumulaatiivinen pysyvyys. Arvio perustuu Kajaanin lentokentän tuu-len nopeuden vuosien 1961-1980 pysyvyysarvoin. Käyrä A kuvaa ihmisen kuuleman kohinan voimakkuutta (keinopäämittauksen tulosta). C ja B ennustaa tuulisuojalla va-rustetun mikrofonin detektoimaa äänen voimakkuutta.\*

mistä. Hiljaisten alueille kantautuvan melun mittaaminen edellyttää omia mittaushjeita.

Kuvassa 13 on käytännön esimerkki tuulikohinan ja puiden kahinan vaikutuksesta luonnonääniä kuultavuuteen hiljaisella alueella. Molemmissa mittauksissa tikka naputti samaa kuivanutta männyn latvaa noin 25...30 m etäisyydellä mittauspisteestä. Käyrät kuvaavat hetkellisen äänitason,  $L_{AF}$  vaihtelua. Alemmpi käyrä on mitattu tyynessä ilmassa, ylempi noin 3 – 5 m/s tuulessa. Tikan naputusääni näkyy alemmassa käyrässä piikkeinä, joiden taso ylittää taustamelun jopa 20 dB(A). Ylemmässä käyrässä on vain muutama taustamelun ylittävä piikki (häiriö?) Tikan ääni ei erottunut kuulohavainnoin, mutta näköhavainnon perusteella tikka hakkasi puuta yhtä ahkerasti kuin alemman käyrän mittauksessa.



Kuva 13: Esimerkki tuulikohinan ja puiden kahinan peittävästä vaikutuksesta. Tyynessä ilmassa tikan ääni (alempi käyrä) erottuu selvästi taustamelusta. Ylemmässä tikan naputus peittyi täysin tuulikohinaan (tuulen nopeus 3 – 5 m/s).

\* Ilmatieteen laitoksen julkaisemia tuulitilastotietoja. Nämä tiedot perustuvat virallisiin säähavaintotietoihin. Tuulikohinan pysyvyyttä arvioitaessa olisi syytä käyttää varmuuden vuoksi jatkuvien mittausten tietoja, ei parin tunnin välein luettuja keskimääräisen tuulen havaintoarvoja. Ainakin olisi selvitettävä, onko eri arvoihin perustuvilla arvioilla oleellista eroa peiton kannalta.

## Taustamelun ja tuulikohinan peittovoimakkuus

Ihminen erottaa tarkkaan kuunnellessaan tyypillisesti noin 5...10 dB(A) taustamelua hiljaisempia ääniä. Erottavuus riippuu peittävän ja peitetyn äänen spektristä ja spektrien ajallisesta vaihtelusta. Peittovaikutus riippuu ainakin jossain määrin myös peittävän ja peitetyn äänen tulo-suuntaerosta eli siitä, miten peitetyn ja peittävän äänen lähteet sijaitsevat avaruudessa toisiinsa nähden ja mahdollisesti liikkuvat toisiinsa nähden.<sup>69</sup> Signaali-kohinasuhteeltaan hyviksi kuunteluoloiksi katsotaan yleensä olot, joissa taustamelu on vähintään 10 dB kuultavaksi tarkoitettua ääntä hiljaisempaa. Eli täysin tyynessä säässä häiriöttömissä oloissa hyväkuuloinen ihminen erotta hyvin 10...15 dB(A) voimakkuiset äänet, mutta metsässä 5 m/s keskituulella 40... 45 dB(A) liikennemelua saattaa jo peittyä suurimman osan aikaa tuulikohinaan ja puiden kahinaan. Tuulisessa säässä tuulikohinan ja puiden kahinan voimakkuus vaihtelee (fluktuoi) ajallisesti, kuten myös etenemisvaimentuminen. Täten myös peittovaikutus voi vaihdella – ja yleensä vaihtelee. Esimerkiksi tuulen puuskaisuus vaikuttaa lyhytaikaiseen vaihteluun. Peittovaikutusta joudutaan tarkastelemaan tilastollisena suurena ja todennäköisyytenä.

Peittovaikutuksen tunnetut objektiiviset arviointimenetelmät on laadittu puheen erotettavuudelle ja ymmärrettävyydelle melussa ja /tai kaiuntaisessa ympäristössä. Näissä oletetaan taustamelun olevan vakio. Hiljattain on Saksassa julkaistu väitöskirja puheen erotettavuudesta ja ymmärrettävyydestä oloissa, joissa taustamelun voimakkuus vaihtelee ajallisesti.<sup>70</sup> Samaa, tai samantapaista, menetelmää todennäköisesti voitaisiin käyttää mittaamaan yleisesti erilaisten äänien, myös ajallisesti vaihtelevan tuulikohinan, peittovaikutusta.

On syytä korostaa, että nykyisissä ohjearvoissamme lähtökohtana olevat  $L_{Aeq}$ -tyyppiset tasot ja enimmäistasot ( $L_{AFmax}$  ja  $L_{Almax}$ ) ovat huonoja peittovaikutuksen indikaattoreita. Esimerkiksi, jos tiedetään, että hiljaiselle alueella tuulikohinan ja puiden kahinan  $L_{Aeq,07-22h}$ -taso on 40 dB(A) tai maksimitaso päivän aikana 50 dB(A), niin näiden tietojen perusteella ei voida sanoa, mikä olisi se tieliikennemelun  $L_{Aeq,07-22h}$ -taso tai  $L_{AFmax}$ -taso, joka kuuluisi alueella – tai ei kuuluisi – kyseisen päivän aikana.

Yhteenvedona tuulikohinan ja puiden kahinan vaikutuksista voidaan todeta

- ne peittävät sekä ihmisen toiminnan melua että muita luonnon ääniä,
- peittovaikutuksen tehokkuus on ajallisesti (ja alueellisesti) vaihteleva tilastollinen suure, jota joudutaan tarkastelemaan todennäköisyytenä,
- $L_{Aeq}$ -tyyppiset äänitasot, kuten myös enimmäistasot, kuten  $L_{AFmax}$  ja  $L_{Almax}$  ovat huonoja peittovaikutuksen suuruuden mittoja (indikaattoreita).

## Melumallien käytöstä tieliikennemelun laskentaan pitkillä äänen etenemismatkoilla

Nykyisin käytössä olevan ympäristömelun laskentamallit, esimerkiksi ns. pohjoismaiset mallit, on tarkoitettu ennustamaan melutasoja muutama sadan metrin päähän melulähteistä; korkeintaan 0,5...1 km etäisyyksille. Esimerkiksi tieliikennemelun pohjoismaisen mallissa on annettu tarkistusmittausten tietoja vain 200 m etäisyyteen asti (ks. kuva 8). Tarkistus- eli validointimittauksia on tehty sen verran vähän, että niiden perusteella ei voida sanoa, mitä pitkän ajan melutason pysyvyyssarvoa



malli ennustaa erilaisissa oloissa. Jäljempänä olevissa kuvissa on esitetty sekä pohjoismaisen että Hollannin tieliikennemelumallin mukainen  $L_{Aeq}$ -tason alentuminen etäisyyden funktiona. Hollannin mallin sanotaan ennustavan äänitasoja myötätuulessa.\* Mallin suurin laskentaetäisyys on 1 km.

Pohjoismainen malli oli laadittu ns. neutraalin ilmakehän malliksi, eli äänen oletettiin etenevän suoraviivaisesti lähteestä vastaanottopisteeseen. Jäljempänä esitetyissä kuvissa havaitaan Hollannin myötätuulimallin antavan noin 1 km asti suurempia arvoja kuin pohjoismainen malli. Tämä jälkeen (alueella, jolle malli ei ole tarkoitettu) Hollannin mallin ilman absorptiovaimennus alkaa alentaa äänitasoa. Pohjoismaisessa mallissa ei ilman absorptiovaimennusta oteta huomioon erillisenä terminä. Mallin pätemisalueella (max. 200...300 m) pois jättämisellä ei ole merkitystä.

Tieliikennemelumun pohjoismaisesta mallista puuttuu kokonaan metsien ja kasvillisuuden vaimennus. Yhtenä syynä metsien vaimennuksen pois jättämiseen lienee se, että ei ole olemassa luotettavia, yleispäteviä metsien ja kasvillisuuden vaimennuksen laskentamenetelmiä.

Niin sanotuissa myötätuulimalleissa kasvillisuuden vaimennuksen suhteellinen vaikutus (merkitys) on mallin oletuksista johtuen yleensä sitä pienempi, mitä pitempi on etäisyys melulähteestä vastaanottopisteeseen. Esimerkiksi teollisuusmelun pohjoismainen malli olettaa äänen kulkevan pitkin ympyrän kaarta, jonka säde on kahdeksan kertaa lähteen ja vastaanottajan välinen etäisyys. Esimerkiksi etäisyyden ollessa 5 km, ääni kulkee 2,5 km etäisyydellä lähteestä noin 80 m korkeudella. Etäisyyden ollessa 2 km, kulkukorkeus on 1 km etäisyydellä lähteestä noin 32 m eli selvästi metsän yläpuolella.

Kasvillisuuden ja metsien suurin vaikutus äänen etenemisvaimentumiseen perustuu usein siihen, että ne muuttavat tuulen nopeuden ja ilman lämpötilan pystyprofiilikenttää\*\* ja kentän turbulenttisuutta maanpinnan yläpuolella ja tätä kautta vaikuttavat etenemisvaimentumiseen.

## **Hiljaisen alueen suojaetäisyys tiestä tieliikenteen laskentamallien mukaan**

Tässä luvussa on tarkasteltu kahden tien melua. Toisen KVL on 10 000 ja toisen 1 000. Kuvissa 14 ja 15 on esitetty, miten laskettu äänitaso alenee etäisyyden myötä tiestä kahdessa esimerkkitapauksessa (KVL 10 000 ja 1 000 ajoneuvoa/vrk). Muut pääoletukset, jotka eivät käy ilmi kuvista: suora tasainen tie, maasto tasaista, tien pengerkorkeus 0,5 m, vastaanottajan korkeus 2 m maasta, maasto akustisesti pehmeää eli ääntä absorboivaa koko matkan lähteestä vastaanottopisteeseen, näkökulma 127°. Tämä kulma on Hollannin mallin lähtöoletuksena. Teoreettinen\*\*\*  $L_{Aeq}$ -tason vaimentumisero 180° ja 127° välillä on suoralla äärettömän pitkällä tiellä  $10 \lg(127/180) = -1,5 \text{ dB(A)}$  eli 127° antaa tämän verran pienemmän tason.

Yöajan liikenteen määrän on oletettu olevan 10 % KVL:stä ja päiväajan 90 %. Raskaan liikenteen osuudeksi on oletettu sekä päivällä että yöllä noin 10 %.

Tieliikennetilastoissa liikennemäärät annetaan yleensä KVL-lukuna eli koko vuoden liikenteen keskimääräisenä vuorokausiliikenteenä. Kun arvioidaan tieliikennemelumun kuuluvuutta – milloin kuuluu, milloin ei – hiljaisella alueella, on otettava huomioon se, että liikennetiheydellä on yleensä selvä kuukausittainen, viikonpäivittäinen ja päivän tunnitainen tilastollinen vaihtelu. Kuvissa on mainittu KVL-luvun lisäksi se tuntiliikenne

\* Tulokset korjataan vuosiarvoiksi vähentämällä tietty etäisyydestä riippuva dB(A)-luku. Tätä vähennystä ei ole tehty tässä selvityksessä. Hollannin vuosiarvo näyttää olevan lähempänä  $L_{A50\%}$ -tasoa, kuin  $L_{Aeq, vuosi}$ -tasoa.

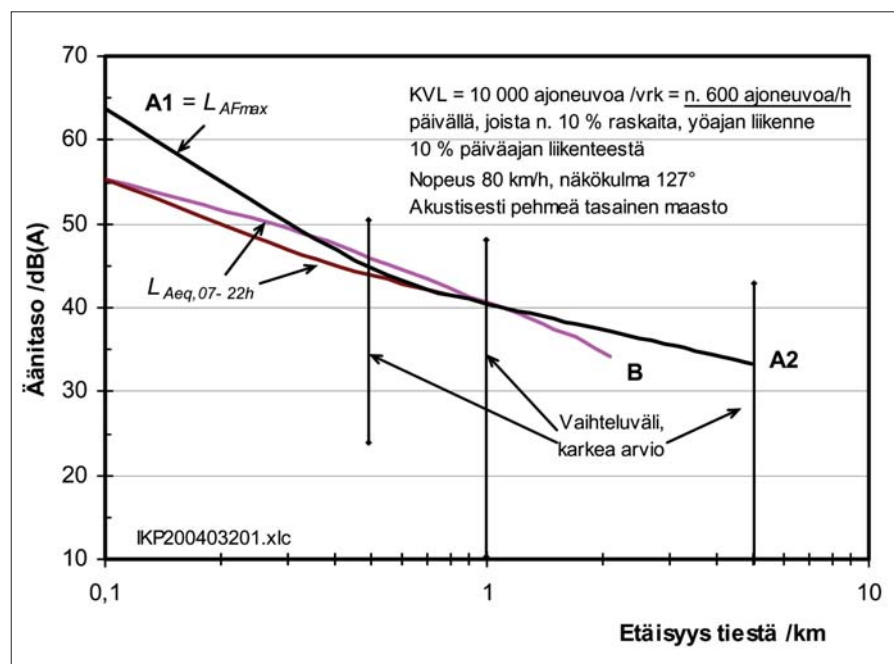
\*\* käsite kenttä tarkoittaa pystyprofiileiden alueellista ja ajallista jakautuma maanpinnan yläpuolella.

\*\*\* Melumallien kaavojen mukainen ns. näkökulmariippuvuus.

kenne, jonka  $L_{Aeq,1h}$ -taso vastaa mallin mukaan samaa lukuarvoja, kuin koko päiväjän  $L_{Aeq}$ -taso on.

Kuvissa on esitetty pohjoismaisen mallin mukainen käyrä A1)  $L_{AFmax}$ -tason, A2) pohjoismaisen mallin mukainen  $L_{Aeq}$ -tason ja B) Hollannin mallin mukainen melutason alentuminen, josta on tehty lisäarvio yli 1 km etenemismatkoille. Kuvissa on esitetty myös  $L_{Aeq}$ -tasojen odotettavissa oleva vaihtelualue kolmella etäisyydellä. Vaihtelussa ei ole otettu huomioon liikennemäärässä (ilmoitettu tuntiliikenne) tapahtuvan vaihtelun vaikutusta.

Kuvassa 14 on esitetty, miten melutaso alenee, kun KVL = 10 000 ja kaikkien ajoneuvojen nopeus 80 km/h.



Kuva 14:  $L_{AFmax}$ -tason ja  $L_{Aeq}$ -tason alentuminen tiestä mitatun etäisyyden funktiona. A1)  $L_{AFmax}$ -taso pohjoismaisen mallin mukaan, A2)  $L_{Aeq}$ -taso pohjoismaisen mallin mukaan, B)  $L_{Aeq}$ -taso Hollannin laskentamallin mukaan.

Kuvasta 14 havaitaan, että Hollannin myötätuulimalli antaa noin 1 km asti suurempia lukuarvoja kuin pohjoismaisen mallin. Esimerkiksi  $L_{Aeq} = 45$  dB(A) saavutetaan pohjoismaisen mallin mukaan noin 400 m etäisyydellä ja Hollannin mallin mukaan 600 m etäisyydellä. Enimmäistaso on  $L_{Aeq}$ -tasoa suurempi noin 500...600 m asti. Tätä etäämpänä tiestä autojen yhteinen melutaso on suurempi, kuin mallin mukainen yhden raskaan ajoneuvon ohiajon suurin taso. Asia voidaan tulkita myös niin, että tätä etäämpänä liikennemelu on (mallin mukaan) melko tasaista, yhtenäistä "kumua".

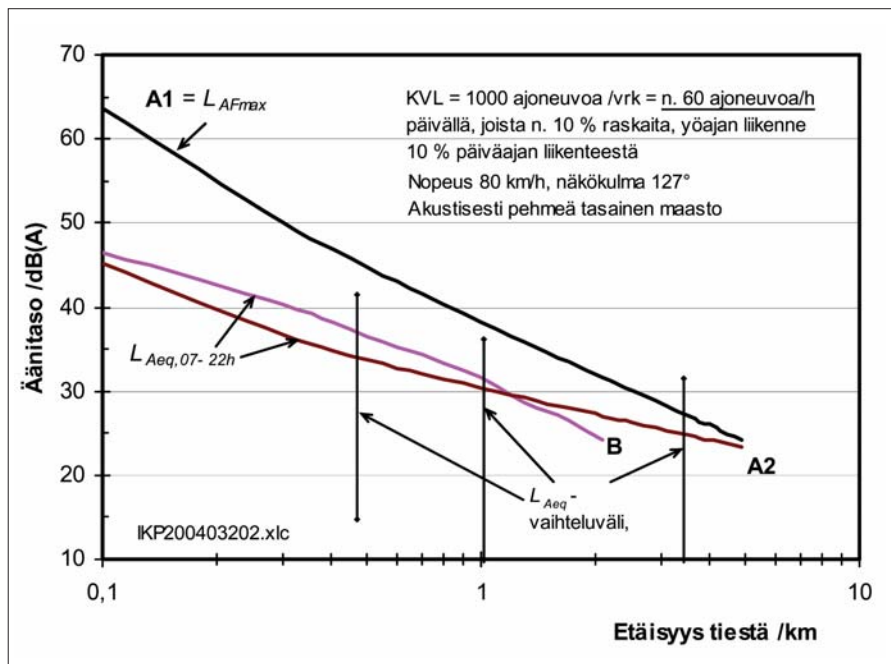
Kun mallit ennustavat 1 km etäisyydellä melutason olevan 40 dB(A), niin odotettavissa oleva, so. kulloinkin kuultavissa oleva todellinen äänen voimakkuus, vaihtelee noin 10...50 dB(A). Kuuleko vierailija kulloisenkin melun, ja kuinka voimakkaan kulloinkin kuulee, riippuu taustamelun, lähinnä tuulikohinan ja puiden kahinan, voimakkuudesta. Täysin hiljaisissa (taustamelu) oloissa, kuten tyynenä kesäiltana, hyväkuuloisen vierailija voi kuulla selvästi jopa 10...15 dB(A) tasoisia ääniä.

Mallien mukaan **KVL-luvun muutos** arvosta  $N_1$  arvoon  $N_2$ , muuttaa  $L_{Aeq}$ -tasoa  $10 \lg(N_2/N_1)$ , jos mikään muu ei muutu. Jos KVL kasvaa 10 000:sta 30 000:een, niin  $L_{Aeq}$ -tason kasvu on  $10 \lg(30\,000/10\,000) = 4,8$  dB(A) eli noin 5 dB(A). Toisin sanoen, kuvan 14  $L_{Aeq}$ -tason käyrät nou-

sevat tämän verran ylemmäksi.  $L_{AFmax}$ -taso pysyy entisenä, paitsi että matka, jolla  $L_{AFmax} = L_{Aeq}$  lyhenee eli tulee lähemmäksi tietä. Yksittäisen raskaan ajoneuvon  $L_{AFmax}$ -tason alentuminen 0,5 km:stä eteenpäin näkyy kuvassa 15.

Mainittakoon, että yksittäisen ajoneuvon  $L_{AFmax}$ -taso ylittää liikenteessä hyvin harvoin pohjoismaisessa mallissa oletettuun arvoon. Tosin, se voi joskus ylittyäkin mm. suurien ylinopeuksien ja rikkinäisten äänenvaimentimien vuoksi.

Jos vain nopeus muuttuu – ja raskaita ajoneuvoja on noin 10...20 % – niin **nopeuden muutos** 10 km/h muuttaa  $L_{Aeq}$ -tasoa 1...1,5 dB(A) ja 20 km/h noin 2...3 dB(A). Jos nopeus nousee kuvan 14 arvosta 80 km/h 100 km/h:iin (raskailla max. 90 km/h),  $L_{Aeq}$ -käyrät kohoavat noin 2 dB(A) ylöspäin ja 20 km/h nopeuden lasku pudottaa  $L_{Aeq}$ -käyriä 2...3 dB(A).



Kuva 15:  $L_{AFmax}$ -tason ja  $L_{Aeq}$ -tason alentuminen tiestä mitatun etäisyyden funktiona. A1)  $L_{AFmax}$ -taso pohjoismaisen mallin mukaan, A2)  $L_{Aeq}$ -taso pohjoismaisen mallin mukaan, B)  $L_{Aeq}$ -taso Hollannin laskentamallin mukaan.

Kuvassa 15 on esitetty kuvaa 10 vastaavat käyrät, kun KVL on 1000 ajoneuvoa/vrk, joista raskaita 10%, yöajan liikenteen ollessa 10% KVL:stä.

Kuva 15 poikkeaa oleellisesti kuvasta 10 siinä, että yksittäisten autojen ohi-ajot ( $L_{AFmax}$ -taso) ovat mallin mukaan  $L_{Aeq}$ -tasoa selvästi suurempia\* noin 1,5...2 km etäisyydelle asti. Autoja ajaa sen verran harvaksen, että niiden väliin jää taukoja. Autoja tulee keskimäärin 1 auto minuutissa. Yksisuuntaisessa liikenteessä autojen keskimääräinen välimatka olisi 1,3 km.

Kuvaan 15 pätevät melumallien kaavojen perusteella samat liikenteen ja nopeuden muutoksia koskevat arvot kuin kuvaan 14:

- **KVL-luvun muutos** arvosta  $N_1$  arvoon  $N_2$ , muuttaa  $L_{Aeq}$ -tasoa  $10 \lg(N_2/N_1)$ , jos mikään muu ei muutu. Jos KVL kasvaa 1000:sta 3000:een, niin  $L_{Aeq}$ -tason kasvu on  $10 \lg(3000/1000) = 4,8$  dB(A) eli noin 5 dB(A), ja vastaavasti, jos KVL alenee noin 300:aan,  $L_{Aeq}$ -taso alenee saman verran.  $L_{AFmax}$ -tason käyrä ei muuta paikkaansa.
- **nopeuden muutos** 10 km/h muuttaa  $L_{Aeq}$ -tasoa 1...1,5 dB(A) ja 20 km/h noin 2...3 dB(A). Jos nopeus nousee kuvan 15 arvosta 80 km/h 100 km/h:iin (raskailla max. 90 km/h),  $L_{Aeq}$ -käyrät kohoavat noin

\* Käyrien ero vähintään noin 5 dB(A).

2 dB(A) ylöspäin ja 20 km/h no-peuden lasku pudottaa  $L_{Aeq}$ -käyriä 2...3 dB(A).

Edellisissä laskelmissa maasto on oletettu kaikkialla äänen etenemiseen vaikuttavalla alueella akustisesti pehmeäksi ja tasaiseksi. Kaavoissa esitettävät hiljaiset alueet tullevat olemaan melko suuria. Suurilla maa-alueilla akustisesti kovan maanpinnan (tyypillisesti paljas kalliomaasto) osuus jäänee useimmissa tapauksissa melko pieneksi eli karkeissa tarkasteluissa, joissa etäisyydet ovat useita satoja metrejä, jopa kilometrejä, maasto voitaneen olettaa akustisesti pehmeäksi.

Hiljaisia alueita saatetaan kuitenkin perustaa saariin tai isojen järvien rannoille paikkoihin, jossa pääosa etenemismatkasta on veden yllä. Veden yllä etenemisvaimentuminen voi olla merkittävästi vähäisempää kuin kuvissa 14 ja 15.<sup>55</sup>

# Miten kauaksi tieliikennemelu kuuluu?.....

Kuvien 14 ja 15 mukaan melun voimakkuus vaihtelee eri aikoina suuresti. Laskelmien (käyrien) mukainen taso alittuu yli 0,5...1 km etäisyyksillä arviolta ainakin 60...70 % ajasta. Esimerkiksi kuvan 10 tapaus: Kuvan mukaan 35 dB(A) saatetaan saavuttaa joissakin oloissa jo 0,5 km etäisyydellä, mutta joissakin toisissa oloissa ääni saattaa kantautua tämän voimakkuisena jopa 10 km päähän. Erottuuko se vai ei, riippuu kulloisenkin taustamelun, lähinnä tuulikohinan ja puiden kahinan, voimakkuudesta. Esimerkiksi 5 km etäisyydellä melu, jonka voimakkuus on mallin mukaan 35 dB(A), saattaa olla havaittavissa noin 5...20 % vuotuisesta ajasta. Tiedostetun havaitsemisen (engl. noticeability) osuus ajasta on tätäkin pienempi.

Jos uskotaan hiljaisuuden asteen riippuvan siitä, kuinka voimakkaana kävijä/kävijät alueelle kantautuvan liikennemelun kuulevat, niin vastausta tämän luvun otsikon kysymykseen ei löydetä kuin tilastollisten vaikutustarkastelujen kautta.

Luontomatkailussa on syytä ottaa huomioon se, että matkailu lisää hiljaisten alueiden melua.

# Kuinka etäälle melu kuuluu? - Hiljaisten alueiden suojaetäisyydet

Kuten edellä esitetystä on käynyt ilmi, otsikon kysymykseen ei ole selvää yksikäsitteistä vastausta, esimerkiksi metri- tai kilometrimäärää.

Vastattaessa kysymykseen, kuinka etäällä lähteestä jokin melu on kuultavissa, on otettava huomioon kolme asiaa

- äänilähteen ääniteho (ja sen suuntaavuus) eli emissio vastaanotto-pisteen suuntaan ja tehon ajallinen ja mahdollinen spektraalinen vaihtelu,
- etenemisvaimentuminen ja sen vaihtelu ajallisesti eri taajuuksilla,
- muiden lähteiden – hiljaisista alueista puhuttaessa luonnonäänien – peittovaikutus ja sen ajallinen vaihtelu.

Vastausta joudutaan hakemaan tilastollisen perusteiden avulla. Ensiksi on sovittava tai päätettävä, kuinka monta prosenttia ajasta melu saisi olla kuultavissa. Esimerkiksi kuinka monta prosenttia ajasta melu ylittää peittokynnyksen eli on juuri ja juuri tai tätä paremmin kuultavissa.

Monet hiljaiset alueet ovat sellaisia, että niillä vierailut keskittyvät tiettyyn vuodenaikaan ja/tai vuorokauden aikaan. Joudumme kysymään, mikä paino pannaan esimerkiksi niille tilanteille (ajoille), jolloin melu olisi kuultavissa, mutta alueella ei todennäköisesti ole ketään kuulemassa? Kysymys on sikäli oleellinen, koska

- melun etenemisvaimentuminen on tilastollisesti suurimmillaan kesäaikaan päivisin ja pienemmillään talvisin pilvettöminä öinä ja päivinä,
- joidenkin melulähteiden, esimerkiksi moottorikelkkojen ja -veneidäen käyttö on vuoden ja vuorokaudenaikariippuvaista,
- on myös luonnon ääniä, kuten muuttolintujen kosinnan ja pesinnän aikaiset kutsu- ja reviiiräänet, joita esiintyy Suomessa pääasiassa keväisin ja alkukesästä.

Oletetaan, että immissiotasoa alenee monotonisesti etäisyyden kasvaessa. Vastaus kysymykseen “Kuinka etäälle lähteen ääni kuuluu?” voidaan formuloida matemaattisesti seuraaviin kysymyksiin ja ehtoihin:

1. Mikä on tilastollinen todennäköisyys, että tietyssä ympäristössä etäisyydellä  $x$  [m] melulähteestä lähteen immissiotasoa,  $L_p$  [dB(A)], ylittää taustamelun,  $L_{pt}$  [dB(A)], peittovaikutuksen? Merkitään  $L_p$ -tasoisesta melusta peittokynnyksen  $L_{pt} - \Delta L$  [dB(A)]. Ääni on kuultavissa (erotettavissa) kun  $L_p \geq L_{pt} - \Delta L$ . Tämä todennäköisyys voidaan merkitä symbolisesti  $P(L_p \geq L_{pt} - \Delta L)$ .
2. Mikä on suurin tämän todennäköisyyden hyväksyttävissä oleva arvo,  $P_{hyv}$ , kun tarkastellaan pitkää ajanjaksoa?
3. Mikä on tietyissä oloissa suurin etäisyys  $x$  [m], jolla  $P(L_p \geq L_{pt} - \Delta L) \leq P_{hyv}$ . Kun etäisyys on tätä suurempi ääni ei kuulu, mutta kuuluu tätä lyhyemmällä etäisyydellä.
4. Jos katsotaan, että ääni saa kuulua tietyllä, peittokynnyksen  $\Delta L_{py}$  [dB(A)] ylittävällä voimakkuudella, niin todennäköisyyden  $P(L_p \geq L_{pt} - \Delta L)$  sijasta käytetään todennäköisyyttä  $P(L_p \geq L_{pt} - \Delta L + \Delta L_{py})$ .

Nykyisin saatavilla olevien kaupallisten melulaskentamallien ominaisuudet ja tarkkuus sekä paikallisia sää- ja ympäristöoloja koskevien tilastomateriaalin tarkkuus ei riitä vastauksen antamiseen.

### **Karkeita arvioita tarvittavasta suojaetäisyydestä eri tietyypeillä**

Tielaitoksen vuoden 2002 tilastojen mukaan koko maan keskimääräiset KVL-luvut olivat eri tietyypeillä:

- valtatie: 5 100 ajoneuvoa/vrk
- kantatiet: 2 465 ajoneuvoa/vrk
- muut maantiet: 868 ajoneuvoa/vrk
- paikallistiet: 228 ajoneuvoa/vrk

Seuraavassa taulukossa on esitetty, millä etäisyydellä päiväajan  $L_{Aeq}$ -taso olisi tieliikenteen pohjoismaisen laskentamallin mukaan 45 dB(A) ja 35 dB(A). Etäisyydet perustuvat kuvien 14 ja 15 laskennassa käytettyihin lähtöarvoihin ja oletuksiin. Paitsi, että valtateillä nopeus on 100 km/h (raskaat ajoneuvot 90 km/h) ja muilla teillä 80 km/h.

**Taulukko 1:  $L_{Aeq, 07-22h}$  -tasoihin 45 dB(A) ja 35 dB(A) tarvittavat suojaetäisyydet tieliikennemelun pohjoismaisen mallin mukaan. Lähtöarvot ja oletukset kuten kuvissa 14 ja 15, paitsi valtateillä keveiden ajoneuvojen nopeus 100 km/h ja raskaiden 90 km/h.**

Tietyyppi ja KVL	45 dB(A)	35 dB(A)
Valtatie, 5 100 ajoneuvoa/vrk	0,4 km	3 km
Kantatiet: 2 500 ajoneuvoa/vrk	0,2 km	1 km
Muut maantiet: 900 ajoneuvoa/vrk	0,1 km	0,4 km
Paikallistiet: 250 ajoneuvoa/vrk	0,07 km	0,2 km

Vastaavat enimmäistason,  $L_{AFmax}$ , etäisyydet ovat valtatiellä 45 dB(A) 0,5 km ja 35 dB(A) 3 km. Muilla teillä etäisyydet ovat 45 dB(A) 0,5 km ja 35 dB(A) 1,5 km.

Varmuuden vuoksi korostetaan vielä kerran, että

- edellä mainittuihin melutasoihin pääsemiseksi tarvittava etäisyys vaihtelee vuoden aikana todella paljon (ja riippuu myös muun muassa maaston ja kasvillisuuden vaimennuksesta),
- taustamelu, kuten tuulikohina ja puiden kahina, peittää osan aikaa liikennemelun,
- ei tiedetä, kuinka hyvin hiljaisilla alueilla vierailevien kokema hiljaisuuden aste eli voimakkuus sekä esimerkiksi vierailun nautittavuus ovat sidoksissa taulukon melutasoihin ja niitä vastaaviin etäisyyksiin.

# Esimerkkejä hiljaisten alueiden kriteereistä ja ohjearvoista

Hyvin harvoissa maissa on ohjearvoja tai muita kriteereitä alueille, joilla ääniolojen pääkriteeri on luonnonhiljaisuus. Monissa maissa – kuten myös Euroopan Unionin komissiossa – ollaan tekemässä selvityksiä kriteereistä ja ohjearvoista.<sup>71, 72, 73</sup>

Monissa EU:n tiheästi asutetuissa jäsenmaissa on enää hyvin vähän alueita, joita voidaan katsoa taajamien meluihin verrattuna hiljaisiksi. Esimerkiksi Hollannissa lasketaan 9 % maan pinta-alasta olevan hiljais- ta.<sup>74</sup> Noin 30 % ajasta näillä alueilla voidaan selvästi erottaa (kuulla) alueen ulkopuolelta kantautuvaa melua, etupäässä lento- ja tieliikenteen melua.<sup>74</sup>

Jäljempänä on mainittu muutamien maiden kriteerit ja ohjearvot esimerkkinä siitä, kuinka erilaisia eri maiden lähestymistavat ja kriteerit voivat olla.

On todennäköistä, että komission ympäristömeludirektiivin perusteella tulevaisuudessa antamat hiljaisten taajama- ja maaseutualueiden kriteerit tulevat olemaan melko löyhiä, so. ne sallivat melko suuriakin melutasoja. Keski-Euroopan tiheästi asuista jäsenmaista ei löydy – kuten edellä esitetty Hollannin esimerkki osoittaa – melultaan kovin hiljaisia alueita.

## Irlanti

Irlannin ympäristöministeriön esittää tuoreessa selvityksessään seuraavia ihmisen toiminnan tuottamia melutasoja ja suojaetäisyyksiä maaseudun hiljaisille alueille<sup>75, 76, 77</sup>

- $L_{A,90\%}$ \* enintään 30 dB(A) mitattuna minä tahansa tuntina 07 – 19 tai 19 – 23 välillä, mittausajan ollessa vähintään 1 h,
- $L_{A,90\%}$  enintään 30 dB(A) mitattuna yöaikana klo 23 – 07 välillä, mittausajan ollessa vähintään 3 h,
- vähintään 1 km, joissakin tapauksissa vähintään 3 km, yli 1000 asukkaan taajamasta,
- vähintään 5 km, joissakin tapauksissa vähintään 10 km, yli 5000 asukkaan taajamasta,
- vähintään 10 km, joissakin tapauksissa vähintään 15 km, yli 10 000 asukkaan taajamasta,
- vähintään 1 km, joissakin tapauksissa vähintään 3 km, mistä tahansa paikallisesta teollisuuslaitoksesta (esimerkiksi viljan kuivaamo, pieni tehdas),
- vähintään 5 km, joissakin tapauksissa vähintään 10 km, suurehkosta teollisuuskeskuksesta,
- vähintään 1 km, joissakin tapauksissa vähintään 5 km, mistä tahansa kansallisesta päätiestä,
- vähintään 5 km, joissakin tapauksissa vähintään 7,5 km, mistä tahansa moottoritiestä ja kaksiajorataisesta tiestä (kuten on suositeltu EU-tutkimuksissa),

\*  $L_{A,90\%}$  on se A-painotettu melutaso, jonka hetkellinen äänitaso,  $L_{AF}$ -taso, ylittää 90 % ajasta. Tätä pidetään yleensä ns. taustamelun tasona.



- vähintään 5 km sellaisen lentokentän nousu- ja lähestymislennon lentoreitistä, jolla on enemmän kuin 10 lentoa minä tahansa vuorokauden eli 24 h aikana,
- vähintään 1 km rautatiestä, jolla on säännöllistä liikennettä eli enemmän kuin 10 aikataulun mukaista junaa minä tahansa vuorokautena.

Taustamelutasoa säädellään  $L_{A,90\%}$ -tasolla ja enimmäistasoja vähimmäisetäisyyksillä.  $L_{Aeq}$ -tyyppiset tasot riippuvat näitä molemmista.

Vähimmäisetäisyyksien lisäksi esitettiin mm. seuraavat vaatimukset, joita käytettiin Pilot-hankkeen alueiden valinnassa

- pieni asukastiheys,
- pieni maanviljelystekokkuus (etäällä intensiivisestä maataloudesta),
- hyvä pienten teiden ja polkujen verkosto, jotta alueelle olisi helppo pääsy ja melutasojen monitorointimahdollisuus.

Irlanti ei perustele kriteereitään eikä ohjearvojaan psykoakustisen tai sosiologisin (kysely)tutkimustuloksien.

## Norja

Norjan ympäristön pilaantumisen valvontavirasto (Statens forurensningstilsyn) lähetti tammikuussa 2004 lausunnon uuden ohjearvoehdotuksen.<sup>78</sup> Tässä ehdotuksessa kaikki Norjan ohjearvot on muutettu vastamaan EU:n ympäristömeludirektiivin meluindikaattoreita,  $L_{DEN,vuosi}$  ja  $L_{Aeq,yö,vuosi}$ . Ehdotuksessa on esitetty kokonaan uutena asiana ohjearvot hiljaisille alueille. Ohjearvot on esitetty taulukossa 2.

Jos melu on kapeakaistaista tai impulssimaista, ohjearvoja kiristetään 5 dB(A):lla. Näyttää siltä, että ohjearvot perustuvat vuonna 1994 julkaistuu raporttiin "Støy i friluft- og rekreasjonsområder".<sup>79</sup> Tässä raportissa ehdotettiin samoja lukuarvoja, mutta mittayksikkönä oli  $L_{Aeq,24h}$ -taso. Vuoden 1994 raportissa oli ehdotettu kansallispuistoille, vuoristoalueen luontoalueille ja kaukana taajamista oleville retkeily- ja laivaväylille: "Fremmed lyd uønsket" eli kaukaa kuuluva vieras melu ei ole toivottavaa.

**Taulukko 2: Norjan ympäristön pilaantumisen valvontaviraston tammikuussa 2004 ehdottamat hiljaisien alueiden melun ohjearvot.**

Alue	Melutason ohjearvo, $L_{DEN}$
Taajamapuistot, vapaa-ajan ulkoilualueet, veneilyalueet ja kulttuurimiljö	50 – 55 dB(A)
Retkeilyreitit, viheralueet taajamissa, puistomaiset hautausmaat	45 – 50 dB(A)
Lähiulkoilualueet, maaseudun kylien ympäristö-alueet, ulkoilualueet järvi- ja vesistöalueilla	35 – 40 dB(A)

Norjassa on tehty joitakin kyselytutkimuksia, joilla on pyritty selvittämään, miten ihmisten kokemus hiljaisuus tai hiljaisella alueella vierailun nautittavuus riippuu äänimaiseman ominaisuuksista, kuten melusta.<sup>80</sup>

## Ruotsi

Ruotsin julkaistiin vuonna 2002 useiden hallinnonalojen yhteistyönä laadittu ehdotus hiljaisten alueiden ja kulttuuriympäristöjen melujen arviointista ja ohjearvoista.<sup>81</sup> Työryhmä päätyi esittämään seuraavia lukuarvoja jatkoselvitysten pohjaksi:

- alueet, joille yhdyskuntamelu ei kuulu lainkaan: 40 dB(A) äänitaso ( $L_{Aeq}$ -taso melutapahtuman ajalta) ei saa ylittyä enempää kuin 10 minuuttia viikossa,\*
- alueet, joille yhdyskuntamelu kuuluu hyvin rajoitetusti: 40 dB(A) äänitaso ( $L_{Aeq}$ -taso melutapahtuman ajalta) ei saa ylittyä enempää kuin 5 minuuttia päivässä,\*\*
- ulkoilualueet (friluftsområden) kuntien yleiskaavoissa: 45 dB(A) äänitaso ( $L_{Aeq}$ -taso melutapahtuman ajalta) ei saa ylittyä enempää kuin 60 minuuttia päivässä,
- taajamien läheiset virkistysalueet (tätortsnära rekreationsområden): 45 dB(A) äänitaso ( $L_{Aeq}$ -taso melutapahtuman ajalta) ei saa ylittyä enempää kuin 120 minuuttia päivässä,
- puistot (parker): ekvivalentti- eli keskiäänitason pitää olla 20 dB(A) alhaisempi kuin melutaso läheisillä kaduilla, tai enintään 45 – 50 dB(A), sen mukaan kumpi on suurempi.

Raportissa on käsitelty laajasti luonnon ja (luonnon) hiljaisuuden merkitystä pohjoismaisessa elämäntavassa ja hiljaisuutta (melun puuttumista) ääniympäristön laadullisena tekijänä. *Ehdotettuja ohjearvoja ei perustella tieteelliset kriteerit täyttävillä tutkimuksilla, eikä mittauksiakaan ole tehty luokittelun toimivuuden tarkistamiseksi. Työryhmä toteaa: "I forskningslitteraturen om buller i rekreationsområden utomhus saknas tillräcklig information för att kunna dra slutsatser om kvantitativa dos-responssamband."* Raportissa kuitenkin on kovin vähän viitteitä tutkimuskirjallisuuteen.

Ruotsin luonnonhoitovirasto (Naturvårdsverket) on ehdottanut vastikään hallitukselle uusia vapaa-ajan ja hiljaisten alueiden ohjearvoja.<sup>82</sup> Arvot ovat suurin piirtein samat kuin yllä. Joitakin tarkennuksia on tehty. Esimerkiksi puistojen ja muiden taajamien virkistysalueiden ohjearvon on ehdotettu olevan voimassa vain klo 06 – 18. Ulkoilualueiden ohjearvo on alennettu 40 dB(A):han, joka olisi voimassa klo 06 – 22 h. Ohjearvot koskevat vain uusia alueita ja merkittäviä liikenneympäristön uudelleen järjestelyjä.

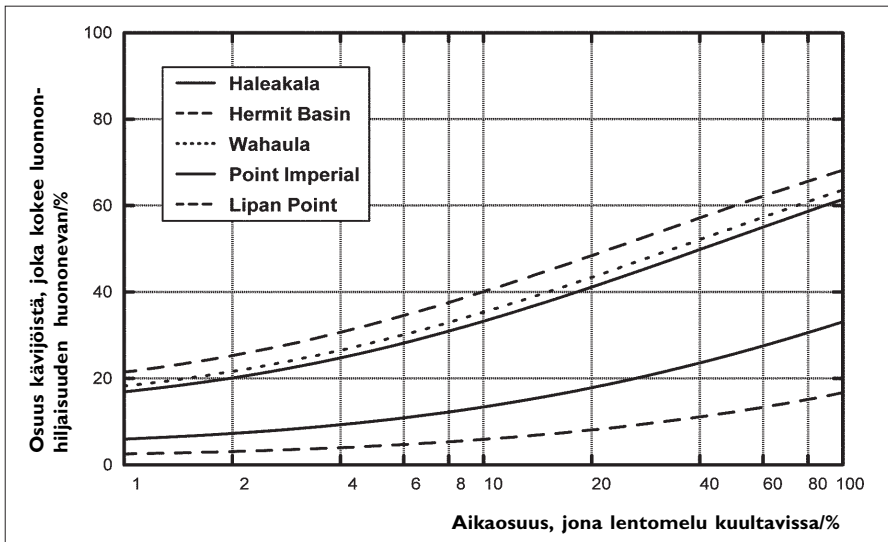
Ruotsin ohjearvojärjestelmä poikkeaa suomalaisesta mm. siinä, että yleisten ohjearvojen lisäksi ohjearvoja on annettu (yhteistyössä luonnonhoitoviraston ja ko. liikennemuodon keskushallinnon kanssa) erikseen eri liikennemuodoille.

## USA

USA:ssa on tutkittu useita vuosia sitä, miten kansallispuistoissa vierailijat kokevat melun. USA:n monien kansallispuistojen yli kulkee vilkasliikenteisiä lentoreittejä, mistä syystä on tutkittu melko paljon sitä, millaiseksi haitaksi vierailijat kokevat lentomelun. Kuvassa 16 on esitetty viidessä eri kansallispuistossa tehtyjen kyselytutkimusten tulokset. Kuva esittää lentomelun luonnonrauhaa huonontavaksi tai häiritseväksi (interfering) tekijäksi kokevien vierailijoiden osuuden riippuvuuden siitä ajasta, jonka lentomelu on kuultavissa vierailun aikana.<sup>83</sup>

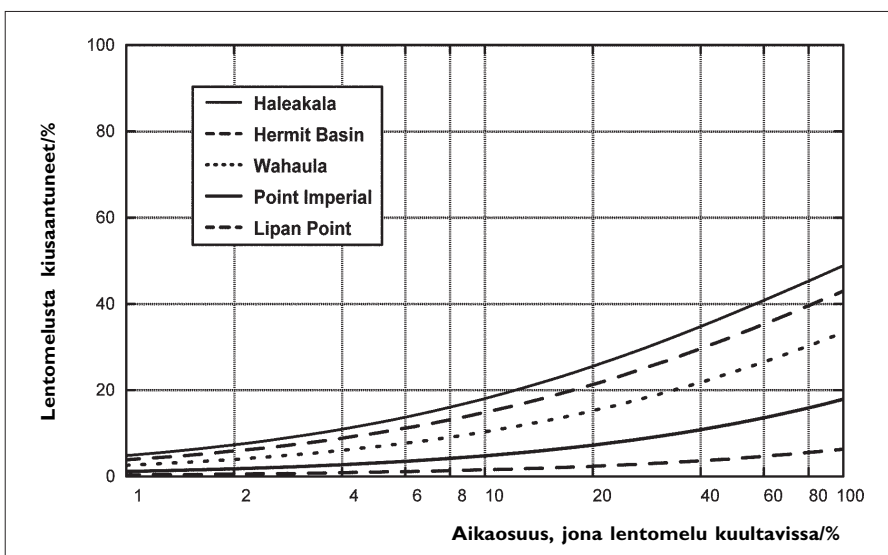
\* Työryhmä mainitsee raportissaan, että vaatimus merkitsee sitä, että etäisyys pääteihin ja -ratoihin on vähintään 4 km.

\*\* Työryhmä mainitsee raportissaan, että vaatimus merkitsee sitä, että etäisyys pääteihin ja -ratoihin on vähintään 2 km.



Kuva 16: Niiden USA:n kansallispuistoissa kävijöiden osuuden riippuvuus lentomelun kuultavissa oloajan osuudesta, jotka kokevat lentomelun huonontavan tai häiritsevän luonnon hiljaisuutta. Kyselytutkimus tehty viidessä eri kansallispuistossa.<sup>83</sup>

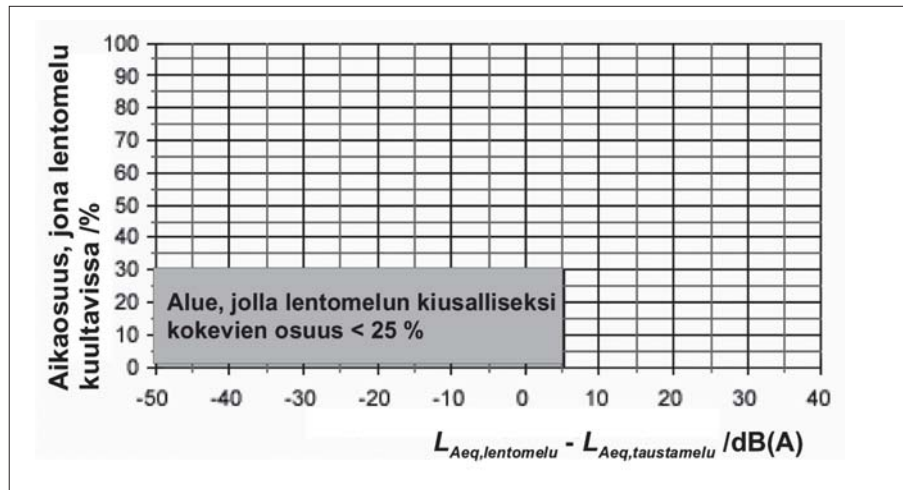
Kuvasta 16 havaitaan, että ihmiset kokevat lentomelun huonontavan luonnon hiljaisuutta eri tavoin eri puistoissa. Osin tämä johtunee puistojen välisistä (monista) eroista, osin niistä eroista, joita eri puistoissa vierailijoiden ympäristön hiljaisuudelle asettamalla odotuksilla on. Kuvassa 17 on esitetty miten lentomelun kiusalliseksi (annoying) kokevien osuus riippuu sen kuultavuusajan osuudesta.



Kuva 17: Niiden USA:n kansallispuistoissa kävijöiden osuuden riippuvuus lentomelun kuultavissa oloajan osuudesta, jotka kokevat lentomelun kiusalliseksi puistossa vierailunsa aikana. Kyselytutkimus tehty viidessä eri kansallispuistossa.<sup>83</sup>

Kuvassa 18 on esitetty ehdotus kansallispuistoissa kuuluvan, kävijöiden kiusalliseksi kokeman (lento)melun rajoittamiseksi. Vaaka-akselilla on puistoon kuuluvan melun  $L_{Aeq}$ -tason ja taustamelun  $L_{Aeq}$ -tason erotus. Tämä erotus kuvaa lentomelun erottumista ja/tai sitä, miten se peittää luonnon ääniä. Hiljaisuuden kriteerinä on se, että korkeintaan 25 % puistossa vierailevista kokisi vierailun aikana kuullun lentomelun kiusalliseksi.\* Äänimaisemassa kuuluvan lentomelun pitäisi jäädä rasteroidun alueen sisään.

\* Huomattakoon, että taajamien melun kiusallisuuden mittana on yleensä niiden ihmisten osuus, jotka kokevat melun suuresti kiusalliseksi (highly annoying, %HA). Melun kiusalliseksi kokevien osuus (%A) on tätä suurempi eli %A on paljon herkempi kielteisten kokemusten tai elinympäristön laadun mittari kuin %HA.



Kuva 18: Niiden USA:n kansallispuistoissa kävijöiden osuuden riippuvuus lentomelun kuultavissa oloajan osuudesta, jotka kokevat lentomelun kiusalliseksi puistossa vierailunsa aikana. Kyselytutkimus tehty viidessä eri kansallispuistossa.<sup>83</sup>

Kuten edellisistä esimerkeistäkin käy ilmi, USA:ssa luonnon hiljaisuuden mittana on yleisesti käytetty sitä aika-osuutta kokonaisajasta, jonka alueelle kantautuva luonnon hiljaisuutta huonontava melu on kuultavissa. Lisäksi on mm. tutkittu, miten muun melun voimakkuus verrattuna luonnon hiljaisuuden äänitasoon vaikuttaa ihmisten kokemaan kiusallisuuteen, hiljaisuuden häiriintymiseen ja vierailun nautittavuuteen.

Kansallispuistohallinto jatkaa edelleen tutkimuksiaan tavoitteena löytää mahdollisimman validit ja toimivat kriteerit ja mitat luonnonhiljaisuuden huonontumiselle ja /tai huonontumista aiheuttavalle melulle.

## Maailman terveysjärjestö, WHO

Maailma terveysjärjestön (WHO) Euroopan aluetoimisto on pitkään kehittänyt ympäristöterveyden indikaattoreita.\* Lähtökohtana on ollut yleinen ympäristöterveyden syy-seuraus-vaikutusmalli, eli niin sanottu **DPSEEA-malli\*\*** (Driving forces-Pressures-State-Exposure-Effects-Actions).<sup>84, 85, 86, 87, 88, 89, \*\*\*</sup>

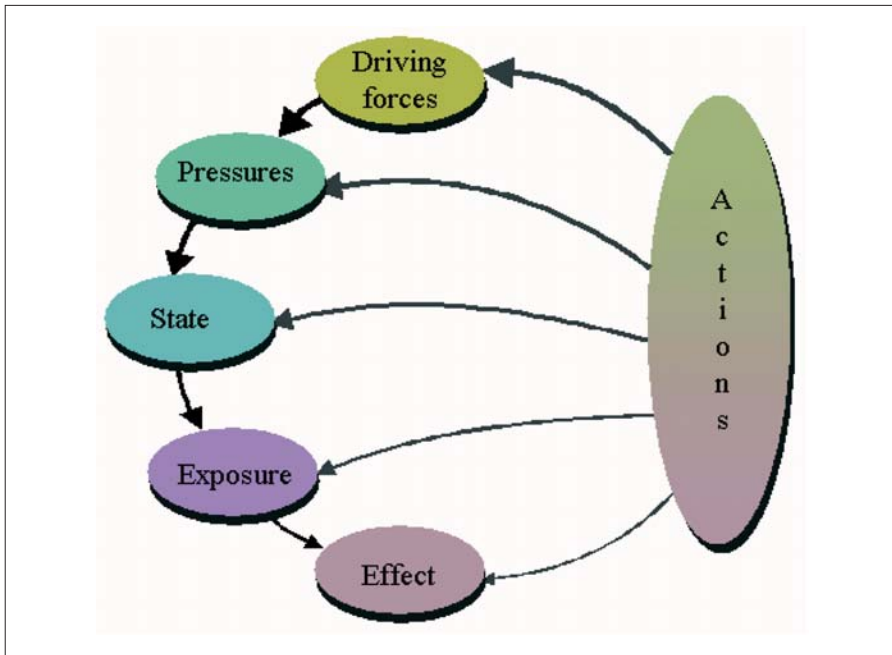
Tässä mallissa lähtökohtana ovat ”voimat” (engl. Driving forces), kuten yhteiskuntapoliittiset, taloudelliset tai teknologiset päätökset ja toimet, joiden seurauksena syntyy tai, jotka aiheuttavat (”toimeenpanevat”), ympäristöä kuormittavia paineita (Pressures), jotka puolestaan muuttavat ympäristön tilaa (State). Tila (tilasuureet) ja tilan muutokset altistavat ihmistä (Exposure). Altistuminen johtaa erilaisiin vaikutuksiin (Effect). Vaikutuksia voidaan vähentää tai suurentaa ketjun eri osiin kohdistuvien toimenpitein. Mallilla voidaan selittää muun muassa tila – tai myös vaikutus – jonka nimi on äänimaiseman hiljaisuus. Ihmisen elinympäristön äänimaisemaa ja sen vaikutuksia tarkasteltaessa voi olla vaikeaa tai tarpeetonta erottaa ketjun kahta ensimmäistä osaa toisistaan.

Ympäristön tilan (State) arvioinnissa käytetty indikaattori voi olla pelkkä *ympäristön tilan indikaattori*, jolla ei ole välttämättä suoraa eikä epäsuoraa yhteyttä henkilöiden tai kansanterveyteen tai ihmisten hyvinvointiin. Vaikutuksia ja niiden voimakkuutta tai laajuutta/levinneyttä (Effect) karakterisoidaan, kuvataan tai mitataan *ympäristöterveyden indikaattoreilla*. Edellytyksenä on altistuksen ja terveysvaikutuksen välinen (tilastollinen) riippuvuus. Edellä mainitussa DPSEEA-mallissa vaikutus (Effect) tarkoittaa nimenomaan ympäristöterveydellistä vai-

\* Indikaattori on osoitin tai ilmaisin, joka tarkoituksenaan on osoittaa tai ilmaista yhteyden yhdestä paikasta, asiasta, tilasta tai ilmiöstä toiseen. Ympäristöterveyden indikaattori ilmaisee, mittaa tai kuvaa sellaista ympäristön tilaa, ominaisuutta tai olosuhdetta, joka antaa informaatiota jostakin sellaista toisesta ominaisuudesta tai olosuhteesta, joka ei ole suoraan havaittavissa tai mitattavissa itse ympäristöstä. Esimerkiksi yöaikaista melutasoa pidetään unihäiriöiden esiintyvyyden indikaattorina (koska unihäiriöiden esiintyvyyden ja yöaikaisen melutason voimakkuuden välillä on validi tilastollinen riippuvuus). Indikaattori, so. melutaso, ei kuitenkaan kerro mitään siitä, miksi melu aiheuttaa unihäiriöitä, eikä melutaso kerro (selitä) myöskään, millainen on asukkaiden terveys missäkin ympäristössä.

\*\* lue: diipsii (englannin ääntämys kuten ”deep-sea” äännetään)  
 \*\*\* Moni muukin kansainvälinen organisaatio on osallistunut DPSEEA-mallin – tai voidaan puhua myös viitekehiksestä – kehittämiseen.

kutusta. Ihmisissä havaittavaa ympäristöterveydellistä vaikutusta ei ole, ellei ole osoittaa ketään, johon altistus kohdistuu. Tässä mielessä ääniympäristön ympäristöterveydellinen vaikutus on kuulijariippuvainen muuttuja ja riippuu vaikutuksen voimakkuuden lisäksi kuulijoiden lukumäärästä.



Kuva 19: DPSEEA-malli (Driving forces-Pressures-State-Exposure-Effects-Actions) kaaviollisesti esitettyinä.<sup>86, 84</sup>

WHO:n Euroopan aluetoimisto ja sen työryhmät ovat vuodesta 2000 alkaen<sup>85</sup> tehneet selvityksiä ja ehdotuksia ympäristön terveysvaikutusten mittaamiseen sopivista indikaattoreista. Tavoitteena on harmonisoida Euroopan maiden käyttämät ympäristöterveyden indikaattorit. Tässä yhteydessä on selvitetty ja tehty ehdotuksia myös ääniympäristön indikaattoreista. Osa selvityksistä on tehty yhteistyössä EU:n komission ympäristöosaston (DG ENV) ja sen työryhmien kanssa.<sup>95, 89, 90</sup> Myös EU:ssa on tavoitteena ympäristöterveyden arvioinnissa ja vertailuissa käytettävien indikaattoreiden harmonisointi.<sup>91, 92</sup> Hankkeeseen on sidottu myös muita tahoja.<sup>93</sup>

Ääniympäristön indikaattoreita valmistellut työryhmä on selvittänyt, miten voitaisiin arvioida taajamissa olevia hiljaisia alueita ympäristöterveydellisten vaikutusten kannalta. Työryhmä on lähtenyt siitä, että jotta hiljaisilla alueilla olisi vaikutuksia asukkaiden terveydelle (laajemmin hyvinvoinnille), niiden tulee olla korkeintaan 500 m kävelymatkan päässä asunnosta. Taajaman hiljaisen alueen ei välttämättä tarvitse olla avoin ulkoalue. Se voi olla myös esimerkiksi sisätila. Pääasia on, että se täyttää hiljaisuuden kriteerit, yleisöllä on sinne vapaa pääsy ja tilan äänimaisema tuottaa hiljaisuudellaan\* siellä vierailuille rentoutumista ja virkistystä. Esimerkkinä sisätiloista, jotka saattavat täyttää edelliset vaatimukset, mainitaan mm. museot ja kirjastot.<sup>94, 95</sup>

Taajamassa voi olla useita hiljaisuuden vaatimukset täyttäviä ääniympäristöjä. Indikaattorisuuretta laskettaessa identifioidaan erikseen kukin hiljainen alue ja tila,  $QA_i$ . Niiden määrä  $i = 0 \dots n$ . Sen jälkeen lasketaan, kuinka monta henkilöä asuu korkeintaan 500 m etäisyydellä kustakin hiljaisesta alueesta tai tilasta. Merkitään kunkin alueen/tilan vaikutuspiirissä asuvien henkilöiden määrää  $P_{QA,i}$ . Koko taajaman asukkai-

\* toisin sanoen DPSEEA-mallissa ko. ympäristön tila, State, täyttää sellaiset hiljaisuuden vaatimukset, jotka johtavat tavoitteena oleviin vaikutuksiin.

den määrä olkoon  $P_{agglom}$ . Ehdotettu taajaman hiljaisten alueiden (saavutettavuuden tai tarjonnan) terveysvaikutusten indikaattori on niiden ihmisen osuus,  $P_{QA,\%}$ , kaikista taajaman asukkaista, joilla on hiljainen alue korkeintaan 500 m kävelymatkan päässä eli

$$P_{QA,\%} = \frac{100 \cdot \sum_{i=0}^n P_{QA,i}}{P_{agglom}} \% \quad (3)$$

Samaa suuretta voidaan käyttää myös vertailtaessa eri taajamien ja maiden tilaa (State DPSEEA-mallissa) tai tilannetta.

Bonnissa joulukuussa 2003 pidetyssä asiantuntijoiden teknisessä kokouksessa suositeltiin, että tämän indikaattorin kehittämistä luovutaan.<sup>96</sup>

### **Yhdistyneet kuningaskunnat, UK**

UK:ssa on ehdotettu (rakentamattomien alueiden) hiljaisten alueille (tranquil areas) seuraavia minimietäisyyksiin perustuvia kriteereitä:<sup>97</sup>

- vähintään 4 km etäisyys suurimpiin (sähkö)voimalaitoksiin,
- vähintään 3 km etäisyys vilkasliikenteisimpiin moottoriteihin (kuten M1 ja M6), suureen kaupunkiin (esim. Leicester tai suurempi) ja/ tai suureen teollisuusalueeseen,
- vähintään 2 km etäisyys moottoriteihin ja vilkasliikenteisiin pääteihin (kuten M4 ja A1) ja pienempiin kaupunkeihin,
- vähintään 1 km keskivilkkaisiin teihin (esim. teihin, joita on vaikea ylittää ruuhka-aikoina eli karkeasti teihin, joiden KVL on 10 000 ajoneuvoa/vrk) ja vilkasliikenteisiin ratoihin,
- lisäksi riittävä etäisyys sotilasalueisiin ja lentokenttiin sekä avolouhimoihin.

Hiljaisen alueen sisällä voi olla seuraavia häiriöitä vähän lisääviä toimintoja:

- pieniä teitä,
- 400 kV ja 275 kV voimalinjoja,
- kohtuullisesti liikennöityjä rautateitä,
- alle 2 500 hengen taajama,
- tuulivoimaloita,
- kaivoksia ja mastoja.

Tiedossa ei ole, millaisiin (tieteelliset kriteerit täyttäviin) tutkimuksiin edellä mainitut kriteerit ja ohjeet perustuvat.

# Johtopäätöksiä ja suosituksia

Haettaessa vastausta kysymyksiin:

- Kuinka hiljaiseksi alueella vierailija jonkun alueen äänimaiseman kulloinkin siellä vieraillessaan kokee?
- Millaiset kriteerit ja ohjearvot pitäisi äänimaiseman hiljaisuuden arvioimiselle ja hiljaisen alueen sijoittamiselle antaa, jotta voitaisiin taata, että jokin alue koetaan riittävän hiljaiseksi?

on otettava huomioon vähintään seuraavat kolme asiaa:

- Alueelle kantautuvan melun syynä olevien äänilähteen/lähteiden ääniteho (ja sen suuntaavuus) eli lähteen/lähteiden emissio hiljaisella alueella olevan vastaanottopisteen suuntaan ja emission ajallinen ja mahdollinen spektraalinen vaihtelu lyhyen ja pitkän ajan sisällä.
- Etenemisvaimentuminen ja sen vaihtelu ajallisesti eri taajuuksilla.
- Muiden lähteiden – hiljaisista alueista puhuttaessa luonnonäänien, etenkin tuulen, ja kävijän itsensä tuottamien äänien – peittovaikutus ja sen ajallinen vaihtelu. Peittovaikutusta ja sen arvioimista olisi syytä tutkia tarkemmin.\*

Koska kaikki edellä mainitut äänimaiseman hiljaisuuteen vaikuttajat tekijät vaihtelevat ajallisesti, niille voidaan ennustaa vain tietty todennäköinen tai odotettavissa oleva arvo tai arvon vaihtelualue.

Kriteereitä asetettaessa joudumme ensin määrittämään, millä todennäköisyydellä – tai kuinka monta % ajasta esim. vuoden aikana – hiljaiselle alueelle kantautuva melu saa olla niin voimakasta, että se, muun melun ja luonnonäänien, kuten tuulikohinan, peittovaikutus huomioon otettuna, koetaan huonontavan hiljaisuutta. Lisäksi on syytä ottaa huomioon, millä todennäköisyydellä alueella on vierailijoita/kuulijoita silloin, kun voimakkuus saavuttaa tai ylittää edellisen rajan.

On todennäköistä, että mahdollisuudet saavuttaa tietyt hiljaisuuskriteerit vaihtelevat suuresti eri puolilla maata. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla suurin osa potentiaalisista hiljaisista alueista on joko lento-reittien alla tai suhteellisen lähellä niitä. Maan syrjäseuduilta puolestaan löytynee alueita, joilla 95...99 %:a ajasta ole kuultavissa kuin luonnon ja alueella vierailevan (vierailevien) itse tuottamat äänet.

Suomesta ei tietomme mukaan ole saatavissa sellaista mittauksiin perustuvaa tietoa potentiaalisten hiljaisten alueiden äänimaisemista, jonka perusteella voitaisiin edes arvioida, millaisia tutkimuksia/selvityksiä edellisiin kysymyksiin vastaaminen edellyttäisi, niin olisi syytä tehdä äänimaisemien kartoitusmittauksia muutamalla jo ennakolta erilaiseksi arvioidulla/tunnetulla potentiaalisella hiljaisella alueella. Tällaisia tutkimuksia on tehty tai on tekeillä joissakin EU:n jäsenmaissa, mm. Hollannissa ja Irlannissa.

Toinen tämän selitysten oleellinen johtopäätös tai tulos on se, että nykyisin käytössä olevien kaupallisten laskentamallien avulla ei pystytä saamaan luotettavia vastauksia edellä esitettyihin kysymyksiin, esimerkiksi siihen, millä etäisyydellä liikenneväylästä/väylistä äänimaisema

\* Koska esim. ihmispään generoiman pseudo-äänien voimakkuuden tutkimukset on tehty keinopäällä ja laboratorio-oloissa, tulokset on syytä varmentaa kenttätutkimuksin.

kulloinkin muuttuu niin hiljaiseksi, että se täyttää jotkut ennalta asetetut hiljaisuuden kriteerit (so. kuulija äänihavainnot hiljaisuudesta vastaavat näitä kriteereitä).

Nykyiset melumallit eivät ole tarkoitettu äänien kuultavuuden arviointiin edes tapauksissa, joissa äänen etenemismatka on lyhyt. Syynä on se, että ne eivät ota huomioon muiden äänien peittovaikutusta eikä pelkän A-tason perusteella pystytä arvioimaan peittovaikutusta kuin suuntaa antavasti.

Koska ihmispään generoiman pseudoäänen voimakkuuden tutkimukset on tehty keinopäällä ja laboratorio-oloissa, tulokset on syytä varmentaa kenttätutkimuksin.



## Kirjallisuusviitteet

- 1) Esimerkiksi Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/49/EY, Ympäristömelun arvioinnista ja hallinnasta, annettu 25 päivänä kesäkuuta 2002. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti, 18.7.2002. L 189/12. Direktiivi edellyttää jäsenmaiden varaavan kansalaisilleen hiljaisia alueita sekä taajamissa että niiden ulkopuolella rakentamattomilla alueilla.
- 2) Downing M, Hobbs C, Stusnick E, Measurement of the natural soundscapes in south Florida national parks, 138th ASA Meeting, Columbus, Ohio, November 3, 1999. 24 s.
- 3) Krause B, Loss of Natural Soundscapes Within the Americas, 138th ASA Meeting, Columbus, Ohio, November 3, 1999, 10 s. <http://www.wildsanctuary.com/lnswa.pdf>. Tark. 1.8.2004.
- 4) EU:n komission ympäristöosaston asiantuntijatyöryhmä WG-AEN on mm. tästä syystä ehdottanut komissiolle laajaa tutkimusta EU:n kansalaisten asenteista hiljaisiin alueisiin. Esim. Fillery M, Progress in protection quiet areas, Inter-Noise 2004 Proceedings, CD-ROM, tiedosto 120.pdf.
- 5) Miller N P, Status of the I-INCE initiative on recreational noise and progress on quantifying noise intrusions in parks, Noise-Con 2001 Proc.
- 6) Shimai S, Schick A, Hoege H, A cross-cultural study of identification and pleasantness-unpleasantness of environmental sounds, Inter-Noise 94 Proc., 839 - 844.
- 7) Yamada Y, Loudness, noisiness and annoyance of complex sounds (Comparison of Japanese with German), Inter-Noise 85 Proc., 977 -980.
- 8) Fidell S, Audibility-related means for assessing community response to noise from outdoors events, Inter-Noise 96 Proc., 2001 - 2005.
- 9) S. Kuwano, S. Namba, M. Komatsu, T. Kato and Y. Hayashi. Auditory and visual interaction in the aesthetic evaluation of environment. Empirical Studies of the Arts 19(2001), 191 - 200.
- 10) Viollon S, Lavandier C, Multidimensional assessment of the acoustic quality of urban environments, Inter-Noise 2000 Proc., 2279 - 2284.
- 11) Axelsson Ö, Berglund B, Nilsson M E, Towards green labelling of soundscapes in residential areas, Euro Noise 2003 Proc., paper ID: 415-IP/p.1. 6 s.
- 12) Bangjun Z, Di Guoqing S L, The influence of the visibility of the source on subjective annoyance to its noise, Applied Acoustics 64(2003), 1205 - 1215.
- 13) esim. <http://www.music-cog.ohio-state.edu/Huron/Publications/huron.Bregman.review.html>. tark. 15.1.2004. Netistä löytyy "Auditory stream"-haulla lisätietoa.
- 14) Truax B, Handbook for Acoustic Ecology, CR-ROM, [http://www.electrocd.com/cat.e/csr\\_cdr9901.html](http://www.electrocd.com/cat.e/csr_cdr9901.html) tarkistettu 15.2.2004.
- 15) Sneddon M *et al.*, Measurements of personal aircraft noise exposure of outdoor recreationist, J. Acoust. Soc. Am. 102(1997)5, Pt.2, 3200. Hiljaisella alueella vieraillevien mukana kantamien annosmittareiden melutaso ei korreloinut hyvin saman alueen kiinteiden äänitasomittareiden lukemien kanssa. Itse tuotettu melun voimakkuus ja peittovaikutus voi olla merkittävä.
- 16) Kirjoittajan omakohtaiset kokemukset. Käveltäessä ja hiihdettäessä hiljaisten luonnonäänien erottuminen huonontuu peiton vuoksi ja näyttää siltä, että huomion kiinnittäminen luonnonääniin vähenee, so. hiljaisten luonnonäänien havaittavuus pienenee.
- 17) Fidell S *et al.*, Effects of aircraft overflights on wilderness recreationists, J. Acoust. Soc. Am. 100(1996)5, 2909 - 2918.
- 18) Anon, Report to congress - Report on effects of aircraft overflights on the national park system, National Park Service, USA 1994.
- 19) Fidell S, Pearsons K, Bennet R, Prediction of aural detectability of noise signals, Human factors, 16(1974)4, 373 - 383.
- 20) Harrison R T *et al.*, Annoyance from aircraft overflight in wilderness, Noise-Con 90 Proc., 327 - 332.
- 21) Irwin R, Purdy S, The minimum detectable duration of auditory signals for normal and hearing impaired listeners, J. Acoust. Soc. Am. 71(1982)4, 967 - 974.

- 22) McKinley R, Weber D, Detection and recognition of repeated tones and tonal patterns, J. Acoust. Soc. Am. **95**(1994)5 Pt 1, 2642 – 2651.
- 23) Green D M, Weber D L, Duncan J E, Detection and recognition of pure tones in noise, J. Acoust. Soc. Am. **62**(1977)4, 948 – 954.
- 24) Snetton M, Pearsons K, Fidell S, Laboratory study of the noticeability and annoyance of low signal-to-noise ratio, Noise Control Eng. J., **51**(2004)5, 300 - 305.
- 25) Krog N H, Engdahl B, Aircraft noise in recreational areas: Effects on visitors experience and well-being, Noise Control Eng. J., **47**(1999)4, 147 - 149.
- 26) Krog N H, Engdahl B, Annoyance with aircraft noise in local recreational areas, contingent on changes in exposure and other context variables, J. Acoust. Soc. Am. **116**(2004)1, 323 – 333.
- 27) Stokes J B, Leese D J, Montgomery S L, Citizens get relief from recreational noise: The case in the skies from Hawaii, Noise Control Eng. J., **47**(1999)4, 142 - 146.
- 28) Miller N P, Transportation noise and recreational lands, Noise/News International, **11**(2003)1, 9 - 21.
- 29) Miller N P, The effects of aircraft overflights on visitors to U.S. national parks, Noise Control Eng. J., **47**(1999)3, 112 - 117.
- 30) Guski R, First steps towards the concept of quietness and its psychological and acoustical determinants, Inter-Noise 83 Proc., 843 - 846.
- 31) Wühler K, Perception of quiet periods in intermittent noise: The effect of different pause duration, Inter-Noise 85 Proc., 1005 - 1008.
- 32) Gessford G R, Recreational noise issues and examples for protected areas in New Zealand, Noise Control Eng. J., **47**(1999)3, 97 - 103.
- 33) Hiramatsu K, *et al.*, A rating scale experiment on loudness, noisiness and annoyance of environmental sounds, J. Sound Vibr. **127**(1988)3, 467 - 473.
- 34) Schomer P, Wagner L, On the contribution of noticeability of environmental sounds to noise annoyance, Noise Control Eng. J., **44**(1996)6, 294 - 305.
- 35) Miller N P, Effect of military aircraft overflights on recreational users of national parks, Inter-Noise 2001, 1751 - 1754.
- 36) Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/49/EY, annettu 25 päivänä kesäkuuta 2002, ympäristömelun arvioinnista ja hallinnasta. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti, L 189/12, 18.2.2002.
- 37) Definition, Identification and Preservation of Urban & Rural Quiet Areas, Final Report, Symonds Group Ltd, July 2003. 50 s. Komission ympäristöosaston asiantuntijatyöryhmän WG-AEN tilaama asiantuntijaehdotus hiljaisten alueiden arvioinnin perusteiksi.
- 38) [http://www.rug.nl/wewi/dewetenschapswinkels/natuurkunde/themas/outdoor? lang=nl](http://www.rug.nl/wewi/dewetenschapswinkels/natuurkunde/themas/outdoor?lang=nl) Tarkistettu 19.1.2004.
- 39) Larson C, Flygbullermått och krav på mätförhållanden, Bilaga 8. Kihlman T (ed.), Handlingsplan mot buller, SOU 1993:65. Göteborg 1993.
- 40) Sourdine, EU study of optimisation procedures for decreasing the impact of noise around airports, project report D4, May 31. 2000: Requirements for tools. PL 97-3043.
- 41) On syytä huomata, että ohje: "Ympäristömelun mittaaminen, Mätning av omgivningsbuller, Ohje 1/1995, Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto, Painatuskeskus Oy, ISBN 951-731-082-X" lähtee siitä, että oikea mittausuute olisi tällaisissa tapauksissa melun, mittaushavaintojen, aritmettinen keskiarvotaso eli jakautuman  $L_{Aeq,50\%}$ .
- 42) Hallberg B, Larsson C, Israelsson S, Measurements of meteorological effects on long-range sound propagation using m-sequence correlation, J. Acoust. Soc. Am. **78**(1985)3, 1038 – 1044.
- 43) Parkin P H, Scholes W E, The horizontal propagation of sound from a jet engine close to the ground, J. Sound Vibr. **1**(1964)1, 1 – 13.
- 44) Schomer P D, A statistical description of blast noise propagation, Noise Control Eng. J., **49**(2001)2, 79 - 87.
- 45) Guice R L, *et al.* Impulsive noise measurements in a forest during summer and winter conditions, Noise Control Eng. J., **46**(1998)5, 185 - 189.
- 46) Maekawa Z, Morimoto M, Measurement of the long distant propagation over sea, Inter-Noise 1979 Proc., 765 - 770.
- 47) Knishi K, Aoki M, Maekawa Z, Measurement of the long distant noise propagation over ground, Inter-Noise 1979 Proc., 761 - 764.

- 48) Konishi K, Tanioku Y, Maekawa Z, Some analyses of noise reduction by long range propagation over sea with meteorological data, Inter-Noise 1996 Proc., 611 - 614.
- 49) Tanikou Y, Konishi K, Maekawa Z, Long time continuous measurement of long range noise propagation over sea, Inter-Noise 1996 Proc., 615 - 618.
- 50) –, Ympäristömelun mittaaminen, Mätning av omgivningsbuller, Ohje 1/1995, Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto, Painatuskeskus Oy, ISBN 951-731-082-X
- 51) –, Method för immissionmätning av externt industribuller. Naturvårdsverket, Stockholm, 1984. 82 s.
- 52) Tieliikennemelun laskentamalli, Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto, Ohje 6:1993, 82 s, ISBN 951-47-3564-1. Ko. kuva on sivulla 82.
- 53) Road Traffic Noise – Nordic Prediction Method, TemaNord, Environment, 1996:525, 110 s. ISBN 92 9120 836 1. Kuva toisen osan sivulla 33. Tässä kuvassa on myös havainnot vastatuuliarvoista.
- 54) Schomer P D, A statistical description of ground-to-ground propagation, Noise Control Eng. J., 51(2003)2, 69 - 89.
- 55) Johansson K, Sound propagation around off-shore wind turbines, long-range parabolic equation calculations for baltic sea conditions. Licentiate thesis. Kungliga Tekniska Högskolan, 2003, 87 s.
- 56) Kerry G, Saunders DJ, Sills A G, The use of meteorological profiles to predict the peak sound-pressure level at distance from small explosions, J. Acoust. Soc. Am. 81(1987)4, 888 – 896. Fokusoitumisen sijasta käytetään termiä enhancement.
- 57) Kohnkin, A D, Viscosity and atmosphere turbulence effects on sonic boom characteristics, Inter-Noise 98 Proc. CD-ROM, OSP2d.
- 58) Anon, Handbook for prediction of air blast focussing, U.S. Army Ballistic Research Labs, Tech. Report 1240. 1964.
- 59) <http://www.met.uu.se/eng/forsk/noise.html> Tark. 18.1.2004.
- 60) Stege M. Winderzeugter Pseudoschall am menschlichen Kopf, Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Fakultät Elektrotechnik Institut für Technische Akustik, 26.1.1998, 76 s. Tuulen tärykalvoille generoiman äänen voimakkuuden mittaukset on tehty keinopäätä käyttäen.
- 61) Thoen J, Bruyninckx W, Impact of a super-highway on the acoustical climate of rural areas, Transport Noise 96 Proc. St. Petersburg. 161 - 164
- 62) DeCoensel B, Botteldooren D, De Muer T, 1/f Noise in Rural and Urban Soundscapes, Acta Acustica United with Acustica, 89(2003), 287 - 295.
- 63) Boersma H, F, Characterization of the natural ambient sound environment: Measurements in open agricultural grassland. J. Acoust. Soc. Am. 101(1997)6, 2104 – 2110.
- 64) Bolt R A, van den Berg G P, Natural ambient background sound near the Waddensea, <http://www.phys.rug.nl/scienceshop.physics/ambient/ambient.php3>
- 65) Fégeant O, Wind-Induced Vegetation Noise. part II: Field measurements, Acta Acustica United with Acustica, 85(1999)2, 241 - 249.
- 66) Ralph K, Hillquist RK, Windinduced noise at the human ear, Inter-Noise 80 Proc. 959 - 962.
- 67) Kristiansen U R, Pettersen O K O, Experiments on the noise heard by human beings when exposed to atmospheric winds, J. Sound Vibr. 58(1978)2, 285 - 291.
- 68) Rinne J, Koistinen J, Saltikoff E, Suomalainen sääkirja – etanasta El Niinon, Otava, Keuruu, 1999, 253 s.
- 69) Kopco N, Shinn-Gunningham B G, Spatial unmasking of nearby pure tone targets in simulated anechoic environment, J. Acoust. Soc. Am. 114(2856)5, 2856 – 2870.
- 70) Wagner K C, Factors influencing sentence intelligibility in noise, PhD dissertation, Universität Oldenburg, 13.11.2003, 131 s.
- 71) Hinton J. Update on the activities of EC Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), Inter-Noise 2004 Proc, CD-ROM tiedosto 384.pdf, 7 s.
- 72) Irmer V, Transposition of the Environmental Noise Directive 2002/49/EC in German Law, Inter-Noise 2004 Proc., CD-ROM tiedosto 775.pdf.
- 73) Berglund B, Nilsson M E, Pekala P, Towards Certification of Indoor and Outdoor Soundscapes, Inter-Noise 2004 Proc., CD-ROM tiedosto 516.pdf
- 74) van den Berg, G P, Observed prevalence of transport sounds in quiet areas, Inter-Noise 2004 Proc. CD-ROM tiedosto 213.pdf, 8 s,

- 75) Environmental quality objectives, Noise in Quiet Areas, Synthesis Report, ERTDI Report Series No 17, Environmental Protection Agency, 2003, 25 s.
- 76) [http://www.sws.ie/files/library/Environmental\\_Quality\\_Objectives\\_Noise\\_Extractive\\_2002.pdf](http://www.sws.ie/files/library/Environmental_Quality_Objectives_Noise_Extractive_2002.pdf), tarkistettu 13.1.2004
- 77) Waugh D, Identification and monitoring of quiet areas in Ireland to establish baseline data on the acoustic environment and provide environmental quality objectives and standards for noise, Inter-Noise 2004 Proc. CD-ROM tiedosto 683.pdf, 11 s.
- 78) <http://www.sft.no/nyheter/dbafile10907.html>, tarkistettu 29.4.2004.
- 79) Støy i friluft- og rekreasjonsområder. Rapport 1994:21. Statens forurensnings-tillsyn (SFT), Norge.
- 80) Fyhri A, Klæboe R, Exploring the impacts of visual aesthetics on the soundscape, Inter-Noise 99 Proc., 1261 - 1264.
- 81) Banverket, Boverket, Försvarsmakten, Luftfartsverket, Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Naturvårdsverket, Riksantikvarieämbetet, Sjöfartsverket, Stockholms Stad och Vägverket, Ljudkvalitet i natur- och kulturmiljöer - Förslag till mått, mätetal och inventeringsmetod. 2002-12-18. 66 s.
- 82) Naturvårdsverket, Riktvärden för trafikbuller i andra miljöer än för boende, vård och undervisning. Redovisning av regeringsuppdrag, Dnr 544-1916-02 Rv, 2003-08-14, 28 s.
- 83) Miller N P, The effects of aircraft overflights on visitors to U.S. national parks. 138th Meeting of the Acoustical Society of America November 3, 1999, FICAN symposium on the preservation of natural quiet, 1999, 16 s.
- 84) Corvalán C, Briggs D, Kjellstrom T, 1996 Development of environmental health indicators. Kirjassa: Linkage methods for environment and health analysis. General guidelines. (D. Briggs, C. Corvalan and M. Nurminen, eds.). Geneva: UNEP, USEPA and WHO, pp.19-53.
- 85) Anon., Environmental health indicators: development of a methodology for the WHO European region, Interim Report, 6 November 2000, 2000 European Health21 targets 10,19, EUR/00/5026344. 111 s.
- 86) [http://www.who.dk/EHindicators/Indicators/20030527\\_2](http://www.who.dk/EHindicators/Indicators/20030527_2), tarkistettu 23.5.2004.
- 87) Beaumont J, Petitjean E, Driving force, pressure and state indicators, Technical meeting on noise indicators, Brussels, April 7 th , 8 th , 9 th 2003. 36 s.
- 88) <http://www.cansee.org/documents/CANSEE%202003/Marko.pdf> tarkistettu 23.5.2004. Tämä esitelmä antaa melko hyvä yleiskuvan DPSEEA-mallin käyttöä liikenteen ympäristövaikutuksiin, joista melu on yksi.
- 89) <http://www.unece.org/trans/doc/2003/wp6/TRANS-WP6-AC3-2003-02e.pdf>, tarkistettu 23.5.2004.
- 90) [http://www.environmentandhealth.org/twgim/twge/documents/e1\\_EEA\\_and\\_E&H\\_Strategy.doc](http://www.environmentandhealth.org/twgim/twge/documents/e1_EEA_and_E&H_Strategy.doc), tarkistettu 23.5.2004.
- 91) [http://europa.eu.int/comm/health/ph\\_information/indicators/docs/ev\\_20040219\\_co2\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/health/ph_information/indicators/docs/ev_20040219_co2_en.pdf), tarkistettu 23.4.2004
- 92) [http://europa.eu.int/comm/environment/health/pdf/indicators\\_final.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/health/pdf/indicators_final.pdf), tarkistettu 24.4.2004.
- 93) <http://www.unece.org/stats/documents/ces/ac.36/2004/wp.6.e.pdf>, tarkistettu 24.4.2004.
- 94) Anon., WHO technical meeting on noise and health indicators, 07 - 09 April 2003 - Brussels, Belgium, Meeting report. World Health Organization Regional Office for Europe. 35 s.
- 95) [http://europa.eu.int/comm/health/ph\\_projects/2002/monitoring/fp\\_monitoring\\_2002\\_inter\\_01\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/health/ph_projects/2002/monitoring/fp_monitoring_2002_inter_01_en.pdf), tarkistettu 23.5.2004.
- 96) WHO technical meeting on noise and health indicators, Second meeting, Results of the testing and piloting in Member States, Bonn Germany, 18th, 19th December 2003, Summary report. World Health Organization Regional Office for Europe European Centre for Environment and Health Bonn Office, 2003, 37 s.
- 97) <http://www.cpre.org.uk/>,  
[http://www.geog.leeds.ac.uk/people/s.carver/student\\_work/student%20webpages%200001/groupk/3321.html](http://www.geog.leeds.ac.uk/people/s.carver/student_work/student%20webpages%200001/groupk/3321.html) tarkistettu 15.2.2004

# Kuvailulehti

Julkaisija	Ympäristöministeriö Alueidenkäytön osasto	Julkaisu-aika	Marraskuu 2004
Tekijä(t)	Kari Pesonen		
Julkaisun nimi	Hiljaiset alueet • Hiljaisuuteen vaikuttavat tekijät ja hiljaisuuden kriteerit		
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut			
Tiivistelmä	<p>Yhdyskuntasuunnittelussa on katsottu tarpeelliseksi säilyttää tai varata kansalaisille hiljaisia alueita eli alueita, joilla on vallitsevan piirteenä luonnon hiljaisuus ja vähäinen ihmisen tuottaman melun kuuluvuus äänimaisemassa. Selvityksessä on tarkasteltu niitä muuttujia ja kriteereitä, joiden perusteella ihminen kuulijana ja alueella virailijana muodostaa kuvan alueen äänimaiseman luonnohiljaisuudesta.</p> <p>Yksi selvityksen merkittävimmistä tuloksista on äänimaisemaan oleellisena osana kuuluvan tuulikohinan ja kasvillisuuden kahinan ylittävän suuri peittovaikutus. Tuulen ja kasvillisuuden generoimat äänet vähentävät sitä aikaa, jona hiljaiselle alueelle kantautuva ihmisen tuottamat äänet, mutta myös alueen luonnonäänet, ovat pitkällä aikavälillä, esimerkiksi vuoden aikana, kuulohavainnoin erotettavissa.</p> <p>Selvityksessä on tarkastelu myös joidenkin maiden sekä WHO:n julkaisemia hiljaisten alueiden ohjeita ja sijoituskriteereitä, kuten vähimmäisetäisyyksiä liikenneväylyistä, lentokentistä ja teollisuuslaitoksista.</p>		
Asiasanat	hiljainen alue, luonnon hiljaisuus, hiljaisuus, ympäristö melu, melu, tuulikohina, peittovaikutus		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 738		
Julkaisun teema	Alueiden käyttö		
Projektihankkeen nimi ja projektinumero			
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Ympäristöministeriö		
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot			
	ISSN	ISBN	
	1238-7312	952-11-1893-8 (nid.), 952-11-1894-6 (PDF)	
	Sivuja	Kieli	
	48	suomi	
	Luottamuksellisuus	Hinta	
	julkinen		
Julkaisun myynti/ jakaja	Edita Publishing Oy, Asiakaspalvelu, PL 800, 00043 Edita puh. 020 450 05, telefax 020 450 2380 sähköposti: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi, www-palvelin: <a href="http://www.edita.fi/netmarket">http://www.edita.fi/netmarket</a>		
Julkaisun kustantaja	Ympäristöministeriö		
Painopaikka ja -aika	Edita Prima Oy, Helsinki 2004		
Muut tiedot	Yhteyshenkilö ympäristöministeriössä: Mauri Heikkonen, puh. (09) 1603 9563		

# Presentationsblad

Utgivare	Miljöministeriet Markanvändningsavdelningen	Datum	November 2004
Författare	Kari Pesonen		
Publikationens titel	Hiljaiset alueet • Hiljaisuuteen vaikuttavat tekijät ja hiljaisuuden kriteerit (Tysta områden • Faktorer som påverkar tystnaden samt tystnadens kriterier)		
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt			
Sammandrag	<p>Man har i samhällsplaneringen bedömt det behövt att bevara eller reservera tysta områden för medborgarna dvs områden vars ljudlandskap karakteriseras av naturens stillhet och ro och där det förekommer endast sparsamt ljud som mänsklig aktivitet alstrar. I denna studie fokuseras de variabler och kriterier som utgör grund för hur människan som besökare i området formar en bild av ljudlandskapets naturstillhet.</p> <p>Ett av de viktigaste resultaten är hur vind- och lövverksbrus, som båda utgör ett naturligt element i ljudlandskapet, har en överraskande kraftig maskerande effekt. Ljud alstrade av vind och vegetation reducerar den tid under vilken ljud alstrade av mänsklig aktivitet, ävensom naturens egna ljud, kan förnimmas hörbart under en längre tidsperiod, tex på årsnivå.</p> <p>I studien har även granskats riktvärden och lokaliseringsskriterier som WHO utgivit eller som tagits i bruk i olika länder. Som exempel kan nämnas minimiavstånd från trafikleder, flygplatser och industri-anläggningar.</p>		
Nyckelord	tyst område, naturens stillhet, miljöbuller, buller, vindbrus, täcknings effekt		
Publikationsserie och nummer	Miljön i Finland 738		
Publikationens tema	Markanvändning		
Projektets namn och nummer			
Finansiär/ uppdragsgivare	Miljöministeriet		
Organisationer i projektgruppen			
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-1893-8, 952-11-1894-6 (PDF)	
	Sidantal 48	Språk finska	
	Offentlighet offentlig	Pris	
Beställningar/ distribution	Edita Publishing Ab, Kundservice, PB 800, FIN-00043 Edita, Finland tel. +358 20 451 05, telefax +358 20 450 2380 e-mail: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi, www-server: <a href="http://www.edita.fi/netmarket">http://www.edita.fi/netmarket</a>		
Förläggare	Miljöministeriet		
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Edita Prima Ab, Helsingfors 2004		
Övriga uppgifter	Kontaktperson vid miljöministeriet Mauri Heikkonen, tfn +358 9 1603 9563		

# Documentation page

Publisher	Ministry of the Environment Land Use Department	Date November 2004
Author(s)	Kari Pesonen	
Title of publication	Hiljaiset alueet • Hiljaisuuteen vaikuttavat tekijät ja hiljaisuuden kriteerit (Quiet areas: factors and criteria of quietness)	
Parts of publication/ other project publications		
Abstract	<p>An important issue in strategic land use planning is to reserve for protection naturally quiet areas where man-made noises do not intrude. This report describes and studies variables and criteria that humans – as listeners in and visitors to quiet areas – apply when they judge the degree or intensity of the perceived natural quietness of the soundscape during their visits to quiet areas.</p> <p>One of the main findings of this report is that the sound of the wind and sounds from wind-blown vegetation can reach surprisingly high levels so as to mask not only man-made noises, but also sounds of nature that enrich the natural quietness of an area. Both of these naturally occurring sounds decrease the time in the long term, for example, over a year, that nature sounds (other than these masking sounds) and man-made noises are audible.</p> <p>The last part of the report describes some national criteria and target noise levels for quiet areas, as well as criteria drafted by a WHO working group. These criteria include minimum distances from traffic routes, airports and industrial plants.</p>	
Keywords	Quiet areas, nature sounds, environmental noise, man-made noise, noise, wind-induced noise, auditory masking	
Publication series and number	The Finnish Environment 738	
Theme of publication	Land Use	
Project name and number, if any		
Financier/ commissioner	Ministry of the Environment	
Project organization		
	ISSN	ISBN
	1238-7312	952-11-1893-8, 952-11-1894-6 (PDF)
	No. of pages	Language
	48	Finnish
	Restrictions	Price
	for public use	
For sale at/ distributor	Edita Publishing Ltd, Box 800, FIN-00043 Edita, Finland tel. +358 20 451 05, telefax +358 20 450 2380 e-mail: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi, www-server: <a href="http://www.edita.fi/netmarket">http://www.edita.fi/netmarket</a>	
Financier of publication	Ministry of the Environment	
Printing place and year	Edita Prima Ltd. Helsinki 2004	
Other information	Contact at the Ministry of the Environment: Mauri Heikkonen, phone +358 9 1603 9563	

