

Ylä-Vieksin kyläyhdistys ry

Asiantuntijalausunto, koskien

**Vuosangan ampuma- ja harjoitusalueen
ympäristömelun arvioinnissa käytettyjä perusteita
(ohjearvoja) ja ympäristömeluselvitystä**



Kari Pesonen, dipl.ins.

Yhteystiedot:
Insinööritoimisto Kari Pesonen Oy
Kristianink. 11-13 B 23
00170 Helsinki

puh. 09-1355 350
0400 - 423 728

sähköposti:
kari.pesonen@welho.com

JOHDANTO

Ylä-Vieksin kyläyhdistys ry on pyytänyt allekirjoittaneelta asiantuntijalausuntoa Vuosangan ampuma- ja harjoitusalueen toiminnan aiheuttaman melun haitallisuuden arviointiin käytetyistä ohjearvoista ja meluselvityksestä, joiden perusteella Kainuun ympäristökeskus oli päätenyt (pääten 4.4.2008, KAI-2006-Y-209) siihen, että puolustusvoimain ampuma- ja harjoitustoiminnan melu ei aiheuta sellaista ympäristönsuojelulain 28 §:n 2 momentin 3)-kohdan kohtuutonta räsitusä, jonka perusteella ympäristölupa olisi tarpeen. Samalla päivämäärällä ympäristökeskus on päätenyt siihen, että ympäristövaikutusten arviointikaan ei ole tarpeen.

Kuten Kainuun ympäristökeskuksen Pohjois-Suomen sotilasläänin esikunnalle osoittamassa päätöksessä (4.4.2008, KAI-2006-Y-209) todetaan (s. 3/5), Suomessa ei ole toimivaltaisen viranomaisen (valtioneuvosto) ympäristönsuojelulain¹ (86/2000) nojalla asettamia ohjearvoja raskaiden aseiden ja räjäytysten meluille. Jostakin syystä ympäristökeskus vetoaa perustellessaan päätöstään melun haitattomuudesta puolustusvoimain itse omalle ampumatoiminnalleen asettamiin ohjearvoihin. Nämä ohjearvot sallivat huomattavasti voimakkaamman melun, kuin valtioneuvoston päätöksen (VnP 53/1997) ohjearvot sallivat siviiliampumaratojen tuottaa asuntoalueilla ($L_{A_{max}}$ enintään 65 dB) ja loma-asuntoalueilla ($L_{A_{max}}$ enintään 60 dB).²

Ylä-Vieksin kyläyhdistys ry:n kautta saamistani asiakirjoista³ saa sen käsityksen, että Kainuun ympäristökeskuksella ei ole ollut käytettävissään arvioita Vuosangan ampumamelun $L_{A_{max}}$ -tasoista, sillä asiakirjoissa ei ole arvioita/mainintoja laukausten eikä räjäytysten $L_{A_{max}}$ -tasoista. Kun meillä on valtioneuvoston harkintaan perustuvat ohjearvot vain ampumamelun $L_{A_{max}}$ -tasolle, olisi käsitykseni mukaan päätöksen perusteluissa tullut ottaa huomioon nämä ohjearvot, tai ainakin perustella, miksi niitä ei voida käyttää kyseisessä tapauksessa.

Yleisesti tiedetään, että laukausten ja räjäytysten $L_{A_{max}}$ -tasot ovat suurempia kuin niiden L_{AE} -tasot. Tyypillisesi raskaiden aseiden suupamausten, ammusten räjähdysäänien ja räjäytysten L_{AE} -taso on 5 – 10 km etäisyyksillä melulähteestä noin 20 dB L_{CE} -tasoa alhaisempi (ks. kuva 1). $L_{A_{max}}$ -taso puolestaan on 5 – 15 dB L_{AE} -tasoa suurempi. Näistä yhteyksistä saadaan, että $L_{A_{max}}$ -taso on 5 – 15 dB L_{CE} -tasoa alhaisempi. Tällöin Vuosangan ympäristömeluselvityksen yksittäisten melutapahtumien melualuekarttojen

¹ eikä sellaisia aikaisempien säädösten perusteella asetettuja arvoja, jotka olisivat siirtymäsäädösten perusteella edelleen voimassa, kuten ovat VnP 53/1997 ohjearvot siviiliampumaratojen melun haitallisuutta arvioitaessa.

² Huomattakoon, että VnP 53/1997 ohjearvoista päätettäessä on nähtävästi oletettu, että ampumarataa tai ampuma-alueita ei käytetä öisin.

³ 1) Kainuun ympäristökeskuksen 4.4.2008 päivätty kyläyhdistykselle osoitettu päätös KAI-2006-209 valitusosoituksineen, 2) Kainuun ympäristökeskuksen 4.4.2008 päivätty saman numeroinen Pohjois-Suomen sotilasläänin esikunnalle soitettu 5-sivuinen päätös ja 3) Insinööritoimisto Akukon Oy:n 20.3.2008 päivätty Vuosangan ampuma- ja harjoitusalue, Ympäristömeluselvitys 073069-1.1.

melualueiden uloin laita (uloimman vihreän alueen ulkolaita), $L_{CE} = 90$ dB, vastaisi 75 – 85 dB L_{Amax} -tasoa. Tämä taso on 10 – 20 dB suurempi kuin valtioneuvoston ohjearvo asumiseen käytetyille alueille ja 15 – 25 dB suurempi, kuin ohjearvo loma-asumiseen käytetyille alueille.

PUOLUSTUSVOIMAIN AMPUMAMELUN OHJEARVOISTA

Se että Akukonin meluselvityksessä yksittäislaukausten haitallisuuden arviointiperusteeksi esitetty äänialtistustaso $L_{CE} = 90$ dB ylittää 10 – 25 dB VnP 53/1997 ampumamelun ohjearvot antaa aiheen tarkastella Kainuun ympäristökeskuksen päätöksen perusteena olleita puolustusvoimien itselleen asettamia ampumatoiminnan melun ohjearvoja.

Puolustusvoimat on esittänyt, että heidän raskasaseiden (kaliiperi yli 12,7 mm) ampumatoimintansa meluja arvioitaisiin käyttäen seuraavia ohjearvoja⁴

1. Raskaiden aseiden ja räjähteiden aiheuttama yhden tapahtuman ympäristömelu ei saa ylittää asuntojen piha-alueilla C-taajuuspainotettua huipputasoa 115 dB ja C-taajuuspainotettua äänialtistustasoa (L_{CE}) 100 dB.
2. Päiväajan keskiäänitaso ($L_{Aeq, 07-22}$) ei saa ylittää 55 dB. Keskiäänitasoa laskettaessa käytetään kaikille aseille ja räjähteille impulssimaisuuskorjausta 9 dB ellei esitetä tarkempaa korjausarvoa.

Yleisesti on hyväksytty, että kuulijat kokevat impulssimaiset äänet haitallisemmiksi kuin esimerkiksi samalla voimakkuudella esitetyn liikennemelun, kuten yksittäisten autojen tai junien ohiajomelun. Aseiden ja räjäytysten äänet koostuvat yksittäisistä melutapahtumista. Tällaisen melutapahtuman äänen voimakkuus voidaan ilmaista (mitata, laskea) hyvin montaa indikaattoria eli tunnuslukua käyttäen. Esimerkkeinä mainittakoon L_{CE} (äänialtistustaso taajuuspainotusta C käyttäen), L_{AE} (äänialtistustaso taajuuspainotusta A käyttäen), L_{Amax} (enimmäistaso taajuuspainotusta A- ja aikapainotusta Impulssi käyttäen) ja L_{AFmax} (enimmäistaso taajuuspainotusta A- ja aikapainotusta Fast käyttäen).

Jotta saataisiin melun vaikutuksia paremmin kuvaava tunnusluku, mittaus-tuloksiin lisätään jokin korjaus.⁵ Korjauksen suuruus riippuu melun ominaisuuksista ja tunnusluvusta (johon korjaus tehdään) sekä siitä meluvaikutuksesta, jota tunnusluvun halutaan indikoivan (kuvaavan). Esimerkiksi raskasaseiden ja räjäytysten C-taajuuspainotuksen käyttöön perustuvissa ohjearvoissa korjaukset ovat pienempiä (usein ei korjausta lainkaan) kuin A-taajuuspainotukseen perustuvissa.

⁴ Puolustusvoimien ampumatoiminta maankäytön suunnittelussa ja ympäristölupamenettelyssä, Ampumaratatyöryhmän mietintö, Ympäristöministeriö, Suomen ympäristö 38/2006, Osa 1, 46 s.

<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=199512&lan=fi> . ks. s. 39.

⁵ Toinen korjauksen tarkoitus on tuottaa tunnusluku, joka mittaisi tai kuvaisi ko. melua yhtäläisin perustein muiden ympäristömelujen kanssa.

Tarkastelen ensin yhden tapahtuman ohjearvoa $L_{CE} \leq 100$ dB ja siihen sisältyvää haitallisuuskorjausta. Jos kyseessä oleva melutapahtuma mitattaisiin tai laskettaisiin L_{AE} -tasona, olisi haitallisuutta kuvaava korjattu tunnusluku (engl. rating level)

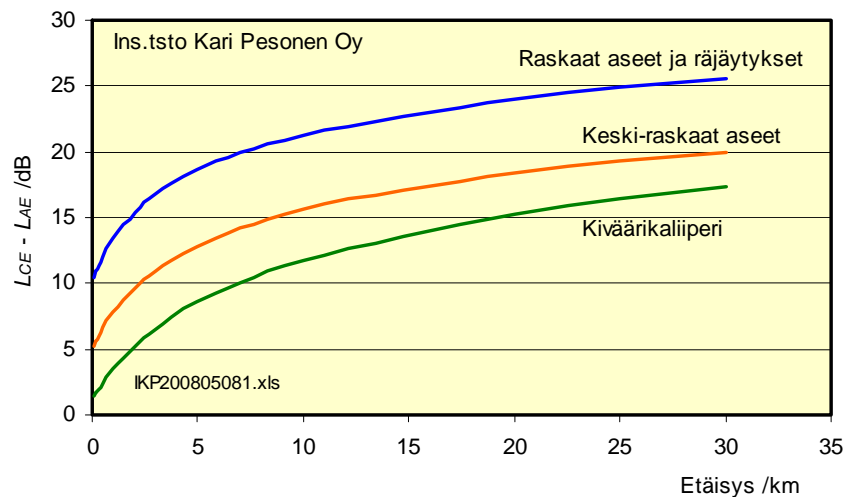
$$L_r = L_{AE} + \Delta L. \quad (1)$$

Puolustusvoimain yksittäisen melutapahtuman ohjearvo on määritetty siten, että haitallisuutta kuvaava tunnusluku on L_{CE} -taso ilman korjauksia. Haitallisuutta kuvaavan tunnusluvun L_r , L_{CE} - ja L_{AE} -tasojen välillä on tällöin yhteys:

$$L_r = L_{CE} = L_{AE} + \Delta L. \quad (2)$$

Tämä tarkoittaa sitä, että A-painotettuun tasoon lisättävä haitallisuuskorjaus $\Delta L = L_{CE} - L_{AE}$ eli korjaus on tasojen L_{CE} ja L_{AE} erotus. Tämä korjaus sisältyy automaattisesti niiden maiden⁶ ohjearvoihin, jotka käyttävät C-painotettua keskiäänitasoa (esim. L_{CDN} , L_{CDEN} , $L_{Ceq, 07-22h}$) raskaiden aseiden ja räjäytysten melun arviointiin. Koska impulssimaisuus on merkittävin peruste kaavoissa (1) ja (2) mainitulle korjaukselle ΔL , sitä voidaan kutsua – ja kutsutaan usein – impulssi- tai impulssimaisuuskorjaukseksi. Impulssimaisuus ei kuitenkaan ole ainoa korjausperuste. Myös raskasaseiden ja räjäytysten melun voimakas pienitaajuinen ääniosuus (verrattuna esim. liikennemeluun) on A-painotettujen tasojen korjausten perusteena. Muita syitä eri vaikutusten arvioinnissa tarvittaviin korjauksiin voi arvioida kuvan 4 perusteella.

Edellä mainittu korjaus ΔL riippuu eniten melulähteen ominaisuuksista ja etäisyydestä melulähteeseen. Kuvassa 1 on esitetty, miten $\Delta L = L_{CE} - L_{AE}$, riippuu tyypillisesti etäisyydestä melulähteeseen eri aseilla ja räjäytyksillä.



Kuva 1: Tyypillinen yksittäisen melutapahtuman L_{CE} - ja L_{AE} -tason erotuksen riippuvuus etäisyydestä eri aseilla.⁷

⁶ Esimerkiksi USA:n armeijan ja Tanskan ympäristöviraston ohjearvot raskasaseille ja räjäytysmeluille.

⁷ Esim. Hirsch K W, Prediction of the difference between CSEL and ASEL of blast sounds for purposes of predicting annoyance, International Congress on Acoustics, Seattle, 1998 Proceedings.

Esimerkiksi 5 – 10 km etäisyydellä raskaasta aseesta tai räjähteestä puolustusvoimain yksittäisen melutapahtuman ohjearvon mukainen haitallisuuskorjaus (impulssikorjaus) $\Delta L = L_{CE} - L_{AE} \approx 20$ dB.

Tarkastellaan seuraavaksi puolustusvoimain päiväajan melun keskiäänitason eli $L_{Aeq, 07-22h}$ -tason ohjearvoa ja siihen tehtäväksi esitettyä impulssikorjausta. Ohjearvon mukaan koko toiminnan eli useiden melutapahtumien (laukausten, räjäytysten) yhteensä tuottaman melun $L_{Aeq, 07-22h}$ -taso ei saa ylittää 55 dB, kun käytetään 9 dB impulssikorjausta (ellei esitetä tarkempaa arvoa). Oletetaan yksinkertaistuksen vuoksi, että kaikkien N kappaleen melutapahtuman L_{CE} -taso – ja samalla myös L_{AE} -taso – on sama. Tällöin haitallisuuden arviointiin käytettävä keskiäänitaso (kun mahdollista muuta toiminnan melua ja taustamelua ei oteta huomioon)

$$L_{r, Aeq 07-22h} = L_{AE} + \Delta L + 10 \lg N - 10 \lg \frac{T}{t_0}, \quad (3)$$

jossa T on päivän eli klo 07 – 22 h välisen ajan pituus sekunteina [$15 \cdot 60 \cdot 60 = 54000$ s, jolloin $10 \lg(54000) = 47,3$ dB] ja vertailuaika $t_0 = 1$ s.

Puolustusvoimain ehdottama 9 dB arvo erotukselle $\Delta L = L_{CE} - L_{AE}$ tarkoittaa sitä, että usean samantasoisien päivän aikana esiintyvän melutapahtuman, esimerkiksi usean tykin yhteislaukauksen, haitallisuus arvioidaan pienemmäksi kuin yhden tapahtuman (laukauksen). Jos käytetään korjausarvoa 9 dB arvon 20 dB asemasta, niin kaavan (3) mukaan 13 melutapahtumaa ($10^{(20-9)/10} = 12,6$) – esimerkiksi 13 tykin yhteislaukauksen suupamaukset – vastaisikin koko päivän melua arvioitaessa vaikutuksiltaan samaa kuin yksi erillinen melutapahtuma arvioitaessa kutakin niistä erikseen. Esimerkiksi ampumaratatyöryhmän mietinnöstä⁸ ei löydy selitystä sille, millä perusteella on päädytty siihen, että etäällä melulähteestä ampumamelun haitallisuus ensiksi alentuu melutapahtumien määrän kasvaessa yhtä suuremmaksi ja saavuttaa noin 13 melutapahtumalla saman haitallisuuden kuin on asetettu haitallisuuden indikaattorin valintaperusteeksi yhdelle melutapahtumalle.

Jos Vuosangan ampuma- ja harjoitusalueen harjoituspäivien $L_{Aeq, 07-22h}$ -tasoa korjataan samalla haitallisuuskorjauksella kuin puolustusvoimat katsoo aiheelliseksi yhden laukauksen vaikutusten arvioinnissa, niin Akukonin meluselvityksen liitteenä olevien karttojen D1, D2, D5 ja E2 lukuarvoihin on lisättävä uloimmilla melualueilla noin 20 dB haitallisuuskorjaus. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että $L_{Aeq, 07-22h} = 35 - 40$ dB melualueella haitallisuuden arviointiin tulisi käyttää lukuarvoa 55 – 60 dB(A). Kartoissa D3 ja D4 etäisyydet uloimpien melualueiden rajoille ovat lyhyempiä, mistä syystä haitallisuuskorjaus $\Delta L = L_{CE} - L_{AE}$ on (kartan 90 dB rajalla) pienempi kuin 20 dB. Toinen huomioon otettava asia on karttojen tarkkuus tai oikeellisuus. Tähän palaan myöhemmin.

⁸ Puolustusvoimien ampumatoiminta maankäytön suunnittelussa ja ympäristölupamenettelyssä, Ampumaratatyöryhmän mietintö, Ympäristöministeriö, Suomen ympäristö 38/2006, Osa 1, 46 s.
<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=199512&lan=fi>.

Taustaksi 20 dB impulssimaisuuskorjaukselle mainitsen seuraavaa: ISO 1996-1-standardin vuoden 2003 versiota valmisteltaessa raskaiden aseiden ja räjäytysten (high energy impulsive sounds) L_{AE} -tasoon tehtäväksi impulssimaisuuskorjaukseksi oli pitkään ehdolla 20 dB suuruinen korjaus. Tätä 20 dB korjausta ajoi mm. US-Army:n edustaja, standardia uudistaneen työryhmän kokoonkutsuja, Paul Schomer. Sittemmin tämä suurienergiaisten impulssiäänien korjausasia siirrettiin standardin liitteeseen.

USA:n armeijan melunarviointiohjeissa⁹ mainitaan sama yksittäisen melutapahtuman huipputaso $(L_{Cpeak} \leq 115 \text{ dB})$ kuin Suomen puolustusvoimat on esittänyt oman toimintansa melun säätelyyn. Tämä arvo perustuu meluvalitusten todennäköisyyteen, ei varsinaisiin meluvaikutuksiin, kuten kyselytutkimuksin mitattuun kiusallisuuteen (engl. annoyance), joka on esimerkiksi EU:n ympäristömeludirektiivissä päiväaikaisen melun päävaikutus. US-Army:n ohjeissa todetaan, että jos taso ei ylitä 115 dB, niin meluvalitusten todennäköisyys on pieni. Olen käsitellyt valituksia meluvaikutusten indikaattorina Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskukselle tekemässäni selvityksessä ”Ympäristömelun haittojen arvioinnin perusteita” (ks. luku Valitukset meluhaittojen indikaattorina ja kriteerinä).¹⁰ Kun on kyse ampumamelusta, niin altistetut (asukkaat) valittavat melutapahtumista, ei keskimääräisestä melusta. Osa meluvaikutuksista (ks. kuva 4) riippuu melutapahtumien melun voimakkuuden lisäksi muun muassa tapahtumien määrästä ja toistuvuudesta.

Yhteenvetona totean, että jos $L_{Aeq, 07-22h}$ -tason arviointiin käytetään samaa 20 dB impulssikorjausta, jonka puolustusvoimat katsoo perustelluksi yksittäisille melutapahtumille, niin $L_{Aeq, 07-22h}$ -tason karttoihin on lisäävä 20 dB. Jos vaikutuksena on melun kyselytutkimuksin mitattu kiusallisuus, niin nykyisten käsitysten mukaan raskasaseiden ja räjäytysten A-tasoina mitattuihin melutasoihin tehtävä impulssikorjaus on 15 – 20 dB luokkaa. Tämä nostaa Akukonin $L_{Aeq, 07-22h}$ -melualuekarttojen melutasoarvoja 15 – 20 dB. Näin korjatut arvot ylittävät selvästi ne kriteerit, joihin Kainuun ympäristökeskus näyttää perustaneen päätöksensä melun haitattomuudesta ja ympäristöluvan tarpeettomuudesta.

VUOSANGAN AMPUMA- JA HARJOITUSALUEEN MELUN YMPÄRISTÖMELUSELVITYS

Tarkastelen lyhyesti joitakin Vuosangan ympäristömeluselvityksen kohtia ja seikkoja, jotka olisi ollut syytä ottaa huomioon arvioitaessa selvityksen antamaa kuvaa ampumatoiminnan melusta ja sen haitallisuudesta.

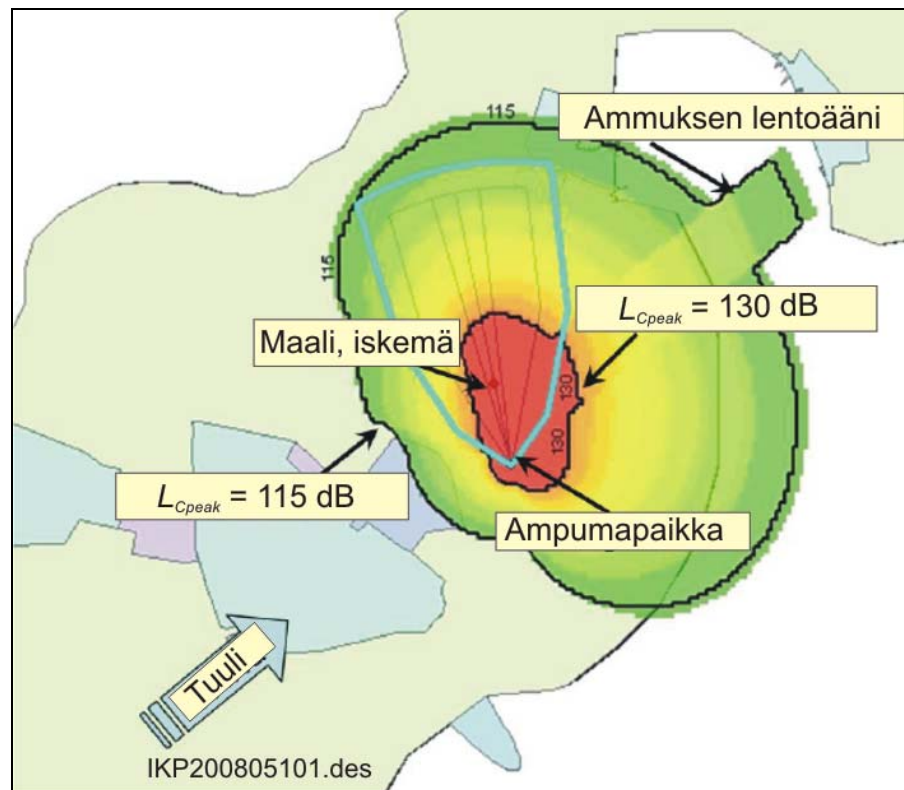
⁹ Esimerkiksi: Environmental Noise Management. An Orientation Handbook for Army Facilities May 2001. U.S. Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine. 83 s.

¹⁰ Pesonen K, Ympäristömelun haittojen arvioinnin perusteita, Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus, Selvityksiä 2005:14, 174 s.
<http://www.stm.fi/Resource.phx/publishing/store/2005/11/pr1131096014245/passthru.pdf>

RÄJÄYTYS- JA RASKASASEIDEN LAUKAUSÄÄNTEN ETENEMISVAIMENTUMISEN RIIPPUVUUS SÄÄ- JA YMPÄRISTÖOLOISTA

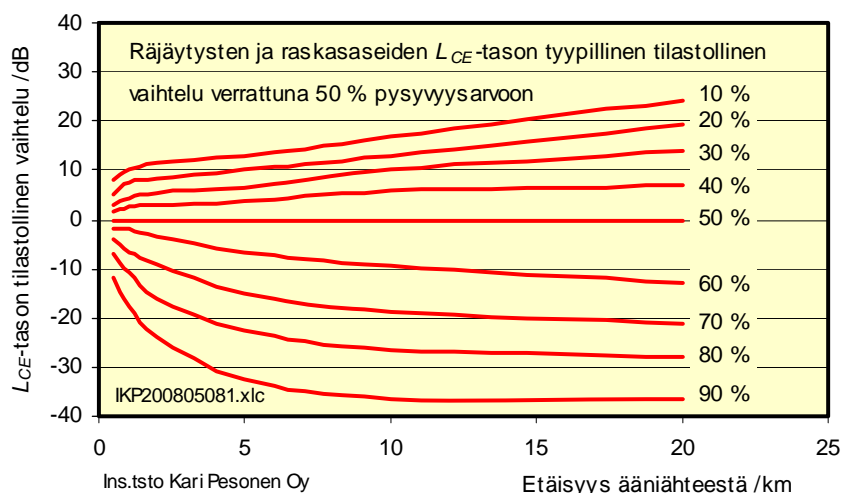
Koska Akukonin meluselityksessä ei ole kerrottu, miten melutasot tyypillisesti vaihtelevat raskasaseiden ampuma- ja harjoitusalueiden ympäristössä sää- ja ympäristöolojen vaihtelun vuoksi, katson aiheelliseksi esittää lyhyesti tietoja vaihtelusta ja samalla esitän joitakin asioita, jotka kyseenalaistavat teollisuusmelumallin käytön raskasaseiden ja räjäytysten ympäristömelun arviointiin.

Aseiden ja räjäytysten aiheuttama impulssiääni on lyhyt ajallinen ilmiö tai ”häiriö”, joka etenee äänen nopeudella ilmassa. Etenemismatkat häiritseviin ovat usein pitkiä, kilometreistä kymmeniin kilometreihin. Pitkästä etenemismatkasta johtuen kulloisetkin sää- ja ympäristöolot vaikuttavat äänen etenemisvaimentumiseen. Kuvassa 2 on esimerkki 105 mm kanuunan yhden laukauksen melualueista (laskettu eräällä muutama vuosi sitten julkistetulla raskaiden aseiden ympäristömelun laskentaohjelmalla).



Kuva 2: Esimerkki raskasaseiden ympäristömelun laskennasta, jossa on otettu huomioon (mallin algoritmien mukaisesti) suupamaus, ammuksen iskemän räjähdysääni sekä ammuksen lentoääni ja myös tuulen (2 m/s 10 m korkeudessa) vaikutus äänen etenemisvaimentumiseen (muut lähtöoletukset: tyypillinen aurinkoinen kesäpäivä keskellä päivää, avoin tasainen ruohoa kasvava maa-alue). Ammuksen lentoääni on peräisin koko siltä matkalta, jonka ammus lentää (yliääninopeudella). Jos matka on 10 km, niin kuvassa oikeassa yläkulmassa olevan ”hän-täulokkeen” ammuksen lentosuuntainen pituus on 10 km (yllä ampu-ma- ja lentomatka on lyhyempi).

Kuvasta 2 havaitaan, että tuuli vaikuttaa merkittävästi melualueiden muotoon ja kokoon. Tyynessä säässä melualueet olisivat melko symmetrisiä ammuksen lentoradan suhteen. Kuvassa 3 on esitetty miten sääolojen vaihtelu vaikuttaa tyypillisesti raskasaseiden ja räjäytysten L_{CE} -tasojen vaihteluun pitkän ajan, esimerkiksi vuoden, sisällä. Vaihtelua on verrattu 50 %-pysyvyysarvoon, eli arvoon, jonka suuruisia tai suurempia puolet melutasoista on (ja vastaavasti puolet tämä suuruisia tai alhaisempia) eri etäisyyksillä. 10 % ilmoittaa melutason, jonka suuruisia tai suurempia 10 % pitkän ajan havaintoarvoista on. Huomataan, että esimerkiksi 10 km etäisyydellä melulähteestä (saman melulähteen) L_{CE} -taso ($L_{CE,10\%} - L_{CE,90\%}$) vaihtelee noin 54 dB. Pitkän ajan keskiäänitaso (ns. energiakeskiarvo) vastaisi tässä tapauksessa 20 %- ja 10 %-pysyvyyskäyrien välille jäävää arvoa. Laukausäänten voimakkuuden tilastollinen vaihtelu riippuu sää- ja ympäristöolojen tilastollisesta vaihtelusta paikkakunnalla. Esimerkiksi Suomen Lapissa odotettavissa olevan vaihtelu on toisenlainen kuin Etelä-Suomessa tai merialueilla. Kuva 2 on tästä syystä ymmärrettävä esimerkinomaiseksi, vaikka kuva perustuu noin 3 000 melutapahtuman (pääosa räjähdettäniä, jotta lähteen säteilykenttä olisi symmetrinen) mitattuihin arvoihin.



Kuva 3: Räjähdeiden ja raskasaseiden L_{CE} -tason tyypillinen tilastollinen vaihtelu pitkällä aikavälillä verrattuna 50 % pysyvyysarvoon eli arvoon, jonka puolet havainnoista ylittää, puolet alittaa. 90 % tarkoittaa melutasoa, jonka suuruisia (verrattuna 50 % tasoon) tai suurempia 90 % havaintoarvoista on.¹¹

Lienee itsestään selvää, että kun melun vaihtelee kuvan 3 tavoin, on käytännössä mahdotonta sanoa, mitä pysyvyysarvoa esimerkiksi Akukonin Vuosangan ampuma- ja harjoitusalueen ympäristömeluselvityksessä ilmoitta-

¹¹ Kuva perustuu USA:n armeijan pääosin 1970- ja 1980-luvulla tekemiin mittauksiin, joissa suurimassa osassa äänilähteenä oli ilmassa räjäytetyt panokset, jotta syntyvä äänensäteilykenttä olisi symmetrinen (so. ei-suuntaava). Näiden mittausten tuloksia on julkaistu useissa julkaisuissa. Kari Pesonen sai vuosia sitten näihin mittauksiin perustuvaa tilastoanalyysitietoa eräältä USA:n armeijan melututkijalta tietojen vaihdossa. Kuva 3 perustuu näihin tietoihin. 1990-luvulla NATO-maat tekivät laajoja mittauksia Norjassa. Kari Pesonen sai näiden tutkimusten mittaustulosten tiedostoja. Näitä tietoja ei ole hyödynnetty kuvassa 3.

mat mittausravot edustavat. Ei ole myöskään esitetty, mitä pysyvyysarvoa lasketut arvot vastaavat Vuosangan oloissa.

Lisätietoa sää- ja ympäristöolojen tilastollisesta vaikutuksesta äänen etenemisvaimentumiseen löytyy esimerkiksi ympäristöministeriön toimeksianosta tekemästani selvityksestä ”Hiljaiset alueet. Hiljaisuuteen vaikuttavat tekijät ja hiljaisuuden kriteerit”.¹²

Teollisuusmelumallin käyttö raskasaseiden ampumamelun arviointiin

Insinööritoimisto Akukon Oy:n (Akukon) meluselvityksessä 073069-1.1 mainitaan, että laskelmat on tehty käyttäen tanskalaista teollisuusmelumallia.¹³ Malli julkaistiin vuonna 1982. Mallia kutsutaan joskus teollisuusmelun (vuoden 1982) pohjoismaiseksi laskentamalliksi. Mallin laatijat ilmoittavat, että malli on tarkoitettu tapauksiin, joissa äänen etenemismatka on enintään 0,5 – 1 km. Mallin alin laskentataajuus on 63 Hz oktaavikaista. Tätä tanskalaista mallia käytettiin esikuvana laadittaessa ISO 9616-standardisarjana (osat 1 ja 2) julkaistua ulkomelun laskentaohjetta. Tässäkin menetelmässä alin laskentataajuus on 63 Hz oktaavikaista.

Kyseessä oleva tanskalainen laskentamalli on tarkoitettu nimensä mukaan teollisuuslaitosten melun arviointiin. Malli olettaa, että eritaajuiset äänen komponentit etenevät ja voivat muuttua (vaimentua, vahvistua) toisistaan riippumatta. Ampuma-aseiden ja räjäytysten lyhyenä ääni-impulssina ilmassa etenevä ääni on kuitenkin ajallinen ilmiö, jonka ajalliset ominaisuudet muuttuvat etenemisen aikana. Nämä ajalliset muutokset näkyvät (mitattaessa) spektrin muutoksina. Signaalin etenemisen aikainen ajallinen muutos sitoo spektrin muutoksia paljon tiukemmin kuin teollisuusmelussa (jossa äänilähteitä ja niiden osalähteitä on hyvin suuri määrä) on tyypillistä. Tämä on yksi syy, miksi on syytä suhtautua hyvin kriittisesti teollisuusmelumallien käyttöön impulssiäänilähteiden, kuten raskasaseiden ja räjäytysten, melualueiden laskentaan.

Räjäytysten ja aseiden äänelle on tunnusomaista myös se, että saman räjähdedanoksen aiheuttaman äänen voimakkuus (etäälle etenevä ääni-impulssin äänenpaine, äänen voimakkuus) riippuu muun muassa siitä, kuinka korkealla maan pinnasta (tai muusta suuripinta-alaisesta vastaavasta alustasta) räjähdys (tai aseenn supamaus) tapahtuu. Amerikkalaisen ANSI S2.20:1983-standardin¹⁴ mukaan esimerkiksi ”1 kg TNT”-ekvivalenttiräjähteen etäälle etenevä äänenpaine on noin 13 dB suurempi räjähtäessä 0,5 m korkeudella maasta verrattuna 3 m korkeudessa räjähtämiseen. Vastaava

¹² Pesonen K, Hiljaiset alueet. Hiljaisuuteen vaikuttavat tekijät ja hiljaisuuden kriteerit. Suomen Ympäristö 738:2004, 48 s.

<http://www.environment.fi/download.asp?contentid=27837&lan=fi>

¹³ Kragh J, Andersen B, Jacobsen J, Environmental noise from industrial plants. General prediction methods, Lydteknisk Laboratorium, c/o Technical University of Denmark, 1982, 90 s.

¹⁴ ANSI S2.10-1983, Estimating airblast characteristics for single point explosions in air, with a guide to evaluation of atmospheric propagation and effects, 31 s.

arviointimenetelmä on esitetty myös ISO/TS 13474:2003-standardissa.¹⁵ Teollisuusmelun laskentamallissa ero räjäytetyyppisen äänilähteen etäälle edennessä äänessä (L_{CE}) on enintään noin 3 dB korkeuden vaihdella 0,5 – 3 m ja maanpinnan (melulähteen läheisyydessä) akustisesti kovasta pehmeään.

Teollisuusmelun laskentamallissa ei ole algoritmeja (kaavoja, menetelmiä), joita käyttäen voitaisiin arvioida liikkuvien äänilähteiden, kuten ammuksen, ympäristömelu. Yliääninopeudella lentävät ammuksentekijät aiheuttavat muuhun meluun nähden merkittävää ammuksen lentoradalta etuviistoon etenevää ääntä. Vuosangassa ainakin osa asunnoista on kanuunoiden ja haupitsien ammusten lentoradalta katsottuna ammusten äänen etenemissuunnassa (vrt. kuva 2). Yksinkertaisissa laskenta-algoritmeissa oletetaan, että ammuksen lentoäänen geometrinen vaimentuminen on 3 dB etäisyyden (äänen etenemissuunnassa) kaksinkertaistuessa, kun suupamauksen ja ammuksen räjähdysäänen geometrinen eli hajaantumisvaimentuminen on 6 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa.¹⁶ Ammuksen lentoääni vaimentuu vähemmän tai ”hiitaammin” etäisyyden kasvun myötä kuin suupamaus ja ammuksen räjähdysääni.

Raskaiden aseiden ja räjäytysten etäälle kantautuvasta äänienergiasta merkittävä osa on teollisuusmelumallin alinta oktaavikaistaa (63 Hz) alemmilla taajuuksilla. Yleinen suositus on, että raskaiden aseiden ja räjäytysten melulaskennassa pitäisi ottaa huomioon L_{CE} -tasojen laskettaessa mukaan taajuusdeltaan 8...16 Hz ylittävä äänienergia.^{17, 18} Cadna A-nimisessä kaupallisessa laskentaohjelmassa teollisuusmelumalliin on lisätty 31,5 Hz oktaavikaista. Alkuperäisissä laskentamallijulkaisuissa ei ole esitetty algoritmeja erilaisten vaimennusten laskemiseen tällä kaistalla. Yhtenä syynä on se, että tanskalainen teollisuusmelumalli ja ISO 9613-2:1996 perustuvat geometrisen eli sädeakustiikan teorioihin, joiden tiedetään toimivan kohtuullisen hyvin yli 300 Hz taajuuksilla, mutta tätä alemmilla taajuuksilla äänen aaltoliikeluonne korostuu teollisuusmelun tyypillisessä äänen etenemisessä. Esitetyt algoritmit (kaavat, menetelmät) eivät ole tarkoitettu tällaisiin tapauksiin.

Teollisuusmelun laskentamalli ei ota huomioon sitä, että alun perin 10...100 ms kestoisen impulssiääni levittäytyy ajallisesti etenemisen aikana siten, että jo muutaman kilometrin etäisyydellä ääni on 1 – 2 sekunnin ajan taustamelua voimakkaampi (kuulohavainnoin erotettavissa). Tiedetään myös, että varsinaisen laukausäänen perään kaikuna erottuvat laukausäänet saattavat lisätä suuresti valituksia ja kiusallisuutta, vaikka kaikuäänet eivät

¹⁵ ISO/TS 13474:2003, Acoustics – Impulse sound propagation for environmental noise assessment, 17 s. Kyseessä ei ole varsinainen standardi, vaan tekninen arviointimenetelmä.

¹⁶ äänienergia hajaantuu edetessään suuremmalle pinta-alalle. Esimerkiksi teoreettinen ”6 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa vaimentuminen” ilmentää sitä, että äänienergia, joka etäisyydellä 100 m kohdistuu 1m² pinta-alalle, kohdistuu näissä yksinkertaisissa malleissa 200 m² etäisyydellä 4 m² alalle.

¹⁷ Schomer P, A comparative study of human response to blast noise and sonic booms, Inter-Noise 96 Proc. 2489 – 2494.

¹⁸ Luz G, Assessing changes in the noise environment from military training ranges: A case study in forensic acoustics, J. Acoust. Soc. Am. **105**(1999)2, s. 1134 (Kari Pesosella on ko. esitelmän teksti. Spektrien huiput 3 km päässä 8 – 31 Hz välillä).

lisäisi L_{CE} - tai L_{AE} -tasoa kuin desibelin osia. Teollisuusmelumalli ei kerro kaikuäänien voimakkuutta.

Teollisuusmelumalli olettaa muun muassa (maasto)esteiden ja kasvillisuuden vaimennusta laskettaessa äänen etenevän lähteestä vastaanottopisteeseen pitkin ympyrän kaarta, jonka säde on 8 kertaa lähteen ja vastaanottajan välinen matka. Teoreettisesti tämä arvo vastaa sitä yleisempää pysyvyyttä (ks. kuva 3), mitä pitempi äänen etenemismatka on.¹⁹ Tämä tarkoittaa sitä, että hyvin lyhyillä etäisyyksillä kyseinen kaarevuus saattaa esiintyä alle 10 % ajasta, kun pitkillä etenemismatkoilla laskettu arvo lähestyy 50 % pysyvyyssarvoa.

USA:n armeijan tekemissä mittauksissa (äänilähteenä kaiutinpatteristo ja jatkuva ääni) ISO 9613-2:1996 mallin (ja täten myös ko. tanskalaisen melumallin) todettiin estimoivan lähinnä äänen etenemistä sivu- tai sivumyötäiseen tuuleen.²⁰ Nämä mittaukset tehtiin avoimella kesannolla olevalla entisellä soijapellolla. Nämä tulokset vahvistavat sitä käsitystä, että teollisuusmelumalli estimoii pitkillä etenemismatkoilla lähempänä 50 % pysyvyyssarvoa vastaavaa etenemisvaimentumista kuin vähän vaimentavia oloja, joita esimerkiksi YM:n ampumaratamelun mittausohjeessa²¹ vaaditaan mitausten aikaisiksi oloiksi.

Akukonin Vuosangan ampuma- ja harjoitusalueen ympäristömeluselvityksessä on mainittu (taulukko 6) laskennassa käytetyt lähtöarvot (L_E) vain osalle aseita (melulähteitä) ja esim. 155K 98-tykille vain ns. hiljaisiin suuntiin (taakse, takaviiston). Koska suurinta osaa laskennassa käytettyjä lähtöarvoja ei ole kerrottu, on mahdotonta arvioida lähtöarvojen oikeellisuus esimerkiksi vertaamalla arvoja eri maiden armeijoiden melumalleissa ja kirjallisuudessa mainittuihin arvoihin. Ihmettelyn arvojen pois jättämistä, sillä lienee itsestään selvää, että arvojen ilmoittamatta jättäminen herättää lukijoissa, esimerkiksi Vuosangan ampuma- ja harjoitusalueen ympäristön asukkaissa, epäluottamusta selvitykseen.

Yhteenvetona totean, että pidän hyvin kyseenalaisena teollisuusmelulle kehitettyjen laskentamenetelmien käyttämistä raskaiden aseiden ja räjäytysten ympäristömelun arviointiin. Ihmettelyn myös yleensä sitä, että selvityksissä esitetään arvioita melumallien ja mittaustulosten tarkkuudesta ja/tai epätarkkuudesta, ilman että kerrotaan, mitä pysyvyyssarvoa (vrt. kuva 3) on käytetty ”oikeana” tuloksena, johon laskettua tai mitattua arvoa verrataan.

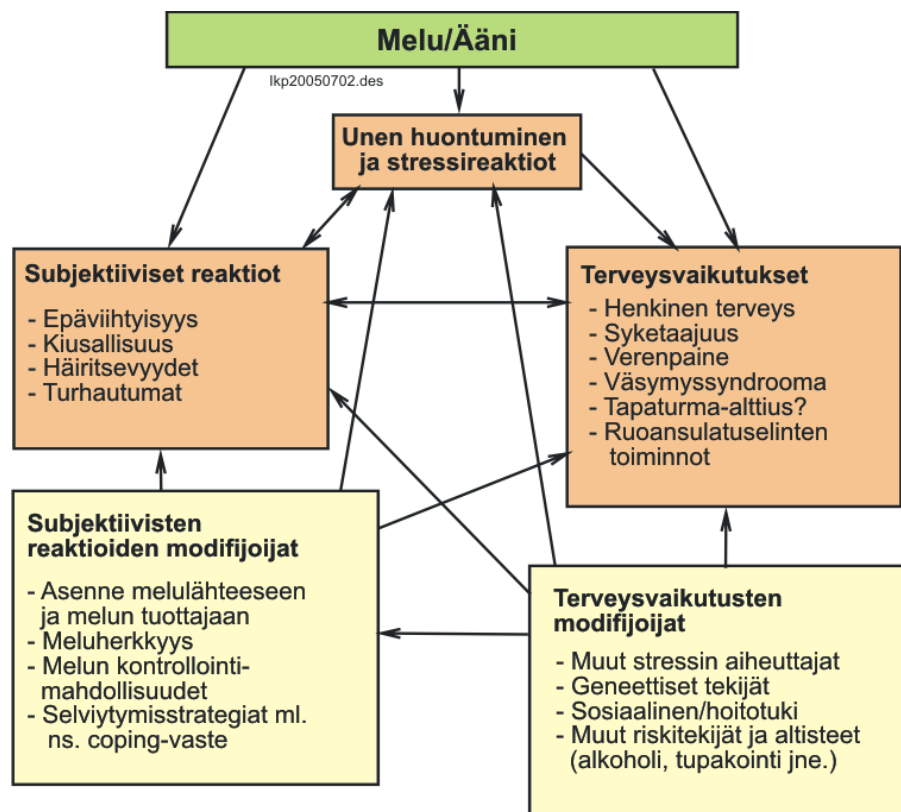
¹⁹ Esim. Larsson C, Hallberg B, Israelsson S, A method to estimate meteorological effects on sound propagation near ground, *Appl. Acoustics*, **25**(1988), 17 – 31.

²⁰ Schomer P D, A statistical description of ground-to-ground propagation, *Noise Control Eng. J.*, **51**(2003)2, 69 - 89. Tämä tutkimuksen tuloksia on julkaistu YM:lle tekemäni Hiljaisten alueiden meluarviointia koskevassa selvityksessä, esim. kuvassa 9.

²¹ Ampumaratamelun mittaaminen, Mätning av buller från skjutbanor, Ympäristö-opas 61/1999. Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto, 20 s. ISBN 952-11-0496-1.

MELUVAIKUTUKSISTA

Kuvassa 4 on esitetty eräs nykykäsitysten mukainen tunnettujen (kielteisten) melureaktioiden syy-seurausmalli. Tämä malli painottaa sitä, että yksittäisiä meluvaikutuksia ei voida erottaa toisistaan riippumattomiksi reaktioiksi. Tämän tapaiset kokonaismallit painottavat melureaktioita modifioivien vaikutusten ja olosuhteiden merkitystä. Mallikaaviossa on suora tie melusta subjektiivisiin ja terveysvaikutuksiin ja kaksi laatikkoa, joissa mainitut tekijät tai olosuhteet toimivat vaikutusten moderaattoreina eli vaikuttajina. Malliin on syytä lisätä se, että subjektiiviset vaikutukset riippuvat hetkellisen, arvioinnin aikaisen melun (esim. melutapahtuman aikainen melu) lisäksi menneisyydessä kuullun vastaavan melun ominaisuuksista ja myös niistä odotuksista, joita altistetulla on tulevan melun suhteen. Kuten aikaisemmin olen jo todennut, EU:n ympäristömeludirektiivin päävaikutus on kyselytutkimuksin mitattu kiusallisuus (eriateisen kiusallisuuden esiintyvyys). Toisena vaikutuksena on yöaikaisen melun aiheuttama unihäiriöiden riski.



Kuva 4: Eräs nykykäsitysten mukainen kielteiseksi luokiteltujen melureaktioiden (vaikutusten) syy-seurausmalli. Coping-vaste tarkoittaa elämän olojen sovittamista vallitseviin oloihin (esim. ikkunan sulkemista tai muuttamista pois melualueelta hiljaisempiin oloihin).

Ampumaratatyöryhmän raportissa²² ei mainita, mitkä ovat ne meluvaikutukset, joiden esiintyvyys ja ilmaantuvuus on otettu huomioon puolustusvoimain ampumatoiminnan ohjearvoissa ja työryhmän suosituksissa. Käsitykseni on, että 9 dB impulssikorjaukseen on päädytty impulssisignaalin ajallisen muodon (äänen voimakkuuden ajallinen vaihtelu) perusteella, kuten on totuttu tekemään arvioitaessa laukausääniä aiheuttamaa kuulovaurioriskiä verrattuna vastaavan voimakkaaseen ei-impulssimaiseen työympäristön meluun.

Jos ympäristöluvan tarpeettomuutta halutaan perustella sillä, että jollakin ympäristömelulla ei ole säädöksissä tarkoitettuja kielteisiä vaikutuksia (esim. YSL 26/2000 3 §, 1-kohdan luettelo tai NaapL kohtuuton rasitus), niin käsitykseni on, että tilanteessa, jossa argumentoidaan, että ei ole toimivaltaisen viranomaisen antamia melun ohjearvoja, tarpeettomuutta (ja myös lupaa ja lupaehtoja) harkittaessa ratkaisun tulee perustua säädöksissä mainittujen vaikutusten arviointiin. Saamissani Kainuun ympäristökeskuksen päätösasiakirjoista saa sen käsityksen, että tällaisia arvioita ei ole tehty. Kun säädöksissä (YSL, YSA, NaapL, TsL, TsA ja muut vastaavat) arvioinnin perusteena ovat kielteiset vaikutukset, niin viranomaisharkinnan pitäisi mielestäni perustua korostetusti vaikutusten arviointiin.

Kuva 4 antaa viitekehyksen sille, millaisia vaikutuksia ja tekijöitä joudutaan ottamaan huomioon arvioitaessa jonkun ympäristömelun vaikutuksia. Rohkaisen lukijaa myös tustumaan STM:n julkaisuun ympärismelun haittojen arvioinnin perusteista.²³ Tähän julkaisuun olen kerännyt osan niistä julkaisuista (n. 800) ja asioista, joita olen vuosien mittaan käynyt läpi (ja tallentanut arkistooni, ellei jo ole ollut) laatiessani konsulttityönä ehdotuksia terveysperusteisista meluohjearvoista ja noin 400 selvitystä ja/tai asiantuntijalausuntoa ensin lääkintöhallitukselle ja sittemmin sosiaali- ja terveysministeriölle heidän toimeksinnostaan heillä käsiteltävinä olleista melua koskevista valituksista ja lausuntopyynnöistä.

²² Puolustusvoimien ampumatoiminta maankäytön suunnittelussa ja ympäristöluvamennettelyssä, Ampumaratatyöryhmän mietintö, Ympäristöministeriö, Suomen ympäristö 38/2006, Osa 1, 46 s.

<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=199512&lan=fi> . ks. s. 39.

²³ Pesonen K, Ympäristömelun haittojen arvioinnin perusteita, Sosiaali- ja terveysministeriö, Selvityksiä 2005:14, 174 s.

<http://www.stm.fi/Resource.phx/publishing/store/2005/11/pr1131096014245/passthru.pdf>