

AMPUMAMELUN TUTKIMUKSIA

Timo Markula¹, Tapio Lahti²

¹ Insinööritoimisto Akukon Oy
Kornetintie 4A, 00380 Helsinki
timo.markula@akukon.fi

² TL Akustiikka
Kornetintie 4A, 00380 Helsinki
tapio.lahti@tlakustiikka.fi

1 JOHDANTO

Melu on merkittävimpiä kiistanaiheita Puolustusvoimien ampuma- ja harjoitusalueiden sekä ampumaratojen ympäristössä. Ampumamelu poikkeaa monin tavoin muista ympäristömelun lajeista, eikä niille yleisesti käytettyjä menetelmiä voida suoraan soveltaa ampumamelulle. Häiritsevälle ampumamelulle altistuvien määrä on suhteellisen vähäinen esimerkiksi liikennemeluun verrattuna, minkä vuoksi ampumamelua koskeneet tutkimustiedotkin ovat olleet niukempia ja hajanaisempia.

Näistä syistä Puolustusvoimat on viime vuosina teettänyt useita ampumamelun ja -tärinän mittaamista, laskentaa ja arviointia koskeneita selvityksiä ja tutkimuksia, mm. [1, 2]. Niillä on pyritty kehittämään ampumamelun ja -tärinän arviointia, parantamaan selvitysten luotettavuutta sekä löytämään sopivia torjuntakeinoja.

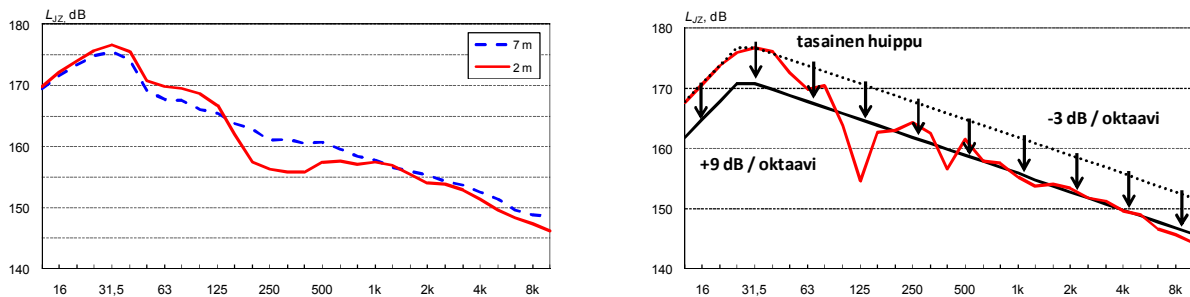
Tässä artikkelissa esitellään lyhyesti muutamia ampumamelua koskeneita selvityksiä viime vuosilta. Ensimmäinen osa käsittelee tykkien melupäästömittauksia, toinen äänenvaimentimen vaikutusta rynnäkkökiväärin melun leviämiseen ja kolmas tekeillä olevaa ampumaratojen parhaiden käyttökelpoisten meluntorjuntakeinojen (BAT) selvitystä.

2 TYKKIEN MELUPÄÄSTÖT

Tykkien melupäästöä eli emissiota mitattiin Puolustusvoimien koeampumalaitoksella Niinisalossa syksyllä 2009. Aiemmin raskaiden aseiden melupäästömittauksia on Suomessa tehty lähinnä ampuma- ja harjoitusalueilla tavallisten ammuntojen yhteydessä vaihtelevissa olosuhteissa. Nyt tehtyjä raskaiden aseiden mittauksia voidaan hallittujen mittausolosuhteiden vuoksi pitää tähän mennessä luotettavimpina Suomessa tehdyistä.

Ehkä suurin haaste raskaiden aseiden melupäästömittauksissa on maaheijastuksen vaikutuksen kompensointi. Aseen lähellä äänipaine on niin merkittävä suhteessa ilmanpaineeseen, että ääniaalto käyttäytyy epälineaarisesti. Mittausetäisyyden onkin oltava niin suuri, että epälineaarisuus on käytännössä riittävän pientä. Tykeillä etäisyyden tulee olla vähintään noin 100 m.

Suuren mittausetäisyyden vuoksi maaheijastus saapuu väistämättä mikrofonin kohdalle lähes yhtä aikaa suoran äänen kanssa. Tällöin syntyy interferenssiä eli ns. kampasuodatusta, joka näkyy spektrissä sarjana minimejä ja maksimeja. Pehmeässä maaperässä esiintyy usein yksi merkittävä interferenssikuoppa noin taajuudella 200...500 Hz. Tätä suuremmilla taajuuksilla maksimit ja minimi esiintyvät niin tiheään, että ne menevät terssispektrissä päällekkäin, jolloin vahvistus on +3 dB suhteessa vapaakenttään.



Kuva 1. Mittauskorkeuden vaikutus spektriin. Suuremmalla mittauskorkeudella maaheijastuksen aiheuttaman interferenssin vaikutus on pienempi.

Kuva 2. Vapaakenttäärvon määrittäminen spektrisovituksella, jossa huipun paikkaa ja leveyttä voidaan säätää. Sovitus tehdään siten, että huipun kohdalla se on 6 dB pienempi kuin mittaustulos.

Maaheijastuksen vaikutusta voidaan pienentää mittauspisteen tai lähteen korkeutta kasvattamalla. Kuvassa 1 on verrattu tykin äänienergiaskaatreja, jotka on mitattu 100 m etäisyydellä kahdella eri korkeudella. Matalammalla 2 m korkeudella maavaimennuksen aiheuttama kuoppa spektrissä erottuu selvästi taajuusvälillä 200...400 Hz, kun taas 7 m korkeudella interferenssin yksittäiset kuopat eivät enää juurikaan erotu.

Niinisaloon mittauksen yhteydessä kehitettiin yksinkertainen menetelmä, jossa mitattuun maaheijastuksen sisältävään spektriin sovitetaan kolmesta osasta muodostuva käyrä. Käyrässä on kaksi luiskaa, jotka laskevat tasaisesti spektrihuipun ympärillä (-3 ja -9 dB per oktaavi). Sovitus tehdään siten, että spektrihuipun kohdalla (eli välillä 31,5...63 Hz) maaheijastuksen vaikutus on $+6$ dB koherentin heijastuksen vuoksi (kuva 2).

Maaheijastuksen vaikutusta voidaan pienentää myös tekemällä mittaukset akustisesti kovassa maastossa. Ainoa käytännössä riittävän kova maanpinta lienee asfaltti. Tällaisia säteeltään 100 m suuruisen puolipyörän kokoisia asfalttialueita, jossa raskailla aseilla voidaan ampua, ei kuitenkaan ole ollut käytettävissä.

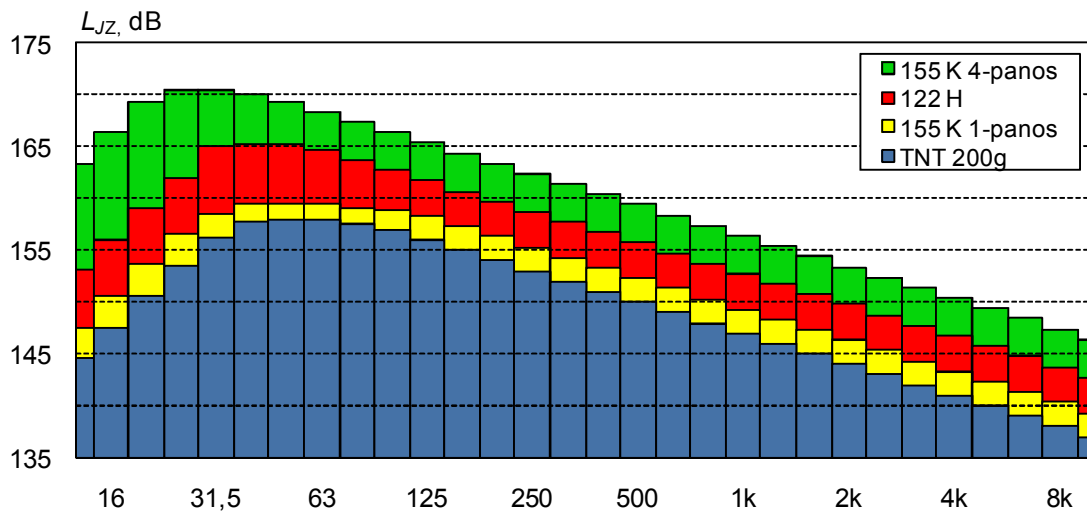
Niinisalossa mitattiin 155 mm kanuunan ja 122 mm haupitsin melupäästöä. Kanuunalle 155 K mitattiin kahden eri lähtöpanoksen emissio. Yksi merkittävistä mittaustuloksista oli, että tykkien suuntaavuus oli hyvin pientä; eri suuntien (0° ... 180° re ampumasuunta) väliset erot olivat mittauserätarkkuuden sisällä eli alle 2 dB. Sama on havaittu ampumarjoitusten yhteydessä tehdyissä melupäästömittauksissa. Tätä ei pidä kuitenkaan suoraan yleistää kaikkiin raskaisiin aseisiin, esim. sinkoihin.

Tykkien melupäästöt on esitetty taulukossa 1 ja kuvassa 3 C-painotettuina äänienergiatasoina L_{JC} . Aseen kaliiperin lisäksi lähtöpanos vaikuttaa merkittävästi melupäästöön. 155 K:n tapauksessa suuren ja pienen lähtöpanoksen ero oli 8 dB.

Mittauksissa etäisyydeksi oli ennalta valittu tasan 100 m aiempien ohjeiden mukaisesti. Mittauksilla ei voitu siten varmistaa, onko melko yleisesti mittaushjeissa epälinearisuuden rajana pidetty huippuäänipainetaso L_{pCpeak} 154 dB (1 kPa) sopiva. Saattaa olla, että 155 mm kanuuna 4-panoksella mitattiin liian läheltä, minkä vuoksi mitattu spektri poikkeaa muodoltaan teoreettisesta räjäytyksen spektrimuodosta. Tämä onkin syytä tarkistaa seuraavien melupäästömittausten yhteydessä, joita tullaan mahdollisesti tekemään muille asetyypeille lähitulevaisuudessa.

Taulukko 1. Eri suuntien yli lasketut C-painotetut kokonaisäänienergiatasot L_{JC} [dB].

ase ja panos	L_{JC} , dB
122 H 63A, sp	173
155 K 98, tsp 1	169
155 K 98, tsp 4	177
TNT, 200 g valettu	167

Kuva 3. Mitatut äänienergiatasot L_{JZ} [dB] terssikaistoittain.

Niinisalossa mitatut melupäästöt olivat hyvin lähellä aiempina vuosina ampumarajoitusten yhteydessä saatuja tuloksia, vaikka aiemmissa mittauksissa olosuhteet eivät olleet yhtä hallittuja kuin Niinisalossa. Erot aiempiin mittauksiin olivat n. 1...3 dB.

3 ÄÄNENVAIMENTIMEN VAIKUTUS RYNNÄKKÖKIVÄÄRILLÄ

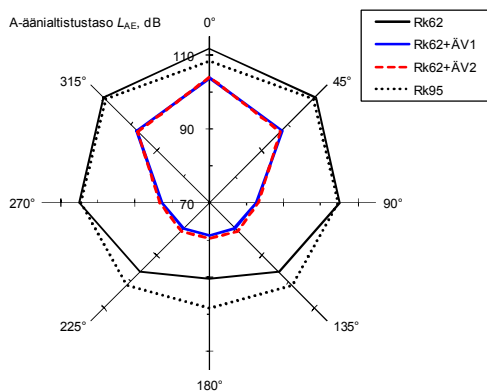
Puolustusvoimat on harkinnut äänenvaimentimien käyttöä ampumaradoilla, joiden ympäristölupapäätöksissä melua on määrätty vähennettäväksi ja joilla melun ohjearvoja ei voida saavuttaa katos- tai vallirakenteilla. Kahden rynnäkkökiväärin äänenvaimennintyyppin vaimennusta tutkittiin mittausten ja laskentamallin avulla kahdella Puolustusvoimien ampumaradalla syksyllä 2009 ja syksyllä 2010.

Äänenvaimentimien lähimittauksissa (10 m) niiden tuottama vaimennus suupamaukselle oli suuri: 8...20 dB suunnasta riippuen (taulukko 2). Suuntakuviot rynnäkkökiväärin melupäästöille sekä ilman vaimenninta että vaimentimen kanssa on esitetty kuvassa 4.

Mittauksia tehtiin myös suuremmilla etäisyyksillä, joiden avulla voitiin arvioida yläääninopeudella lentävän luodin ylääänipamauksen merkitystä. Luotiääni esiintyy rynnäkkökiväärillä ainoastaan etuviistossa noin 45°...65° sektorissa ampumasuuntaan nähden. Koska äänenvaimennin vaikuttaa ainoastaan suupamaukseen, luotiäänisektorissa äänenvaimentimen hyöty on pieni. Tätä on havainnollistettu kuvissa 6 ja 7.

Taulukko 2. Mitatut äänenvaimentimien aiheuttamat melupäästöjen vaimentumat [dB] emissiomittauksissa. Luotiääni poistettu ikkunoimalla signaalista ennen analyysyä.

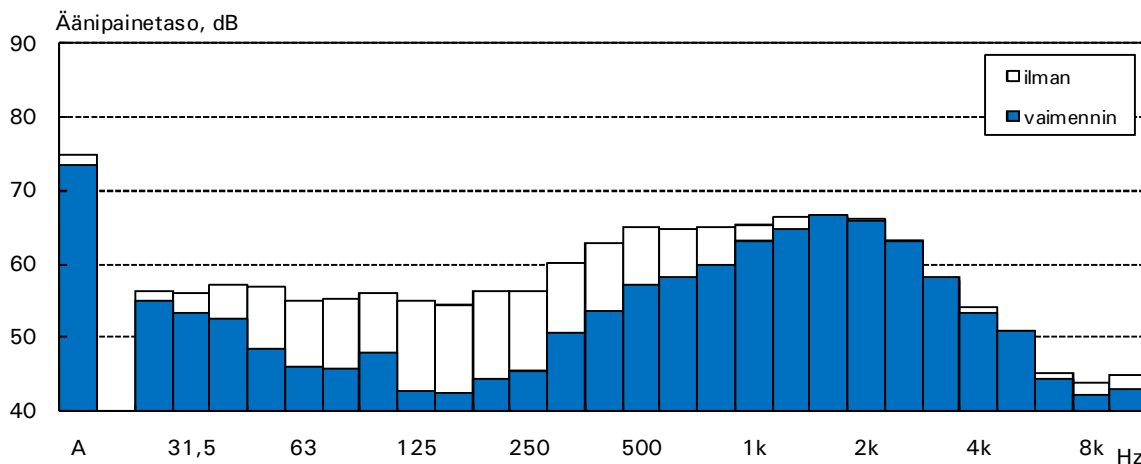
suunta	ÄV1	ÄV2
0°	8	8
45°	12	12
90°	24	22
135°	19	18
180°	14	12



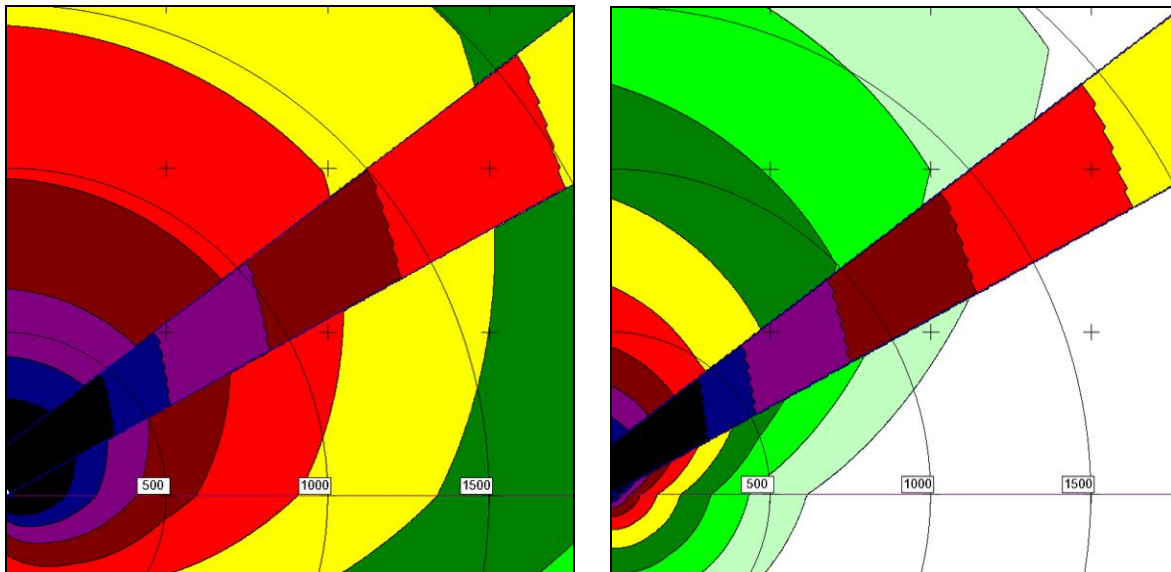
Kuva 4. Melupäästön suuntakuviot 7.62 Rk 62:lle äänenvaimentimilla ja ilman sekä 7.62 Rk 95:lle ilman äänenvaimenninta.

Kuva 5. Varusmies ampuu 7.62 Rk 62:lla, johon on asennettu äänenvaimennin.

Luotiäänen merkityksen ja äänenvaimentimen hyödyn arviointia hankaloittaa se, että etuviistossa ohjearvosuure AI-enimmäisäänitaso $L_{AI\max}$ ei maaston muodoista riippuen välttämättä pienene lainkaan. Kuulohavainnon perusteella luotiäänen suurempitaajuinen ”korkkipyssyääni” ei ole yhtä tukeva ja häiritsevä kuin suupamaus, mutta melutaso pysyy samana. Tätä on havainnollistettu leviämislaskennan kuvassa 6 sekä mitatuissa spektreissä kuvassa 7.



Kuva 6. Esimerkki kokonaismelun spektristä sekä äänenvaimentimen vaikutuksesta niihin. Luotiääni erottuu 2 kHz taajuuden ympärillä.



Kuva 7. Rynnäkkökiväärin 7.62 Rk 62 mallilaskenta suupamaukselle ja luotiäänelle avoimessa maastossa ilman äänenvaimenninta (vasen) ja äänenvaimentimella (oikea).

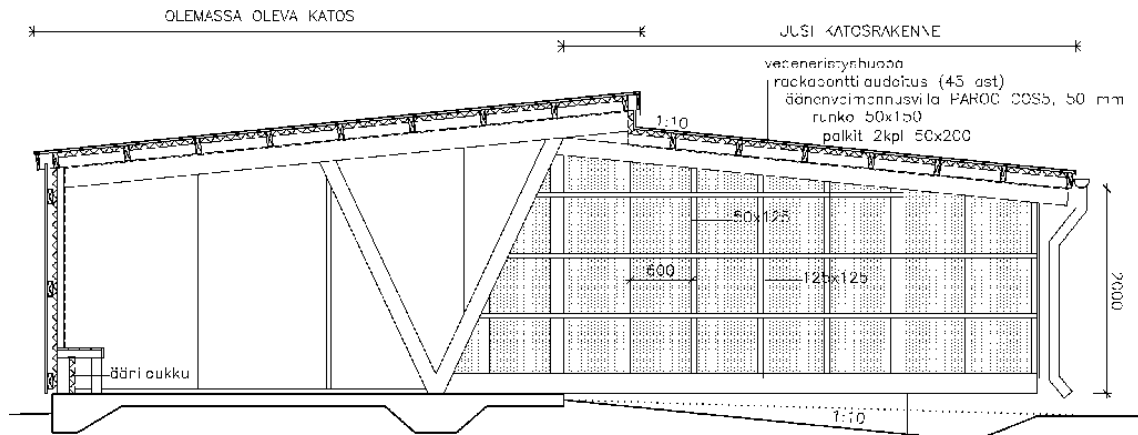
4 AMPUMARATOJEN BAT-SELVITYS

Puolustusvoimat ja Puolustushallinnon rakennuslaitos laativat parhaillaan selvitystä parhaista käyttökelpoisista tekniikoista (BAT, best available techniques) ulkona sijaitsevien ampumaratojen ympäristövaikutusten hallinnasta. Melun osalta selvityksessä kuvataan tavanomaisessa meluntorjuntatyössä käytettäviä menetelmiä ja niillä saavutettavissa olevia vaimentumia.

Kivääri- tai pistooliammunnan rata on usein varustettu katoksella ja päätyvalliin lisäksi sivuvalleilla. Umpinainen katos vaimentaa melun leviämistä taakse ja vallit toimivat parhaimmillaan meluesteinä. Jos ne eivät riitä melun vaimentamiseksi ympäristön altistuvissa kohteissa, valleja voidaan yrittää korottaa ja katoksen äänieristystä taaksepäin parantaa.

Pahimmillaan ongelmia esiintyy tämän jälkeenkin etupuolen suunnissa. Ampumakatoksen vaimennusta voidaan lisätä etuviistoihin suuntiin (n. 45°...90° ampumasuuntaan nähden) pitkällä absorboivilla sivuseinäkkeillä (kuva 8). Suoraan eteen tilannetta voidaan yrittää parantaa poikittaisilla yläkulisseilla. Aseen äänenvaimennin on melko tehokas keino vaimentaa aseensuupamausta lähes kaikkiin suuntiin.

Jäljelle jää yksi ongelma: useimmat mainitut keinot tekevät vain aseensuupamaukseen, mutta eivät lentävän luodin ylääänipamaukseen. Sivuvalli on edellisistä keinoista ainoa, jolla sitä voi yrittää vaimentaa. Teoriassa lentoäänen torjuntakeinoksi voisivat sopia myös koko radan mitatut mutta hintavat pitkittäiskulissit.



Kuva 8. Poikkileikkaus ampumakatoksesta, jonka ampumapaikkojen väliset pidennetyt absorboivat sivuseinäkkeet vaimentavat melua noin 45°...90° sektorissa. Katoksen seinäkkeet tehoavat ainoastaan suupamaukseen, ei luotiääneen.

VIITTEET

1. MARKULA T & LAHTI T, Ampumamelun mittaaminen, leviäminen ja arviointi. *Akustiikkapäivät 2007*, Espoo 27–28.9.2007, 11-15.
2. MARKULA T, LAHTI T & PELTONEN T, Ammunnan ja räjäytysten aiheuttama tärinä. *Akustiikkapäivät 2009*, Vaasa 14–15.5.2009, 86-91.