

AKUKON 073069-1.1

Vuosangan ampuma- ja harjoitusalue Ympäristömeluselvitys

Timo Markula
Tapio Lahti



Timo Markula, DI
Tapio Lahti, TkT

20.3.2008

Vuosangan ampuma- ja harjoitusalue

Ympäristömeluselvitys

tilaaja: Puolustusvoimat, Pääesikunta, Logistiikkaosasto
yleissopimus: AD8403 13.4.2007
toimeksianto: AD17845, 2.7.2007
yhdyshenkilöt: Raakel Jaloniemi, ympäristöylitarkastaja, PE
Asko Parri, ympäristötekniikko, MaavE
Sami Sääksjärvi, ympäristöinsinööri, PSHRE

Tiivistelmä

Ampuma- ja harjoitusalueen raskaiden aseiden ympäristömelun leviämistä selvitettiin sekä melun mallilaskennan avulla että melumittauksin. Harjoitusalueetta ollaan laajentamassa länteen ja Kivijärven länsipuolelle on sijoitettu suunnitelmassa uudet tykistön tuliasemat. Tässä selvityksessä on tarkasteltu nykyisen toiminnan lisäksi myös uusien tuliasemien vaikutusta ympäristömeluun.

Melutason mittaustulokset kaukopisteissä olivat suurelta osin pienempiä kuin laskentatulokset. Useimmissa tapauksissa erojen pääasiallisena syynä lienevät melun etenemiselle epäsuotuisat sääolot. Sääolojen vaikutus korostuu pitkillä etäisyyksillä.

Mahdollisen häiriön kohteissa eli lähimmillä asuinpaikoilla saatiin seuraavia melutasojen laskentatuloksia: Yksittäisten laukausten enimmäismelun **C-äänialtistustaso** L_{CE} on lähellä Puolustusvoimien suositusarvon **100 dB** ylitystä alueen itäpuolella Katajalammen tuliasemista kaakkoon. C-äänialtistustasot olivat lähimpien talojen luona suurimmillaan hieman alle suositusarvon.

Laskennallisten harjoitusviikkojen **A-keskiäänitason** L_{Aeq} laskentatulokset vaihtelivat paljon. A-keskiäänitasot olivat tykistöharjoitusten aikana lähimpien talojen luona ilman impulssikorjausta keskimäärin noin **40 - 50 dB**. Muissa kuin tykistön harjoituksissa melutasot jäivät alle suositusarvon. Jos raskaille aseille käytetään impulssikorjauksen arvona n. 10 dB, keskimäärin melu ylittää suositusarvon **55 dB** alueen Katajalammen tuliasemien kaakkoispuolella ja Härmjärven rannassa.

Sisällys

1	Johdanto	3
2	Alue ja ampumatoiminta	3
2.1	Alueen ja ympäristön yleiskuvaus	3
2.2	Ampuma-ajat	4
2.3	Aseet	4
3	Mittaukset	4
3.1	Mittausjärjestelyt	4
3.1.1	Paikat ja olosuhteet	4
3.1.2	Menetelmät	5
3.1.3	Laitteet ja analyysit	6
3.2	Mittaustulokset	7
4	Melun laskenta	10
4.1	Laskentamalli	10
4.2	Maastomalli ja laskentaohjelma	10
4.3	Laskennan lähtöarvot ja laskentasuureet	10
4.4	Laskentatilanteet ja tulossuureet	11
4.5	Impulssikorjaus	12
4.6	Laskentatulokset	12
5	Tulosten tarkastelu	14
5.1	Laskennan ja mittausten vertailu	14
5.2	Vertailu aikaisempiin mittauksiin	17
5.3	Arvio melun haitallisuudesta	18
5.4	Melun ajallinen esiintyminen	19
6	Loppuhuomautuksia	19
	Viitteet	20
	Liiteluettelo	21
	Liite A. Kaukomittauspisteet	
	Liitteet B. Kaukomittausten tulokset	
	Liitteet C. Edustavien harjoitusviikkojen C-äänialtistustason L_{CE} melukartat	
	Liitteet D. Edustavien harjoitusviikkojen A-keskiäänitason L_{Aeq} melukartat	
	Liitteet E. Vuoden 2007 ampumatoiminnan suositusarvoihin verrattavat melukartat	

1 Johdanto

Puolustusvoimien ampumatoiminnan ympäristövaikutusten arvioinnin yhtenä osana selvitetään aseiden aiheuttamaa melua. Tässä työssä selvittävänä oli Kajaanin ja Kuhmon välillä sijaitsevan Vuosangan ampuma- ja harjoitusalueen ympäristömelu. Vuosangan ampuma- ja harjoitusaluetta kehitetään vastaamaan valmiusprikaatin tarpeita. Tähän kehittämiseen liittyy myös suunnitelma ampuma- ja harjoitusalueen laajentamisesta, joka on otettu huomioon myös Kainuun maakuntakaavan valmistelussa.

Melun leviämistä alueen ympäristöön selvitettiin kahdella tavalla:

- Ympäristön melutasot eli melukartat laskettiin laskentamallin avulla.
- Melutasoja mitattiin lähimpien mahdollisen häiriön kohteiden (asuinpaikkojen) läheisyydessä.

Selvitysmenetelmistä laskentamallinnus on periaatteessa ensisijainen. Kokemukset tämän laajuisista raskaiden aseiden melun laskentaselvityksistä ovat kuitenkin sekä Suomessa että muuallakin vielä melko vähäisiä. Kaukomittauksilla saatavat lisätiedot melutasoista täydentävät merkittävästi mallilaskennan tuottamia ennusteita.

Käytetty laskentamalli oli yleinen pohjoismainen ympäristömelun laskentamalli [1]. Mallilaskennan lähtötietoja tunnetaan ennalta erälle alueella käytetyille aseille [2, 3, 4, 5, 6]. Lähtötietojen täydentämiseksi tässä työssä tehtiin uusia melupäästöjen mittauksia aseiden lähellä. Selvityksen melusuureiden ja arviointimenettelyn lähteenä käytettiin ensisijaisesti Puolustusvoimien raskaiden aseiden melun suositusarvo-ohjetta [7].

2 Alue ja ampumatoiminta

2.1 Alueen ja ympäristön yleiskuvaus

Vuosangan ampuma- ja harjoitusalue on yksi Puolustusvoimien kehitettävistä ampuma-alueista. Se on leveimmillään noin 10 km ja pisimmillään 18 km. Alueen nykyinen pinta-ala on 13 850 ha, josta maali-aluetta on 3 374 ha [7]. Laajentumisalueita on sekä kaakossa että etelä- ja luoteisosissa.

Tykistön nykyisiä käytössä olevia tuliasemia on 5 kpl: Katajalampi, Hamaravaara, Paljakkavaara, Ukonaho ja Kielilampi. Laajennuksen myötä Kivijärven länsipuolelle Iso Heinävaaran laelle on suunniteltu uusia tykistön tuliasemia. Sinkojen ja kranaatinheitimien tuliasemia on ympäri maalialuetta.

Alue on maaston muodoltaan tyypillistä Kainuuta. Se muodostuu useista vaaroista ja pienistä vesistöistä.

Mahdollisen häiriön kohteina olevaa pysyväsasutusta on useassa suunnassa. Lähin tiheähkö asutus on alueen itäpuolella, Huuhilonkylän, Niemenkylän ja Ylä-Vieksin suunnalla. Alueen pohjoispuolella on lisäksi muutamia taloja alle 5 km etäisyydellä lähimmästä tuliasemasta.

2.2 Ampuma-ajat

Ampuma-alueen käyttö on ajoittaista ja raskaiden aseiden ampumaleirit ovat kokonaismelun kannalta määrääviä. Alueen on arvioitu olevan käytössä 150 vrk/vuosi [7].

Vuoden 2007 meluisimmat harjoitukset vuosittaisine määrineen olivat:

- Pohjoisen Maanpuolustusalueen taistelu- ja ampumarjoitus (Peura 07) 2 vk
- Pohjoisen Maanpuolustusalueen jääkäri- ja pioneeriharjoitus 2 vk
- Kainuun Prikaatin tykistön, viestin ja huollon ampumarjoitus 1 vk
- Kainuun Prikaatin aliupseerikurssin ampumarjoitus 1 vk

Harjoitukset muuttuvat vuodesta 2008 lähtien jonkin verran. Raskaiden aseiden ammutapäivät ja laukausmäärät pysyvät kuitenkin lähes ennallaan. Uudet vastaavat harjoitukset ovat:

- Joukkokoulutuskauden ampumarjoitus 2 x 1 vk
- Jääkäriharjoitus 2 x 1 vk
- Kainuun Tykistörykmentin ampumarjoitus 2 x 1 vk
- Kainuun Prikaatin aliupseerikurssin ampumarjoitus 2 x 1 vk

2.3 Aseet

Alueella ammutaan useilla Maavoimien raskailla aseilla. Tämän työn mittausten aikana käytössä olivat:

- 155 mm kanuuna 155 K 98
- 152 mm haupitsi 152 H 55
- 120 mm raskas kranaatinheitin 120 KrH 92
- 95 mm raskas sinko 95 S 58-61
- 112 mm raskas kertasinko 112 RsKeS "Apilas"
- 66 mm kevyt kertasinko 66 KeS 88

Ampuma-alueella käytetään harjoitusten aikana lisäksi muutamia muita raskaita aseita, joista raketinheitin, kevyt kranaatinheitin, erikokoiset räjäytykset ja iskemät sisällytettiin selvitykseen. Käsiaseiden melupäästöt ovat siinä määrin rajallisia ja etäisyydet alueen ulkopuolelle niin suuria, että niiden melulla ei ole tämän selvityksen kannalta merkitystä.

3 Mittaukset

3.1 Mittausjärjestelyt

3.1.1 Paikat ja olosuhteet

Mittauksia tehtiin vuonna 2007 kesäkuussa kolmena ja marraskuussa neljänä päivänä. Useina päivinä tehtiin sekä päästö- että kaukomittauksia.

Päästömittauksissa mitattiin aseiden melun äänienergiatasoja lähietäisyydellä. Mitattuna aseina olivat 155 mm kanuuna, raskas kranaatinheitin, raskas sinko ja kahtena päivänä tykkien ja kranaatinheittimen iskemät.

Kaukomittauksissa mitattiin melun huippuäänitasoja ja äänialtistustasoja ampuma-alueen ulkopuolella pisteissä, jotka pyrkivät edustamaan mahdollisen häiriön kohteita.

Taulukko 1. Mittausten ajankohdat ja mitatut aseet.

pvm	harjoitus	suorittaja	aseet
16.-18.6.07	Peura 07	PMpa	155 K 98
7.-9.11.07	Tykistö- ja viestiharjoitus	KaiPr	152 H 55 120 KrH 92 66 KeS 88 Tulenkuvauus
23.11.07	AU-kurssin ampumarharjoitus	KaiPr	95 S 58-61 112 RsKeS "Apilas" 66 KeS 88 Tulenkuvauus

Taulukko 2. Mittauspäivien sää (yhdistelmä sääaseman luotaustiedoista, Forecan sääpalvelusta ja omista havainnoista).

pvm	lämpö, °C	pilvet	tuuli	nopeus, m/s	huom.
16.6.	15	6/8...2/8	W	3-8	puuskittaista tuulta
17.6.	17	2/8	NW...N	2-5	
18.6.	12	7/8 (ohut)	NW...N	0-3	
7.11.	0	8/8	S	1-2	puuskia, lumipeite
8.11.	-1...0	8/8	S	1-3	puuskia, pehmeä lumisade
9.11.	-2...0	8/8	SE	2-4	pehmeä lumipeite
23.11.	2	8/8	SW	3	lumipeite, räntäsadetta

Kaukopisteitä oli yhteensä 30 kpl. Kaukopisteet olivat yleensä korkealla ja avoimella paikalla tai muuten edullisissa ja edustavissa paikoissa, lähimpien asuinrakennusten tai -alueiden läheisyydessä.

Kaukopisteet on merkitty liitteen A karttaan. Mittauspisteiden tunnisteet on annettu seuraavalla logiikalla. Ensimmäinen kirjain kertoo sen, onko mittauspiste ensisijaisesti lähi- (L) vai kaukopiste (K); kirjaimen jälkeinen numero mittauspäivän ja numeron jälkeinen pieni kirjain järjestysluvun kyseisen mittauspäivän pisteiden kesken.

Mittausajankohdat ja mittauspäivien sää on lueteltu taulukoissa 1 ja 2.

3.1.2 Menetelmät

Lähimittaukset pyrittiin tekemään noudattaen soveltuvin osin Tanskan ympäristöhallituksen ohjeessa [8] kuvattua menetelmää. Mittaukset tehtiin tavallisten harjoitusten aikana; erillisiä järjestelyitä melupäästön mittaamiseksi ei ollut käytössä.

Käytännössä vakioharjoitusten rinnalla mittaaminen toi mukanaan useita rajoituksia. Tärkein niistä oli, että etusuunnissa ei voitu mitata. Toisaalta sivu- ja takasuunnat ovat ympäristöön leviävän melun kannalta Vuosangassa selvästi tärkeimmät. Iskemien melupäästön mittauksissa merkittävin rajoitus oli suuri mittausetäisyys.

Tanskalaisella menetelmällä saatavat tulokset, äänialtistustasot tietyllä etäisyydellä aseesta, täytyy edelleen muuntaa laskentamallin edellyttämiksi äänienergiatasoiksi L_E .

Taulukko 3. Mittaus- ja analyysilaitteisto.

äänitasokalibraattori	Brüel & Kjær	4231	
Mittaukset			
kondensaattorimikrofoni 1/4"	Brüel & Kjær	4135	
kondensaattorimikrofoni 1/4"	Brüel & Kjær	4938	
kondensaattorimikrofonit 1/2"	GRAS	26AK	
mikrofonesivahvistimet	GRAS	40AE	
mikrofonivahvistin	GRAS	12AA	
äänitasomittari	Norsonic	118	
kondensaattorimikrofoni	Norsonic	1225	
äänitasomittari	Brüel & Kjær	2230	
kondensaattorimikrofoni	Brüel & Kjær	4155	
äänitasomittari	Brüel & Kjær	2235	
kondensaattorimikrofoni	Brüel & Kjær	4176	
20 dB lisävaimentimet	Brüel & Kjær	ZF0023	
DAT-nauhuri	Tascam	DA-P1	
DAT-nauhuri	Sony	TCD-D100	
korttitallennin	Fostex	FR-2LE	
Analyysi			
äänilaite	Korg	1212 I/O	
jälkikäsitteilyohjelma	Adobe	Audition 2.0	
äänitasoanalyysiohjelma	Akukon	SLM/TP 1.0.2	(oma) *
spektrianalyysiohjelma	Pioneer Hill	Spectra Plus 3.0	

*koodi tarkistettu: täyttää äänitasomittaristandardin IEC 61672-1.

Tämä muunnos tehtiin teollisuuden ympäristömelulähteiden melupäästömittausten Nordtest-menetelmässä [9] mainittua "backward extrapolation" -menettelyä noudattaen. Lyhyesti menetelmällä tarkoitetaan laskentamallin käyttämistä "takaperin", lähtien melutasosta ja laskien kohti melulähdettä sen päästön muodostamiseksi. Tässä yhteydessä mm. pehmeä maa tulee otetuksi huomioon.

3.1.3 Laitteet ja analyysit

Mittauspisteiden äänisignaalit tallennettiin digitaalinauhureilla ja -tallentimella. Nauhoitetut signaalit siirrettiin digitaalisesti nauhoilta PC:n kovalevyille WAV-tiedostoiksi.

Niiden jälkikäsitteily, editointi ja analyysi tehtiin tietokoneessa. Mikrofonien signaalit olivat näin täydellisinä käytettävissä koko jälkikäsitteilyssä. Digitaalisuuden ansiosta signaaleissa ei tapahdu enää mitään muutoksia DAT-nauhurien AD-muuntimen jälkeen. Mittauksessa ja analysoinnissa käytetyt laitteet ja välineet on lueteltu taulukossa 3.

Mittalaitteistot kalibroitiin ennen ja jälkeen mittauksia äänitasokalibraattorilla. Tallennusvaiheessa äänitasomittarit toimivat nauhurien esivahvistimina. Mikrofonit olivat yleensä noin 1,7 - 2,0 m korkeudella maanpinnasta; muutamissa lähipisteissä korkeus oli 4,0 m. Mikrofonit oli varustettu tuulisuojilla.

Tallenteiden jälkikäsitteilyssä laukaukset jaettiin ensin puhtaisiin sekä taustamelun tai muun häiriön kuten ylikuormituksen pilaamiin. Jälkimmäiset hylättiin jatkokäsitteilystä.

Taulukko 4. Lähipisteiden kokonaisäänitasojen mittaustulokset [dB]. *d*: mittauspisteen etäisyys aseesta, *N*: puhtaiden häiriöttömien yksittäislaukausten lukumäärä.

suunta	<i>d</i> , m	L_{Cpeak}	L_{CE}	L_{AE}	<i>N</i>
155 K 98, iskemä	1450	124	105	91	22
152 H 55, iskemä	1100	124	105	97	10
	1280	121	103	94	65
	1300	123	102	94	33
	1355	123	102	93	36
	1375	122	103	95	8
120 KrH 92, iskemä	1100	116	94	86	3
	1300	114	93	83	6
	1355	115	93	83	8
155 K 98, 2-panos					
135°	95–105	142	119	108	9
180°	90	144	118	110	1
120°	140–175	139	120	104	6
120°	110	143	122	108	1
120 KrH 92, 4-panos					
90°	75	146	119	112	2
90°	100	142	114	107	2
90°	125	139	111	104	2
95 S, JVA 2063					
135°	360	136	117	100	13
135°	130	143	125	102	5
105°	200	136	119	94	3

Seuraavaksi kaikille hyväksytyille laukauksille määritettiin seuraavat äänitasot:

- C-painotettu huippuäänitaso L_{Cpeak}
- C-painotettu äänialtistustaso L_{CE}
- A-painotettu äänialtistustaso L_{AE}

Kaukopisteissä mukaan otettujen yksittäisten laukausten tuloksista laskettiin signaalienergian eli neliölliset keskiarvot.

Lähipisteiden päästömittausten hyväksytyille laukauksille tehtiin painottamattoman äänialtistustason spektrianalyysi terssikaistoittain. Spektreille laskettiin signaalienergian keskiarvot, ja ne muunnettiin lopuksi äänienergiatason L_E oktaavispektreiksi mallilaskentaan syöttämistä varten, käyttäen Nordtest-menetelmää [9].

3.2 Mittaustulokset

Aseiden lähipisteissä tehtyjen melupäästömittausten tulokset on esitetty kokonais-
tasojen osalta taulukossa 4. Päästöjen oktaavispektrit eri suuntiin esitetään myö-
hemmin taulukossa 6. Taulukon 4 tulokset ovat pääasiassa mittauspistettä lähinnä ol-
leen aseiden yksittäislaukausten mittaustuloksia. Päästöjen määrittämisessä on lisäksi
käytetty viereisten tykkien mittaustuloksia.

Kaukopisteiden melutasomittausten tulokset on esitetty taulukossa 5 ja per mittauspäivä liitteiden B1-B7 kartoissa. Mittaustulosten kommentit esitetään laskentatuloksiin tehtävän vertailun yhteydessä kohdassa 5.1.

Taulukko 5. Kaukopisteiden mittaustulokset [dB]. *d*: mittauspisteen etäisyys tuliasemista, *N*: puhtaiden häiriöttömien yksittäis- tai yhteislaukausten lukumäärä.

mittauspiste	ase/äänilähde	tulias./maali	<i>d</i> , km	L_{Cpeak}	L_{CE}	L_{AE}	<i>N</i>
16.6.							
K1a: Kanerva	155 K 98	Kataja	6,5	74	60	44	5
K1b: Löytölä	"	"	1,6	108	84	71	2
K1c: Kunnaala	"	"	5,1	86	73	46	11
K1d: Soikulanlampi	"	"	3,5	99	80	63	11
K1a: Kanerva	155 K iskemä	Lauttajärvi etelä	7,8	92	73	52	5
K1c: Kunnaala	"	"	9,2	82	70	45	7
K1d: Soikulanlampi	"	"	11,4	82	72	54	4
17.6.							
K2a: Mulkkukorpi	155 K 98	Paljakkavaara	5,6	90	73	58	6
K2b: Korkeavaara	"	"	5,9	101	81	63	21
K2a: Mulkkukorpi	155 K iskemä	Lauttajärvi pohj.	6,5	89	75	56	8
K2b: Korkeavaara	"	"	12,0	81	68	49	16
18.6.							
K3a: Pirttimäki	155 K 98	Hamaravaara	7,5	67	56	47	2
K3c: Korkeavaara	"	"	3,1	101	85	51	7
K3a: Pirttimäki	"	Paljakkavaara	5,3	101	81	63	11
K3c: Korkeavaara	"	"	5,9	85	71	42	4
K3b: Niemenkylä	"	Hamara/Paljakka	8,2	67	52	35	6
K3d: Kumpulantie	"	"	6,4–7,3	73	62	44	3
K3e: Hautala	"	"	6,4	61	57	42	4
K3f: Laurilantie	"	"	7,6–8,7	78	63	46	3
K3a: Pirttimäki	155 K iskemä	Syvä-Salminen	6,0	90	75	45	13
K3b: Niemenkylä	"	"	9,9	73	55	30	3
K3c: Korkeavaara	"	"	11,8	82	65	41	4
K3d: Kumpulantie	"	"	11,0	64	55	34	3
K3e: Hautala	"	"	9,7	61	54	33	4
K3f: Laurilantie	"	"	8,5	79	67	49	5
7.11.							
K4a: Reijola	152 H 55	Paljakkavaara	15,0	82	66	39	9
K4b: Kanerva	"	"	13,2	73	58	36	27
K4c: Löytölä	"	"	9,5	89	74	46	37
L4: TJ-paikka	"	"	7,2	105	85	70	136
K4a: Reijola	120 KrH 92	Sutinen	5,3	93	71	60	4
K4b: Kanerva	"	"	5,8	86	67	49	4
K4a: Reijola	152 H iskemä	Lauttajärvi länsi	8,6	94	76	57	12
K4b: Kanerva	"	"	7,6	93	77	57	35
K4c: Löytölä	"	"	9,1	90	73	56	41
K4a: Reijola	120 KrH iskemä	"	8,6	75	59	41	4
K4b: Kanerva	"	"	7,6	80	63	44	3
K4b: Kanerva	Tulenkuvaus	Ei tietoa	>4,0	81	62	49	70
K4b: Kanerva	66 KeS 88	"	>4,0	80	59	48	13
K4b: Kanerva	66 KeS iskemä	"	>4,0	92	70	58	10

Taulukko 5 jatkuu.

mittauspiste	ase/äänilähde	tulias./maali	d , km	L_{Cpeak}	L_{CE}	L_{AE}	N
8.11.							
K5a: Reijola	152 H 55	Ukonaho	13,2	77	64	44	10
K5b: Pirttimäki	"	"	5,8	93	73	57	35
K5e: Piilola	"	"	10,6	85	68	49	9
K5f: Niemenkylä	"	"	9,4	85	68	39	29
K5g: Johtola	"	"	7,5	97	76	59	18
K5a: Reijola	120 KrH 92	Sutinen	5,3	100	80	68	9
K5c: Kanerva	"	"	5,8	105	86	68	7
K5e: Piilola	"	"	12,2	80	64	41	5
K5a: Reijola	152 H iskemä	Lauttajärvi, länsi	9,0	102	86	62	21
K5b: Pirttimäki	"	"	6,9	88	74	52	24
K5e: Piilola	"	"	10,0	97	81	57	19
K5f: Niemenkylä	"	"	11,1	87	72	47	19
K5g: Johtola	"	"	3,9	111	91	81	29
K5a: Reijola	120 KrH iskemä	"	9,0	90	75	51	9
K5b: Pirttimäki	"	"	6,9	85	67	49	12
K5c: Kanerva	"	"	7,7	94	79	57	6
K5d: Kunnaala	"	"	9,1	79	62	37	3
K5e: Piilola	"	"	10,0	89	72	48	7
K5g: Johtola	"	"	3,9	104	82	72	11
L5: KrH tuliasema	"	"	4,3	98	77	61	7
K5c: Kanerva	Tulenkuvauus	Ei tietoa	>4,0	95	77	61	94
K5g: Johtola	"	"	-	91	71	60	15
K5a: Reijola	66 KeS 88	"	>6,5	84	65	50	24
K5c: Kanerva	"	"	>4,0	97	75	63	13
K5a: Reijola	66 KeS iskemä	"	>6,5	95	77	58	24
K5c: Kanerva	"	"	>4,0	105	85	71	13
9.11.							
K6a: Saarijärvi	152 H 55	Iso Heinävaara	3,5	109	92	73	28
K6b: Pääjärvi	"	"	3,6	82	69	41	27
K6c: Johtola	"	"	7,3	120	98	83	19
K6d: Karhiaho	"	"	7,5	95	82	51	26
K6e: Taistola	"	"	6,7	74	63	34	22
K6f: Yleisöpiste	"	"	7,1	96	82	56	18
K6a: Saarijärvi	152 H iskemä	Haravamäki	12,0	78	63	42	18
K6c: Johtola	"	"	~2,0	116	93	81	18
23.11.							
K7a: Kanerva	95 S	PST-mäki	4,2	102	84	67	13
K7a: Kanerva	112 RsKeS	Sinkotie	4,6	84	64	53	4
K7a: Kanerva	112 RsKeS iskemä	"	4,8	95	76	63	4
K7a: Kanerva	66 KeS 88	"	4,6	71	53	43	1
K7b: Juurikka	"	"	4,4	86	65	53	4
K7a: Kanerva	66 KeS iskemä	"	4,8	82	59	49	3
K7b: Juurikka	"	"	4,7	92	71	57	4
K7a: Kanerva	Tulenkuvauus	"	4,8	79	59	48	29

4 Melun laskenta

4.1 Laskentamalli

Raskaiden aseiden melun laskentaan käytettiin yleistä pohjoismaista ympäristömelun laskentamallia eli ns. teollisuusmelumallia [1]. Mallin soveltamista raskaille aseille sekä mallin toimintaperiaatetta on selostettu tarkemmin aikaisemmissa mm. Pahkajärven ja Hätilän ampuma-alueiden meluselvitysten raporteissa [3, 4].

4.2 Maastomalli ja laskentaohjelma

Laskentaa varten alueesta ja sen ympäristöstä laadittiin kolmiulotteinen akustinen maastomalli. Tässä tapauksessa tärkeimpänä maastomalli koostuu yksinkertaisesti maaston muodoista, joita edustavat korkeuskäyrät ja rantaviivojen korkeudet. Maasto on akustisesti muuten pehmeää mutta vedenpinnat (järvet) kovia.

Maastomalli laadittiin Topografikunnalta saadusta alueen numeerisesta peruskartasta. Järvien rantaviivojen korkeudet lisättiin malliin käsin lukemalla korkeustasot harjoituskartasta.

Varsinainen laskenta tehtiin tietokoneohjelmalla, joka muodostaa meluvyöhykkeet automaattisesti. Laskentaohjelma oli

Datakustik CADNA/A 3.7

joka sisältää yleisen pohjoismaisen laskentamallin [1].

Laskenta tehtiin käyttäen 50×50 m² suuruisia laskentaruutuja. Laskenta-alueen koko oli 44×36 km, joten laskentaruutuja oli $880 \times 720 = 633\,600$ kpl. Laskentaruudukon pisteet sijaitsivat tavalliseen tapaan 2 m korkeudella maanpinnasta.

4.3 Laskennan lähtöarvot ja laskentasuureet

Lähtöarvoina käytettiin ensisijaisesti tässä ja aiemmissa vastaavissa töissä mitattuja aseiden melupäästöjä. Mittauksia voitiin lähtöpanoksille tehdä vain sivu- ja takasuuntiin. Etuviistoon ja eteen suuntautuvan melun lähtöarvojen osalta jouduttiin turvautumaan aikaisempiin tai epäsuoriin tietoihin. Tässä tehtyjen mittausten melupäästöt eli äänienergiatasot on esitetty taulukossa 6.

Omien vanhojen [3–6] ja uusien mittausten lisäksi käytettävissä oli Puolustusvoimien aikaisemmin mitaamat tiedot eräiden raskaiden aseiden melupäästöstä [2]. Jotta niitä voitaisiin käyttää laskentamallin lähtötietoina, ne on muunnettu äänienergiatasoiksi L_E . Muunnoksen tekeminen on selostettu aikaisemmissa selvitysraporteissa [3–6].

Tässä työssä käytettiin aikaisemmista tiedoista kuitenkin vain *suhteellisia, suuntaavuutta* edustavia tietoja. Niissä suunnissa, joista ei tässä saatu uutta mittaustulosta, melupäästö eli äänienergiataso muodostettiin tämän työn mittausten muiden suuntien absoluuttisen tason ja aikaisempien mittausten suuntaavuustiedon yhdistelmänä.

Taulukko 6. Aseiden mitatut melupäästöt eli äänienergiatasot L_E [dB re 1 p] oktaavikaistoit-
tain ja eri suuntiin.

suunta \ Hz	31,5	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k
155 K 98, 2-panos									
135°	168	166	155	159	157	155	153	149	148
180°	163	162	159	159	157	155	153	150	149
95 S, JVA 2063									
90°	172	153	156	167	164	157	147	141	146
135°	176	167	168	172	164	159	151	150	150
155 K 98 ja 152 H 55, iskemä*									
	177	159	172	183	179	166	161	161	161
120 KrH 92, iskemä									
	161	153	164	174	170	159	153	153	153

*keskiarvo molempien aseiden kaikista mittaustuloksista.

Niille aseille, joista ei ollut suuntaavuustietoa käytettävissä, suuntaavuus lainattiin tyy-
piltään tai kaliiperiltaan lähinnä samanlaiselta tunnetulta aseelta. Tällä perusteella ka-
nuunoiden ja hauptisien suuntaavuudet etusuuntaan ovat peräisin 155 mm kanuunal-
ta, jonka suuntaavuus on laajimmin mitattu.

Merkittävä osa tämän työn päästömittauksista tehtiin iskemille. Mittaukset tehtiin tu-
lenjohtopaikalta, joka sijaitsi keskimäärin noin 1,5 km etäisyydellä räjähdyspaikasta.
Iskemien lähtötiedot saatiin 155 mm kanuunalle, 152 mm hauptisille ja 120 mm kranaa-
tinheittimelle. Mallilaskennassa iskemien päästöinä päädyttiin kuitenkin käyttämään
standardin ISO/DIS 17201-2 mukaisia laskettuja teoreettisia arvoja, joiden soveltuvuut-
ta on arvioitu kappaleessa 5.2 [10].

Melun mallilaskenta tehtiin yhtäikaa kahdelle äänitasosuurelle:

- A-äänialtistustaso L_{AE}
- C-äänialtistustaso L_{CE}

Useiden melulähteiden yhteistä melua esittävässä tuloksissa A-altistustasot yhdistettiin
tavanomaiseen keskiäänitason tapaan signaalienergian mielessä neliökeskiarvoina. C-
tasojen yhdistelmät muodostettiin maksimifunktion $L_{CE} = \max(L_{CE1}, L_{CE2})$ avulla.

4.4 Laskentatilanteet ja tulossuureet

Laskettaviksi tilanteiksi valittiin viisi edustavaa, ”meluista” harjoitusta. Näistä neljä on
lueteltu kohdassa 2.2. Viides esimerkkiharjoitus on ennuste tulevaisuuden tykistöhar-
joituksesta, jossa on käytössä nykyisten asemien lisäksi Iso Heinävaaran tuliasemat Ki-
vijärven länsipuolella. Uusiin tuliasemiin asetettiin kolmasosa tykkien kokonaislau-
kausmäärästä.

Kaikista harjoituksista oli käytössä aseiden, laukausmäärien, tuliasemien ja maalialu-
eiden tiedot.

Tämän työn laskentaosuudessa käytetään primääritasosuureina A- ja C-äänialtistus-tasoa L_{AE} ja L_{CE} . Tulossuureina käytetään Puolustusvoimien ohjeen [7] suureista A-keskiäänitasoa L_{Aeq} ja C-äänialtistus-tasoa L_{CE} .

A-äänialtistus-tasosta L_{AE} päästään harjoituspäivän tavalliseen A-keskiäänitasoon L_{Aeq} , kun siihen lisätään harjoitusten kestoajat ja laukausten lukumäärät sisältävät termit. Lisäksi tarvittaisiin raskaiden aseiden melun *impulssikorjaus*.

L_{Aeq} lasketaan yhtälöllä

$$L_{Aeq} = L_{AE} + K; \quad K = -10 \lg T_d + 10 \lg N$$

missä $T_d = 54\,000$ (päiväajan kesto 15 h sekunteina) ja $N =$ laukausten lukumäärä.

Jälkimmäisen tason suureen, C-äänialtistus-tason L_{CE} voidaan katsoa sellaisenaan edustavan yksittäisen laukauksen aiheuttamaa hetkellistä haittaa. Toisin sanoen se edustaa häiritsevyyttä riippumatta harjoituksen kestoajasta ja laukausten lukumäärästä.

4.5 Impulssikorjaus

Impulssikorjauksen käyttötarkoituksena on muuttaa ampumamelun keskiäänitason mittausta- tai laskentatuloksen lukuarvoa niin, että korjattu arvo on suoraan sama kuin *yhtä häiritsevä* muilla tavallisilla ympäristömeluilla, kuten tieliikennemelulla. Suomessa ei toistaiseksi ole säädöstä raskaiden aseiden impulssikorjauksen suuruudesta.

Koska tilanne on edelleen vakiintumaton, korjaus päätettiin jättää myös tässä työssä esitettävistä melukarttatuloksista toistaiseksi pois, samoin kuin edellisissäkin selvityksissä [3–6].

Selvitysten lopputuloksen ilmoittamisessa jokin alustava impulssikorjauksen arvo kuitenkin tarvitaan. Tässä työssä jatkettiin samaa väliaikaista kompromissikäytäntöä kuin edellisissä selvityksissä. Korjauksen arvoksi oletetaan tasaluku +10 dB, jolloin korjaamattoman keskiäänitason L_{Aeq} käyrä 45 dB vastaa silloin samalla korjattua arvoa 55 dB.

4.6 Laskentatulokset

Tulossuureiden, C-äänialtistus-tasojen L_{CE} ja A-keskiäänitasojen L_{Aeq} melukartat on esitetty liitteissä C1–C5 ja D1–D5. Liitteiden kartat esittävät harjoitusten laskennallista rekonstruktioita. Liitteissä D on laskettu taulukon 7 harjoitusten aktiivisten päivien keskimääräiset A-keskiäänitasot L_{Aeq} .

Liitteissä E1 ja E2 on esitetty tämän selvityksen lopputulos, synteesi eli kooste Vuosangan ampuma- ja harjoitusalueen melusta edustavien harjoitusten aikana keskimäärin:

- Liitteen E1 C-äänialtistus-taso L_{CE} on esimerkkiharjoitusten yksittäisten laukausten maksimitaso laskettuna liitteistä C1–C4.
- Liitteen E2 A-keskiäänitason L_{Aeq} osalta kooste on tykistön esimerkkiharjoitusten keskimääräisten harjoituspäivien keskiarvo laskettuna liitteistä D1 ja D2. Keskiarvossa ei ole mukana esimerkkiharjoituksia 3 ja 4, jotka osoittautuivat kertaluokkaa hiljaisemmiksi kuin tykistöharjoitukset.

Taulukko 7. Tyypilliset harjoitukset vuonna 2007 (H1–H4) sekä suunniteltu uusi harjoitus (H5), aseineen ja keskimääräisine laukauserineen per aktiivinen päivä.

harjoitus	H1	H2	H3	H4	H5
<i>pvm</i>	12-18.6.	5.-9.11.	19.-25.11.	22.10.-2.11.	ennuste
<i>aktiivisia päiviä</i>	7	4	5	10	5
<i>ase</i>	<i>ls / päivä</i>	<i>ls / päivä</i>	<i>ls / päivä</i>	<i>ls / päivä</i>	<i>ls / päivä</i>
155 K	43				80
155 K Iso Heinävaara					40
152 H		248			
120 KrH	140	74			140
81 KrH	86		30	185	86
122 RakH		10			
95 S			12		
112 RsKeS (orak/harak)			12	23	
66 KeS (orak/harak)		50	10	23	
Räjäytys 50 Kg TNT				0,1	
Räjäytys 2 Kg TNT				16	
Tulenkuvaus		150	40	144	
Miinat			2		

Kielilammen tuliasemat eivät olleet tykistön käytössä vuoden 2007 harjoituksissa. Tämä oli poikkeuksellista ja liitteiden E1 ja E2 melualueisiin lisättiin erikseen tuliasemien käytöstä aiheutuva melu. Tuliasemien melu arvioitiin pahimman tapauksen mukaan, joka käsittää kaksi ammuntopäivää vuodessa, 250 laukausta kumpanakin päivänä, aseella 152 H.

Liitteissä E1 ja E2 ei ole otettu huomioon suunniteltua harjoitusta (esimerkkiharjoitus 5). Iso Heinävaaran tuliasemien aiheuttama melu on esitetty liitteissä C5 ja D5.

Liitteiden D ja E2 laskentatulokset ovat A-keskiäänitasoja L_{Aeq} sellaisinaan; ne eivät sisällä mitään impulssikorjausta.

5 Tulosten tarkastelu

5.1 Laskennan ja mittausten vertailu

Kaukopisteiden mitattujen ja laskettujen primäärisuureiden eli C- ja A-äänialtistustasojen vertailu on esitetty taulukoissa 8-10. Vertailu osoittaa, että äänitason laskentatulokset ovat yleensä suurempia kuin mitatut tasot. Osin erot ovat jopa huomattavan suuria.

Useimmissa tapauksissa eroon voidaan liittää sääoloihin perustuva mahdollinen selitys. Alla kommentoidaan yksittäisiä tuloksia.

- **K1c: Kunnaala, 155 K iskemät**
Mittauspiste oli iskemiin nähden mäen varjossa, jonka vaikutuksen laskentamalli aliarvioi, kun sää ei ole äänen etenemisen kannalta täysin suotuisa.
- **K1a: Kanerva ja K1c: Kunnaala, 155 K Kataja**
Mittauspisteet eivät ilmeisesti olleet riittävästi myötätuulen puolella.
- **K3c: Korkeavaara, 155 K Hamara- ja Paljakkavaara**
Aamumittauksessa tuuli oli vielä täysin tyyni, joten eteneminen oli lähinnä neutraalia eli vähemmän suotuisaa kuin laskentamallissa.
- **K3d: Kumpulantie ja K3e: Hautala, Hamara- ja Paljakkavaara**
Mittauspisteet olivat mäkien varjossa, minkä estevaikutuksen laskentamalli aliarvioi, kun sää ei ole täysin äänen etenemisen kannalta suotuisa. Tuuli oli lisäksi enemmän sivu- kuin myötätuuli.
- **K3a-K3f, 155 K iskemät, Lauttajärvi**
Aurinkoisen sään lisäksi selityksenä saattaa olla iskemien tarkan osuipaikan lähimaasto.
- **K4a ja K5a: Reijola ja K4b: Kanerva, 152 H 55 lähtö, Ukonaho**
Talviset olosuhteet eli maan paksult peittävä lumi pitkän etäisyyden ohella aiheuttavat väistämättä suuria eroja laskenta- ja mittaustulosten välille. Tuloksella on toisaalta pieni merkitys pienistä melutasoista johtuen.
- **K6b: Pääjärvi ja K6e: Taistola, 152 H 55 lähtö, Iso Heinävaara**
Erot ovat huomattavan suuria, sillä mittauspisteet eivät olleet äänen etenemisen kannalta suotuisassa suunnassa. Välissä oli lisäksi mäki ja maassa paksult pehmeää lunta.
- **K6d: Karhiaho ja K6f: Yleisöpiste, 152 H 55 lähtö, Iso Heinävaara**
Todennäköinen selitys eroille on paksussa lumipeitteessä.
- **K7a: Kanerva, 66 KeS 88 ja 112 RsKeS, Sinkotie**
Tarkat kertasinkojen tulasemien sijainnit eivät olleet tiedossa, jolloin jonkin mäen laskennallinen estevaikutus saattaa hieman erota todellisesta.

Taulukko 8. Kaukopisteiden laskenta- ja mittaustulokset [dB] 16.-18.6.2007 (laskelmat tehty yhden desimaalin tarkkuudella, tulokset pyöristetty).

piste	C-äänialtistustaso L_{CE}			A-äänialtistustaso L_{AE}		
	<i>laskettu</i>	<i>mitattu</i>	<i>erotus</i>	<i>laskettu</i>	<i>mitattu</i>	<i>erotus</i>
16.6.						
155 K 98, 2-panos, Kataja						
L1a	88	88	1	75	73	2
K1a	82	60	22	61	44	17
K1b	94	84	10	80	71	8
K1c	83	73	10	64	46	18
K1d	86	80	6	66	63	3
155 K 98, iskemä, Lauttajärvi etelä						
K1a	90	73	16	64	52	12
K1c	88	70	17	61	45	16
K1d	86	72	14	60	54	6
17.6.						
155 K 98, 2-panos, Paljakkavaara						
K2a	83	73	10	63	58	5
K2b	83	81	2	60	63	-2
155 K 98, iskemä, Lauttajärvi pohjoinen						
K2a	89	75	13	62	56	6
K2b	85	68	17	58	49	9
18.6.						
155 K 98, 3-panos, Hamaravaara						
K3a	90	56	34	63	47	16
K3c	96	85	11	74	51	23
155 K 98, 2-panos, Paljakkavaara						
K3a	84	81	3	65	63	1
K3c	83	71	12	61	42	18
155 K 98, 2-3-panos, Paljakka- ja Hamaravaara						
K3b	85	52	32	59	35	24
K3d	88	62	26	64	44	19
K3e	88	57	31	63	42	22
K3f	82	63	20	54	46	7
155 K 98, iskemä, Syvä-Salminen						
K3a	89	75	14	62	45	17
K3b	85	55	31	58	30	28
K3c	85	65	20	58	41	17
K3d	85	55	30	58	34	24
K3e	86	54	32	59	33	26
K3f	87	67	20	59	49	10

Taulukko 9. Kaukopisteiden laskenta- ja mittaustulokset [dB] 7.-9.11.2007 (laskelmat tehty yhden desimaalin tarkkuudella, tulokset pyöristetty).

piste	C-äänialtistustaso L_{CE}			A-äänialtistustaso L_{AE}		
	<i>laskettu</i>	<i>mitattu</i>	<i>erotus</i>	<i>laskettu</i>	<i>mitattu</i>	<i>erotus</i>
7.11. 152 H 55, Paljakkavaara						
K4a	85	66	19	63	39	24
K4b	85	58	27	65	36	28
K4c	79	74	5	52	46	6
L4	92	85	7	72	70	2
120 KrH 92, 4-panos, Sutinen						
K4a	80	71	9	61	60	1
K4b	79	67	12	60	49	11
152 H 55, iskemä, Lauttajärvi länsi						
K4a	88	76	12	64	57	7
K4b	90	77	13	66	57	9
K4c	88	73	15	62	56	6
120 KrH 92, iskemä, Lauttajärvi länsi						
K4a	82	59	22	55	41	14
K4b	83	63	20	57	44	13
8.11. 152 H 55, Ukonaho						
K5a	86	64	22	67	44	22
K5b	88	73	15	65	57	8
K5e	83	68	15	57	49	8
K5f	84	68	16	59	39	20
K5g	90	76	14	75	59	17
120 KrH 92, 4-panos, Sutinen						
K5a	80	80	0	62	68	-6
K5c	79	86	-7	60	68	-7
K5e	73	64	8	49	41	8
152 H 55, iskemä, Lauttajärvi länsi						
K5a	88	86	3	64	62	2
K5b	90	74	16	67	52	15
K5e	88	81	7	63	57	6
K5f	86	72	14	61	47	14
K5g	95	91	4	76	81	-6
120 KrH 92, iskemä, Lauttajärvi länsi						
K5a	82	75	7	55	51	5
K5b	83	67	16	58	49	8
K5c	83	79	4	57	57	1
K5d	81	62	19	55	37	17
K5e	80	72	9	54	48	6
K5g	88	82	6	66	72	-7
L5	88	77	11	63	61	2
9.11. 152 H 55, Iso Heinävaara						
K6a	99	92	7	82	73	8
K6b	98	69	29	79	41	38
K6c	100	98	2	87	83	4
K6d	91	82	9	68	51	17
K6e	92	63	29	71	34	37
K6f	92	82	10	70	56	14
152 H 55, iskemä, Haravamäki						
K6a	85	63	22	59	42	17
K6c	101	93	7	83	81	2

Taulukko 10. Kaukopisteiden laskenta- ja mittaustulokset [dB] 23.11.2007 (laskelmat tehty yhden desimaalin tarkkuudella, tulokset pyöristetty).

piste	C-äänialtistustaso L_{CE}			A-äänialtistustaso L_{AE}		
	laskettu	mitattu	erotus	laskettu	mitattu	erotus
23.11.						
95 S, JVA 2063, PST-mäki						
K7a	90	84	6	68	67	1
112 RsKeS, orak, Sinkotie						
K7a	90	64	25	65	53	12
L7a	110	89	20	91	81	10
112 RsKeS, orak iskemä, Sinkotie						
K7a	90	76	14	68	63	5
L7a	106	97	9	92	87	5
66 KeS 88, orak, Sinkotie						
K7a	83	53	30	58	43	15
K7b	78	65	13	57	53	4
66 KeS 88, orak iskemä, Sinkotie						
K7a	86	59	27	64	49	14
K7b	87	71	16	64	57	7
Tulokuvaus, 200 g TNT, Sinkotie						
K7a	72	59	13	54	48	7
L7a	91	87	4	82	73	9

5.2 Vertailu aikaisempiin mittauksiin

Vuosangassa ei tiettävästi ole aikaisemmin tehty systemaattisia raskaiden aseiden melutasojen kaukomittauksia. Sen sijaan vertailu voidaan tehdä lähimittausten avulla tehtyjen päästön määritysten osalta; 155 mm kanuunan, raskaan heittimen ja raskaan singon sekä tykkien ja heittimien iskemien päästöistä on aikaisempia tietoja [2-6]. Kokonaistasona ilmaistuna erot ovat seuraavat

- **155 K 98, 2-panos:** A-äänienergiataso L_{EA} oli nyt **0-4 dB** suurempi kuin aiemmin Pahkajärvellä mitattu vastaava panos. Merkittävää on, että mitattujen laukausten lukumäärä oli Vuosangassa selvästi pienempi.
- **120 KrH 92, 4-panos:** A-äänienergiataso L_{EA} oli nyt n. **4 dB** suurempi kuin Rovajärvellä mitattu vastaava panos. Molemmista mittauksista määritetyt päästöt olivat spektrien muodoiltaan tasaisia. Eroa aiheuttaa Vuosangan mittaustilanteen maan peittänyt paksu lumikerros.
- **155 K 98 ja 152 H 55, iskemät:** A-äänienergiataso L_{EA} oli nyt n. **9 dB** suurempi kuin aiemmin Pahkajärvellä mitattu iskemä.
- **120 KrH 92, iskemät:** A-äänienergiataso L_{EA} oli nyt n. **10 dB** suurempi kuin aiemmin Pahkajärvellä mitattu iskemä ja **11-17 dB** suurempi kuin Taipalsaarella ja Hätilässä mitatut iskemät.

Erot lähtölaukausten eri mittaustulosten välillä ovat melko pieniä. 155 mm kanuunan tapauksessa merkittävimmät erot olivat taajuusalueella 250–500 Hz, jossa maavaimennus on voimakkaimmillaan. Tämä tukee käsitystä, että maaheijastus eli maaston muo-

don ja akustisen impedanssin (kovuus/pehmeys) yhteisvaikutuksen arviointi on merkittävin virhelähde melupäästön määrittämisessä.

Raskaan heittimien osalta mittaus tehtiin paksun lumen ollessa maassa, jonka vaikutuksen huomioon ottaminen on vielä paljasta maata haastavampaa.

Iskemien tapauksessa melupäästöjen erot olivat lähtölaukauksia selvästi suurempia. Suuri mittausetäisyys (yli 1 km), sytytintyyppi, kranaatin tyyppi, räjähdyskorkeus ja maaston muodot ovat kaikki tekijöitä, jotka vaikuttavat merkittävästi melupäästöön ja näin ollen aiheuttavat eroa mittauskertojen tulosten välille.

Suurien erojen vuoksi iskemien melupäästöinä päädyttiin käyttämään standardiluonnoksen ISO/DIS 17201-2 mukaisesti määritettyjä melupäästöjä [10]. Standardin lähtötietoina tarvittiin räjähdysaineen tyyppi ja massa. Räjähdysaineen massa arvioitiin kranaattien kokonaismassasta.

Tykkien iskemien osalta teoreettinen A-äänienergiataso L_{EA} on 1 dB suurempi kuin Pahkajärvellä mitattu ja 7 dB pienempi kuin Vuosangassa mitattu. Raskaalla kranaatinheitimellä vastaavat erot ovat 4 dB ja 6 dB. Laskennalliset melupäästöt asettuvat siten mittaus tulosten väliin. Laskennalliset iskemien melupäästöt olivat myös kaukomittausten perusteella mitattuja melupäästöjä tarkemmat. (ISO-standardiluonnoksen mukaisen menetelmän käyttöä tultaneen käsittelemään erikseen tarkemmin vuoden 2008 kuluessa, raskaiden aseiden emission tarkastelun yhteydessä.)

5.3 Arvio melun haitallisuudesta

Suomessa ei ole raskaiden aseiden melulle varsinaisia ohjearvoja. Puolustusvoimien ohjeessa [7] on esitetty seuraavat suositusarvot:

- yhden tapahtuman **C-äänialtistustaso** L_{CE} ≤ 100 dB
- päiväjän impulssikorjattu **A-keskiäänitaso** $L_{Aeq,r}$ ≤ 55 dB

Näitä suositusarvoja vastaavat käyrät ovat liitteissä E1 ja E2 *keltaisella* värillä merkittyjen vyöhykkeiden ulkoreunat (kun keskiäänitason impulssikorjauksen arvoksi oletetaan tasan 10 dB). Mahdollisen häiriön kohteissa eli lähimmillä asuinpaikoilla saatiin seuraavia melutasojen laskentatuloksia:

Yksittäisten laukausten enimmäismelun **C-äänialtistustaso** L_{CE} liitteessä E1 ei ylitä Puolustusvoimien suositusarvoa **100 dB** millään asuinpaikalla. Lähimpänä suositusarvoa ovat talot Katajalammen tuliasemien kaakkoispuolella. Meluvyöhykkeelle 90–100 dB alueen ympärillä jää useita taloja.

A-keskiäänitason L_{Aeq} laskentatulokset vaihtelivat suhteellisen paljon eri harjoituksissa liitteissä D1–D5. Harjoitusviikoista tykistöharjoitukset olivat selvästi meluisimmat. *Keskimmääräisen* meluisan **tykistön** harjoituspäivän aikana A-tasot olivat lähimmillä tailoilla ilman impulssikorjausta noin **40–50 dB** (liite E2).

Mikäli raskaille aseille käytettäisiin impulssikorjauksen arvona 9 tai 10 dB, keskimääräinen melu harjoituspäivinä ylittäisi suositusarvon 55 dB alueen itäpuolella Katajalammen tuliasemien kaakkoispuolella.

Suunniteltujen Iso Heinävaaran tuliasemien melu ei nykysuunnitelmien mukaan laskettuna ylitä suositusarvoja lähimmillä asuinpaikoilla Pääjärven rannalla (liitteet C5 ja D5).

5.4 Melun ajallinen esiintyminen

Meluisimpia tykistön harjoitusviikkoja Vuosangan ampuma- ja harjoitusalueella on vuodessa suhteellisen vähän. Vuoden 2007 aikana tykistö suoritti ammuntoja noin 10 päivänä. Muita merkittäviä raskaita aseita sisältäviä harjoituksia oli yhteensä reilut kolme viikkoa. Vuonna 2008 tykistön ampumapäivät pysyvät suunnilleen ennallaan, vaikka harjoitukset muuten muuttuvatkin.

Esitetyt melualueet edustavat ainoastaan aktiivisten ammuntopäivien melua. Periaatteessa "meluista" aikaa on vuonna 2008 noin kahdeksan viikkoa, joista neljänä käytetään voimakkaimpia melulähteitä eli tykkejä.

Harjoitusten vuosittainen määrä luonnollisesti vaikuttaa asukkaiden kokemaan häiritsevyyteen. Tämän tekijän arvioimiseksi Suomessa ei kuitenkaan ole toistaiseksi käytetty pitkän ajan meluallistusta kuvaavaa mittalukua eli tässä tapauksessa koko vuoden A-keskiäänitasoa. Jos tällaista kuitenkin käytettäisiin, meluallistus jaettaisiin eli "tasoitettaisiin" koko vuoden ajalle. Tällöin A-keskiäänitason melualueet pienenisivät tässä esitetyistä noin 8 dB. Mutta jos näin tehtäisiin, samalla myös impulssikorjauksen arvo pitäisi määritellä erikseen, jolloin sen lukuarvo suurenisi [11].

6 Loppuhuomautuksia

Selvityksen tulokset osoittivat, että mallilaskenta ennustaa varsin selvästi sellaisissa sääolosuhteissa esiintyviä ääniallistustasoja, jotka ovat melun leviämistä suosivia. Muunlaisissa sääoloissa saadut mittaustulokset poikkesivat laskentatuloksista paikoin varsin paljon. Raskaiden aseiden melun tapauksessa melun leviämisen etäisyydet ovat kuitenkin paljon suurempia kuin kaikilla muilla ympäristömelun lajeilla, mikä on suuren vaihteluvälin tärkein selitys.

Lasketut melutasovyöhykkeet ovat suurista etäisyyksistä ja vaihtelevasta maastosta johtuen muodoltaan epäyhtenäisiä. Suositusarvokäyrän kulkua on syytä tulkita siten, että se on sen kuvitteellisen yhtenäisen alueen reunaviiva, joka sulkee sisäänsä kartassa näkyvät suositusarvojen ylittävät kohdat ja alueet.

On huomattava, että laskennan ja kartan melutasojen epätarkkuus on suurista etäisyyksistä ja vaihtelevasta maastosta sekä lisäksi päästötietojen epätarkkuudesta johtuen varsin suuri. Epävarmuus siitä, missä suositusarvojen käyrät sijaitsevat ja kulkevat maastossa, on vastaavasti väljä.

Viitteet

1. KRAGH J, ANDERSEN B & JACOBSEN J, Environmental noise from industrial plants. General prediction method. *Danish Acoustical Laboratory, Report 32*. Lyngby 1982. 54 s + liitt. 35 s.
2. PÄÄKKÖNEN R, Raskaiden aseiden meluemissiomittaukset 1998. Niinisalon koeampuma-asema. *Tampereen Alueyöterveyslaitos, raportti p99-26*. Tampere 1999.
3. LAHTI T, MARKULA T & PELTONEN T, Pahkajärven ampuma-alue. Ympäristömeluselvitys. *AKUKON 2100-1.1*, Helsinki 10.2.2006.
4. LAHTI T, MARKULA T & PELTONEN T, Hätilän ampuma-alue. Ympäristömeluselvitys. *AKUKON 2150-1.1*, Helsinki 30.1.2006.
5. MARKULA T, LAHTI T, PELTONEN T & JOKITULPPO J, Rovajärven ampuma-alue. Ympäristömeluselvitys. *AKUKON 2400-1.1*, Helsinki 31.5.2007.
6. MARKULA T, LAHTI T & PELTONEN T, Taipalsaaren ampuma-alue. Ympäristömeluselvitys. *AKUKON 2500-1.1*, Helsinki 15.5.2007.
7. Raskaiden aseiden ja räjähteiden aiheuttaman ympäristömelun arviointi. Ohje. *Puolustusvoimat*. Helsinki 2005.
8. Beregning af støjkonsekvensområder omkring forsvarrets øvelseområder. *Vejledning fra Miljøstyrelsen 8:1997*. Kööpenhamina 1997.
9. NT ACOU 080. Noise emission. Industrial plants. *Nordtest*, Espoo 1991.
10. ISO/DIS 17201-2: 2004. Acoustics - Noise from shooting ranges - Part 2: Estimation of source data for muzzle blast and projectile noise. *International Organization for Standardization*. Geneve 2004.
11. JOKITULPPO J, LAHTI T & MARKULA T, Ampumamelun arviointi. Kirjallisuusselvitys. *Ympäristöministeriö, Suomen ympäristö 39 / 2007*, Helsinki 2007.

Liiteluettelo

Liite A: Kaukomittauspisteet

Liitteet B: Kaukomittausten tulokset

B1:	Mittaukset 16.6.2007	155 K
B2:	Mittaukset 17.6.2007	155 K
B3:	Mittaukset 18.6.2007	155 K
B4:	Mittaukset 7.1.2007	152 H, 120 KrH, 66 KeS, Tulenkuvaus
B5:	Mittaukset 8.11.2007	152 H, 120 KrH, 66 KeS, Tulenkuvaus
B6:	Mittaukset 9.11.2007	152 H
B7:	Mittaukset 23.11.2007	95 S, 112 RsKeS, 66 KeS, Tulenkuvaus

Liitteet C: Esimerkkiharjoitukset, yksittäisten laukausten ja iskemien C-äänialtistustasot L_{CE}

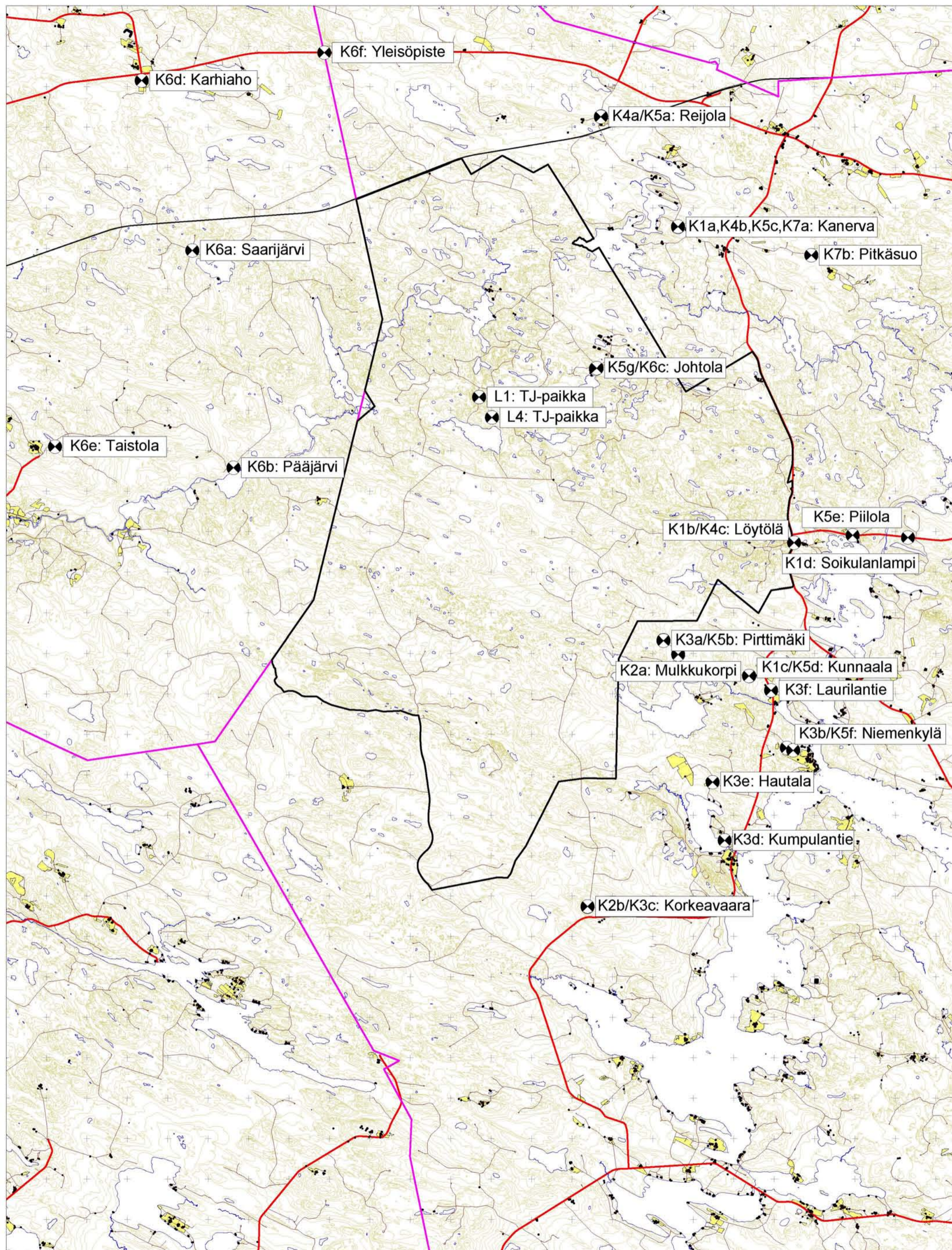
C1:	Esimerkkiharjoitus 1	155 K, 120 KrH, 81 KrH
C2:	Esimerkkiharjoitus 2	152 H, 122 RakH, 120 KrH, 66 KeS, Tulenkuvaus
C3:	Esimerkkiharjoitus 3	95 S, 112 RsKeS, 66 KeS, 81 KrH, Räjäytyksiä
C4:	Esimerkkiharjoitus 4	112 RsKeS, 66 KeS, 81 KrH, Räjäytyksiä
C5:	Suunniteltu harjoitus 5	155 K, 120 KrH, 81 KrH

Liitteet D: Esimerkkiharjoitukset, koko päivän (klo 7 – 22) A-keskiäänitasot L_{Aeq}

D1:	Esimerkkiharjoitus 1	155 K, 120 KrH, 81 KrH
D2:	Esimerkkiharjoitus 2	152 H, 122 RakH, 120 KrH, 66 KeS, Tulenkuvaus
D3:	Esimerkkiharjoitus 3	95 S, 112 RsKeS, 66 KeS, 81 KrH, Räjäytyksiä
D4:	Esimerkkiharjoitus 4	112 RsKeS, 66 KeS, 81 KrH, Räjäytyksiä
D5:	Suunniteltu harjoitus 5	155 K, 120 KrH, 81 KrH

Liitteet E: Vuoden 2007 ampumatoiminnan suositusarvoihin verrattavat melukartat

E1:	Yksittäisten laukausten ja iskemien enimmäismelu:	C-äänialtistustaso L_{CE}
E2:	Keskimääräinen melu tykistöharjoitusten aikana:	A-keskiäänitaso L_{Aeq}



Vuosangan ampuma-alue
Ympäristömeluselvitys

Kaukomittausten tulokset 16.6.2007
Yksi laukaus tai iskemä
Melulähde: L_{Cpeak} / L_{CE} / L_{AE}

Sää: lämpötila 15 °C, pilv. 6/8...2/8, tuuli puuskittaista W 3-8 m/s

