

Ingrid Leemet, Maris Vohta, Timo Markula

1.12.2025

**Nursipalu harjutusvälja laskeharjutuste mürauuring**

Tellija: Riigi Kaitseinvesteeringute Keskus

Kontaktisik: Marit Abiline

# NURSIPALU HARJUTUSVÄLJA 1-2.10.2025 LASKEHARJUTUSTE MÜRA JA 155 MM KALIIBRIGA LIIKURSUURTÜKI CAESAR RELVA LASU JA TABAMUSE HELIVÕIMSUSTASEMETE MÜRAUURING

## KVALITEEDI KINNITUS

Käesolev dokument on koostatud, kontrollitud ja heaks kiidetud vastavalt Akukon Oy kvaliteedisüsteemi juhistele. Kvaliteedisüsteem vastab standardi EN ISO/IEC 17025 nõuetele. Kvaliteedisüsteem, mis vastab eelpool mainitud standardi nõuetele, täidab ka ISO 9001 nõudeid.

Tallinnas 28.11.2025

Konsultant, koostaja



---

Ingrid Leemet, MSc

Konsultant, koostaja



---

Maris Vohta, BSc

## SISUKORD

<b>1</b>	<b>SISSEJUHATUS.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>MÜRAALLIKAD JA IMPULSSMÜRA.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>MÜRA NORMTASEMED.....</b>	<b>4</b>
3.1	KOHALDUSALA.....	4
3.2	AKTIIVSE HARJUTUSPÄEVA MÜRA HINNATUD TASEME MÄÄRAMINE.....	5
3.3	NORMTASEMED.....	5
<b>4</b>	<b>MÜRA MODELLEERIMINE.....</b>	<b>7</b>
4.1	MAASTIKUMUDEL.....	7
4.2	ARVUTUSTE PARAMEETRID.....	8
4.3	LÄHTEANDMED.....	9
4.4	RELVADE MÜRAEMISSIOONID.....	10
<b>5</b>	<b>TULEMUSED JA JÄRELDUSED.....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>VÖRDLUS NURSIPALU HV LAIENDUSE MÜRAUURINGUS HINNATUD OLUKORDADEGA.....</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>PIDEVSEIREJAAMADE ANALÜÜS.....</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>LISAD.....</b>	<b>20</b>
	<b>VIITED.....</b>	<b>21</b>

## 1 SISSEJUHATUS

Töö eesmärk on militaarmüra regulatsiooni põhimõtete ja nõuete järgi mürauuringu tegemine Nursipalu harjutusvälja 1-2.10.2025 laskeharjutuste müra ja 155 mm kaliibriga liikursuurtükk Caesar relva lasu ja tabamuse helivõimsustasemete määramiseks. Uuring koosneb mõõtmisprotokollist, seletuskirjast ja müralevikukaartidest, mis on koostatud modelleerimise teel.

Mudelarvutuste lähteandmetena määrati harjutuspäevadel läbiviidud müramõõtmise tulemuste põhjal liikursuurtükk Caesar relva lasu ja tabamuse helivõimsustasemed (Lisa C - Akukon 251480-1-B Nursipalu 1-2.10.25 harjutuspäevade mõõtmisprotokoll). Teiste relvade osas kasutati tellijalt eelnevate mürauuringute osana määratud relvade müraemissiooni andmeid.

Töö teostamisel lähtuti Riigi Kaitseinvesteeringute Keskuse militaarmüra regulatsioonist (uuendatud 07.08.2019) [1].

## 2 MÜRAALLIKAD JA IMPULSSMÜRA

Militaarmüra allikad on militaarmüra regulatsiooni tähenduses relvad, lõhkevahendid ja pürotehnilised imitatsioonivahendid. Müraallikad jagatakse oma iseloomu alusel:

- väikesekaliibrilised relvad – relvad, mille kaliiber on  $< 20$  mm ning käsigranaadid, lõhkelaengud ja pürotehnilised imitatsioonivahendid (lõhkepaketid, imitatsioonivahendid), mille kaal on  $< 50$  g TNT ekvivalent;
- suurekaliibrilised relvad – relvad, mille kaliiber on  $\geq 20$  mm ning käsigranaadid, lõhkelaengud ja pürotehnilised imitatsioonivahendid (lõhkepaketid, imitatsioonivahendid), mille kaal on  $\geq 50$  g TNT ekvivalent;

Võtmaks arvesse impulsiivse müra eriliselt häirivat toimet võrreldes mõõdetud, sama kõrge tasemega ühtlase müraga, lisatakse müra hinnatud taseme määramisel väikesekaliibrilistest relvadest põhjustatud mürale impulsskorrektsioon 12 dB ja suurekaliibrilistest relvadest põhjustatud mürale impulsskorrektsioon 15 dB.

## 3 MÜRA NORMTASEMED

### 3.1 Kohaldusala

Eesti õigusaktid riigikaitse tegevusega tekitatud müra ei reguleeri. Tegemaks ühtsetel alustel ja arusaamadatel mürauuringuid, järgitakse militaarmüra uuringute tellimisel ja koostamisel militaarmüra regulatsioonis toodud juhiseid ja põhimõtteid.

Militaarmüra regulatsioon kehtestab müra soovituslikud normtasemed müratundlike objektide (hoonete) juures. Militaarmüra hindamisel rakendatakse põhimõtteliselt ainult ühte maakatgoriat - atmosfääriõhu kaitse seaduse mõistes II kategooria. Müratundlike hoonetena käsitletakse inimestega otseselt seonduvaid objekte nagu elamud, hoolekandeesutused, tervishoiu-, laste- ja õppeasutused ning alaliselt kasutatavad muud müratundlikud hooned, rohealale jõudvat mürataset ei reguleerita. Olemasolevatel ja perspektiivsetel väljaõppeehitistel ja -aladel kehtivad samad nõuded.

Militaarmüra regulatsioonis rakendatakse ühte soovituslikku normataset – aktiivse harjutuspäeva kriitiline tase, mida rakendatakse nii olemasolevatel kui ka uutel aladel, mis paiknevad harjutusvälja lähedal.

Kriitiline tase – müratase, mis põhjustab olulist häirivust ja iseloomustab ebarahuldavat müraolukorda müratundlike eluhoonete õuealal (päevasel ajal) või müratundliku hoone juures (eluhoone enda juures öisel ajal, ühiskondliku hoone enda juures nii päevasel kui öisel ajal). Kriitilist taset rakendatakse aktiivse harjutuspäeva müraolukorra hindamisel. Kui kriitiline tase on ületatud, tuleks rakendada meetmeid müra vähendamiseks.

Lisaks kriitilisele tasemele rakendatakse suurekaliibriliste relvade puhul üksiku mürasündmuse maksimaalse C-korrigeeritud heli ekspositsioonitaseme  $L_{CE}$  soovituslikku normtaseta.

C-korrigeeritud heli ekspositsioonitaseme  $L_{CE}$  on sobilik suurekaliibriliste relvade üksiku mürasündmuse hindamise jaoks. Suurekaliibriliste relvade korral aitab indikaatori  $L_{CE}$  kasutamine hinnata üksikuid mürasündmusi, vibratsiooni ja madalsageduslikku müra. Suurekaliibriliste relvade osas hinnatakse seega lisaks päevase ajavahemiku (7–23) kirjeldavale müra hinnatud tasemele  $L_{Ar,ti}$  ka üksiku mürasündmuse maksimaalset C-korrigeeritud heli ekspositsioonitaset  $L_{CE}$ .

### 3.2 Aktiivse harjutuspäeva müra hinnatud taseme määramine

Päevase ajavahemiku (7–23) müraolukorda hinnatakse müra hinnatud tasemega  $L_{Ar,ti}$ , kus müraallika(te)st põhjustatud etteantud ajavahemikus  $t_i$  mõõdetud või arvutatud ekvivalentsele A-korrigeeritud helirõhutasemele  $L_{Aeq,ti}$  (dB) lisatakse impulsskorrektsioon  $K_i$  (dB) sõltuvalt müraallika(te) iseloomust:

$$L_{Ar,ti} = L_{Aeq,ti} + K_i \text{ (dB), kus}$$

$$L_{Aeq,ti} = L_{AE} - 10 \cdot \log T_d + 10 \cdot \log N;$$

$L_{Aeq,ti}$  on etteantud ajavahemikus mõõdetud või arvutatud müra A-korrigeeritud

ekvivalenttase, dB;  $T_d$  on referents ajaperioodi kestvus (sekundites);

$N$  on laskude arv;

$K_i$  on impulsskorrektsioon.

Müra hinnatud tase on etteantud ajavahemikus arvutatud või mõõdetud A-korrigeeritud tase, millele on tehtud parandusi, arvestades müra iseloomu (tonaalne või impulssheli) ja muid asjakohaseid parandusi (laskude arv, ajaperioodi kestvus). Võtmaks arvesse impulsiivse müra eriliselt häirivat toimet lisatakse militaarmüra hinnatud taseme määramisel väikesekaliibrilistest relvadest põhjustatud mürale impulsskorrektsioon 12 dB ja suurekaliibrilistest relvadest põhjustatud mürale impulsskorrektsioon 15 dB.

Alaliste ja ajutiselt kasutatavate väljaõppeehitiste ja -alade kasutamisest põhjustatud müra kriitiliste tasemete kehtestamisel müratundlike objektide juures on arvestatud müraolukorraga lähtudes aktiivsete harjutuspäevade(ööde) müratasemest. Toodud põhimõtte tähendab, et väljaõppeehitisel/-alal võib teostada erineva koormusega väljaõpet ning eesmärk on, et aktiivsel harjutuspäeval(öö) ei tohi müra hinnatud tase ületada kriitilist taset. Aktiivne harjutuspäev on militaarmüra regulatsiooni järgi väljaõppeehitisel või – alal läbiviidav impulssmüra tekitav väljaõpe.

### 3.3 Normtasemed

Müra normtaseta võrreldakse müra hinnatud tasemega päevasel (7.00–23.00) ja öisel (23.00–7.00) ajavahemikul. Kui ühel ja samal päeval kasutatakse väljaõppes nii suure- kui väikesekaliibrilisi relvi,

siis on oluline hinnata nende koosmõjust lähtuvat mürataset. Müra soovituslikud kriitilised tasemed on esitatud alljärgnevas tabelis 1.

**Tabel 1. Soovituslikud normtaseme arvsuurused müratundlike objektide juures**

	Kriitiline tase, dB	
	Päev $L_d$	Öö $L_n$
Väikese- ja suurekaliibrilised relvad	65	55

Suurekaliibriliste relvade osas hinnatakse täiendavalt üksiku mürasündmuse maksimaalset C-korrigeeritud heli ekspositsioonitaset  $L_{CE}$ , mille soovitusliku taotlustaseme arvsuurus päeval (7.00–23.00) ja öisel ajavahemikul (23.00–7.00) on esitatud alljärgnevas tabelis 2.

**Tabel 2. Soovituslikud normtaseme arvsuurused müratundlike objektide juures**

	Taotlustase, dB	
	Päev $L_{CE}$	Öö $L_{CE}$
Suurekaliibrilised relvad	100	90

Lõhkamis- või suurekaliibriliste relvade laskmiskohas tekitatud vibratsioon ei levi kaugemal paiknevate hooneteni maapinna kaudu, vaid vibratsiooni põhjustab maapinnale ja hoonetele mõjuv helilaine energia (nn lööklaine). Põhiline osa hoone vibratsioonist tekibki helilaine survest välispiirdele ja akendele ning see on suurim ehitiste kahjustusriski allikas.

Tabelis 3 on näidatud maksimaalse helirõhutaseme  $L_{pZE}$  seos tekkivate vibratsiooniilmingute ja ehitiste kahjustustega.

**Tabel 3.  $L_{pZE}$  helirõhutaseme mõju vibratsioonile**

$L_{pZE}$	Mõju
kuni 108 dB	Vibratsiooni tõenäoliselt ei esine
108-135 dB	Tõenäoline vibratsiooni esinemine
135-160 dB	Aknaklaaside pragunemine, mikropraod
üle 160 dB	Hoonete kahjustused

Kui tekib kahtlus militaarmüra allikate põhjustatud võimalike ehituskahjustuste osas, siis andmaks esialgset hinnangut müratundlike hoonete võimalike ehituskahjustuste tekkimise kohta, kasutatakse selleks heli ekspositsioonitaseme  $L_{pZE}$  soovituslikku piirataset ehk  $L_{pZE}$  125 dB ületamine võib tähendada ehituskahjustuste tekkimise võimalikkust. Indikaativse hinnangu saab anda toetudes konkreetsest suurekaliibrilistest relvast tehtud lasu (üksik mürasündmus) maksimaalse C-korrigeeritud heli ekspositsioonitaseme  $L_{CE}$  väärtusele. Indikaatorite  $L_{CE}$  ja  $L_{ZE}$  väärtuste vahe samas mõõtepunktis on üldiselt kuni 10 dB ehk  $L_{ZE}$  väärtus on kuni 10 dB suurem kui  $L_{CE}$  väärtus samas mõõtepunktis.

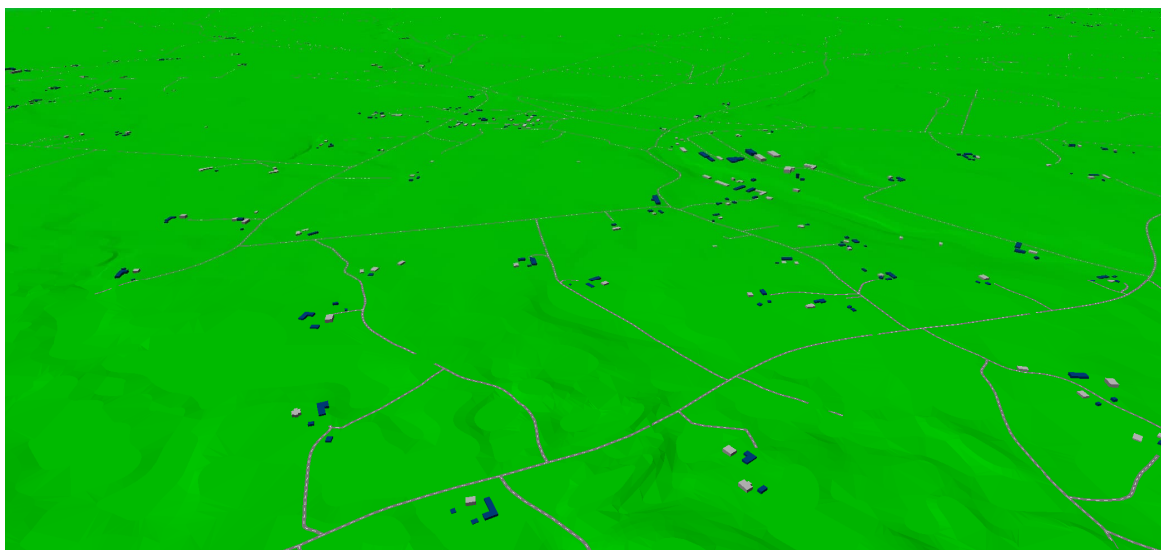
Võimalike kuulmiskahjustuste vältimiseks on soovituslik, et väljaõppe teostamine oleks keelatud, kui see põhjustab lähimate müratundlike hoonete juures C-korrigeeritud tippelirõhutaseme  $L_{Cpeak}$  135 dB ületamise. Suurekaliibriliste relvade puhul on indikaatorite  $L_{Cpeak}$  ja  $L_{CE}$  erinevus reeglina 15 dB samas mõõtmispunktis ehk  $L_{Cpeak}$  väärtus on kuni 15 dB suurem kui  $L_{CE}$  väärtus samas mõõtepunktis.

## 4 MÜRA MODELLEERIMINE

Müratasemete arvutamisel ja mürakaardi koostamisel kasutati arvutiprogrammi Datakustik Cadna/2025, mille tarbeks tehti maa-alast kolmemõõtmeline akustiline maastikumudel. Käesolevas uuringus kasutatakse rahvusvahelist üldist keskkonnamüra arvutusmeetodit ISO 9613-2 „Acoustics – Abatement of sound propagation outdoors, Part 2: General method of calculation”[2].

### 4.1 Maastikumudel

Lähteandmetena vajab arvutusmudel iga müraallika asukohta ja müraemissiooni ning kolmemõõtmelist maastikumudelit, mis sisaldab hooneid ja teisi takistusi.



Joonis 1. Vaade maastikumudelile

Kaardistamise jaoks vajalik kõrgusinfo kolmedimensiooniliste joontena saadi Maa- ja Ruumiameti geoportaalist. Andmestik sisaldas maapinna kõrgusjooni, hoonete kõrgusinformatsiooni, teede, tänavate, veekogude, katastripiiride asukohti. Maastikumudeli loomisel kasutati kõrgusinfona täisarvulisi kõrgusjooni, 1 m vahega.

Hoonete jagunemine kasutusotstarbe alusel oli järgmine:


- elu-ühiskondlik hoone (kaartidel halli värviga);
- kõrval-, tootmishoone (kaartidel tumesinise värviga).

Kõikidele hoonetele määrati välispiirde helineeldekoeffitsiendiks 0,21, mis vastab struktuurse pinnaga fassaadile.

Maapinna helineelduvustegur määrati antud töös järgmiselt:

- akustilised pehmed pinnad (mets, rohumaad, põllud, niidud) – helineeldetegur  $G = 1$ ;
- akustiliselt kõvad pinnad (teed, veekogud) – helineeldetegur  $G = 0$ ;

Mõõtmispunktide asukohad on tähistatud  märgiga.

Müraallikate, tabamuste (relvade, lõhkamisala) asukohad on mürakaartidel märgitud + ja – märgiga. Natura linnualad on kaartidel märgitud  märgiga.

Pindade akustilisi omadusi võetakse arvutustes arvesse pinnaseteguri  $G$  kaudu. Vastavalt ISO 9613-2 järgi on akustiliselt pehme pinnas, mis hõlmab muru, puude või muu taimestikuga kaetud maapinda ja kõiki muid taimestiku kasvuks sobivaid pinnaseid. Akustiliselt kõvad pinnad on vesi,

asfalt, betoon. Akustiliselt kõvadelt pindadelt toimub peaaegu täielik peegeldumine (suurendab müratasemeid heli peegeldumise tõttu), kui pind on akustiliselt pehme, on peegeldumine osaline.

Militaarmüra uuringutes ei ole suuri metsamassiive müra leviku arvutustes arvestatud, kuna mets võib ajas muutuda (raied, juurdekasv, tuulemurrud, talvised ja suvised muutused jne), Seega müralevikukaardid on konservatiivse lähenemisega. Heli vähene, mõne detsibelli suurune neeldumine kaasneb siis, kui mets on väga tihe ja mitmekümne meetri paksune, lisaks puudele peab olema ka tihe alustaimestik. Samas mitte kogu helienergia ei liigu sirgjoonelt läbi metsa, vaid ka selle kohal. Arvutusmeetod arvestab sellist müra kõverat levimisrada.

Lisaks on raskerelvade puhul tegemist madalsagedusliku heliga ning selle neeldumine ja hajumine õhus ja maapinnas on minimaalne ning peamiselt on tegemist ainult helienergia geomeetrilise sumbumisega ehk helirõhk väheneb võrdeliselt kaugusega – kui kaugus müraallika ja vastuvõtja vahel kahekordistub, väheneb helitase 6 dB võrra, kui kaugus kümnekordistub, väheneb helitase 20 dB võrra. [3]

## 4.2 Arvutuste parameetrid

Mürataseme suuruse konkreetses punktis/asukohas määravad müraallika müraemissioon ehk helivõimsustase (akustiline energia, mida allikas kiirgab) ja heli leviku tingimused. Heli liikumisteel olevad pinnad ja takistused mõjutavad müra levikut ja suurust. Sellepärast teostatakse müratasemete arvutus sagedusribades. Lõpptulemusena erinevate sageduste väärtused liidetakse kokku ühenumbriks väärtuseks, ekvivalentseks kaalutud A-helirõhutasemeks  $L_{Aeq}$ .

Ekvivalentse helirõhutaseme tähtsaim käsitlus on järgnev. Kui müraallikas toimib ainult osaliselt käsitletavast ajavahemikust, siis selle pikale ajale (näiteks päevasele või öisele ajavahemikule) arvutatud ekvivalentne helirõhutase on väiksem kui töös oleku ajal valitsev iga lühiajaline kaalutud A-helirõhutase.

Arvutusmudeli kasutamiseks vajalikud lähteandmed on iga müraallika asukoha- ja emissiooniandmed ning arvutusjoonel olev maastik koos ehitiste ja takistustega alates müraallikast kuni arvutuspunktini. Arvutusmudelis esindab müraallikat või –allikaid ekvivalentne punkti- või joonekujuline müraallikas, mis paikneb tõelise allika akustilises keskpunktis.

Mürakaardistamis tarkvara arvutab müra, arvestades maapinna omadusi (kõvad, pehmed pinnad), müraallika emissiooni väärtusi, müra levikut takistavaid või soodustavaid tegureid ning paranduskorrektsioone.

Tähtsamad arvutuste teostamise seaded ehk modelleerimisel kasutatud fikseeritud parameetrid olid järgmised:

- õhutemperatuur 10°C; suhteline õhuniiskus 70% (fikseeritud ilmastikuparameetrid),
- arvutusrudustiku samm mürakaartidel on 50 x 50 m,
- müratasemete arvutus teostati 2 m kõrgusel maapinnast,
- müravahemikud kaartidel on esitatud 5 dB kaupa,
- maksimaalne viga 0,1 dB,
- peegelduste arv 3,
- mürakaartide ulatus arvestab mürakontuuride ulatuse tingimusi (müra hinnatud taseme mürakaardid 45–75 dB, suurekaliibrilise relvade  $L_{CE}$  mürakaardi puhul vahemikus 85–115 dB).

### 4.3 Lähteandmed

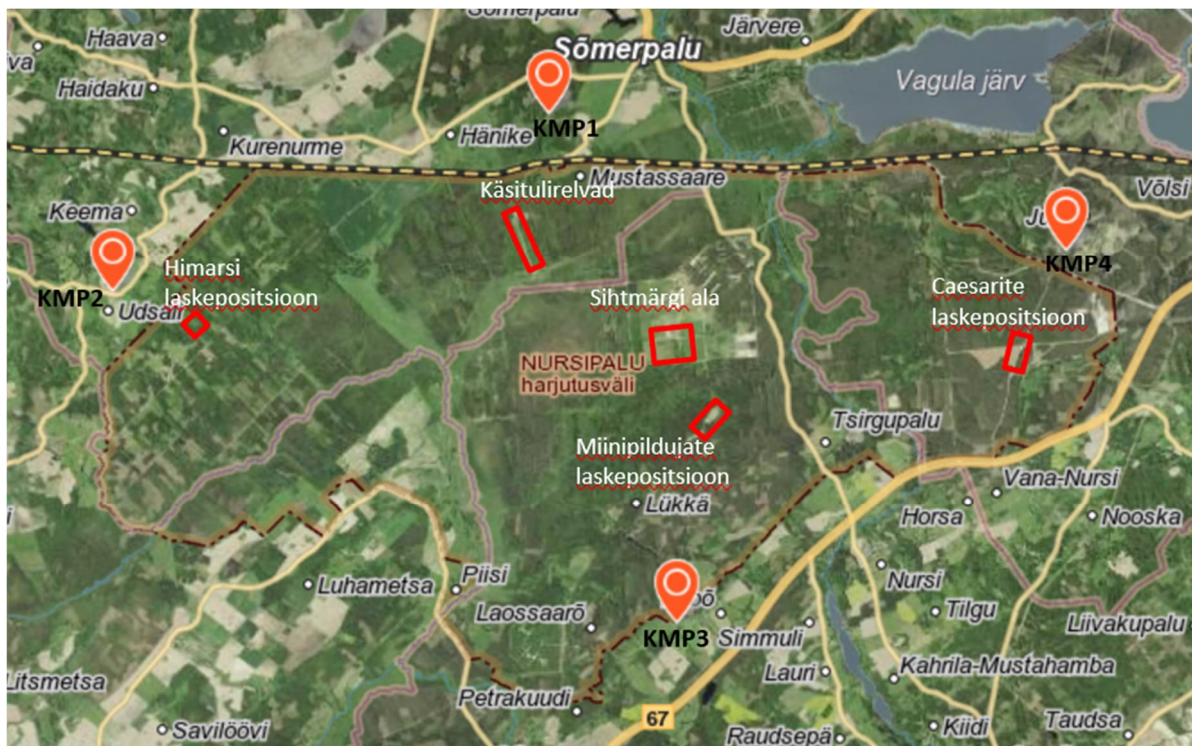
01-02.10.2025 toimusid Nursipalu harjutusväljal liikursuurtükk Caesari ja Himarsi relvasüsteemi laskeharjutused lisaks lasti Vilbusuu lasketiirus käsitulirelvi, Carl-Gustav tankitõrjegranaadiheitjat ja Lükka taktialal miinipildujaid. Harjutuspäeval teostati helirõhutasemete mõõtmised neljas tellijaga eelnevalt kokku lepitud mõõtmispunktis, et välja selgitada Nursipalu harjutusväljal läbiviidavate laskeharjutuste müratase. Lisaks mõõdeti harjutusväljal 155 mm kaliibriga liikursuurtüki Caesar relva lasu ja tabamuse helivõimsustasemeid (Lisa C - Akukon 251480-1-B Nursipalu 1-2.10.25 harjutuspäevade mõõtmisprotokoll).

Tabelis 4 on toodud laskeharjutustel kasutatud relvad ja laskemoona kogused.

Tabel 4. 1-2.10.2025 laskeharjutustel kasutatud relvade ja laskemoona kogused

Relv/ kuupäev	Laskemoon	Laskemoona kogus	Aeg	Laskekõrgus, m
<b>01.10.2025</b>				
Caesar	155 mm lahingmoon	28	10-12; 14-16	4
Himars	lõhkepeadeta rakett	6	12-13.30	5-885
120 mm miinipildujad Lisaks osalesid õppustel helikopterid.	120 mm kildmiin	56	10-12; 14-18	2
5,56 mm automaat R20	56x45 mm padrun	2700	8.30-13.20	1,5
<b>02.10.2025</b>				
Caesar	155 mm lahingmoon	26	10-14.30	4
120 mm miinipildujad	120 mm kildmiin	24	10-14.30	2
5,56 mm automaat R20	56x45 mm padrun	5000	8.30-16	1,5
7,76 mm automaat	7,62x51mm padrun	700	8.30-16	1,5
84 mm Carl-Gustav	84 mm imitatsioon (ehk tabamust pole)	10	8.30-16	1

Joonisel 2 on toodud Nursipalu laiendatud HV piir pruuniga ja 1-2.10.25 harjutuspäevade laskmistegevuse asukohad ja sihtmärgiala punasega, mis võeti arvutuste tegemisel arvesse ning kaugpunktide asukohad.



Joonis 2. 1-2.10.25 Nursipalu harjutusvälja laskmistegevus ja kaugpunktide asukohad

#### 4.4 Relvade müraemissioonid

1-2.10.2025. a liikursuurtüki Caesar lasu ja tabamuse mõõdetud salvestiste järeltötluse käigus määrati liikursuurtüki Caesar lasu ja tabamuste kaalutud A-heli ekspositsioonitase  $L_{AE}$  ja C-heli ekspositsioonitase  $L_{CE}$  ning saadud andmete alusel määrati lasu ja tabamuse emissiooniväärtused.

Käesolevas töös on kasutatud Soome juhendmaterjali YM1/2018, mille alusel määrati müraallikate helienergiatasemed  $L_J$  (dB). Meetod on sobilik suurekaliibriliste relvade helivõimsustasemete mõõtmiseks ja määramiseks. Vastavalt militaarmüra juhendile on vaja leida helienergiatasemed. Vastavalt standardis EVS-EN ISO 3744:2021:2010 ja Soome juhendmaterjalis YM/2018 toodud definitsioonile helienergiataseme indikaatoriks kasutatakse  $L_J$  ja heli ekspositsioonitaseme indikaatoriks  $L_E$ .

- Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2018, Helsinki 2018 [4].

Kaugpunktides saadavad tulemused ehk heli ekspositsioonitasemed teatud kaugusel relvast tuleb omakorda muuta arvutusmudeli poolt eeldatavateks helienergia tasemeteks  $L_E$ . See transformatsioon sooritati tööstuslike keskkonnamüra allikate müraemissiooni mõõtmise Nordtest-meetodis mainitud "backward extrapolation" (tagurpidi ekstrapolatsiooni) meetodit järgides. Lühidalt kujutab see meetod endast arvutusmudeli kasutamist „tagurpidi”, lähtudes müratasemest ja arvutades müraemissiooni müra allika suunas.

Üksikute laskude tulemuste põhjal arvutatakse lõpptulemuseks tasemete energia keskvaartused. Lasu ja tabamuse emissiooniväärtused leiti oktaavribades, mis on kooskõlas laskeharjutuspäeval saadud mõõtmistulemustega.

Arvutuste peamiste lähteandmetena kasutati käesoleva uuringu ühe osana määratud müraemissiooniväärtusi. Arvutustes kasutatud emissioonandmed on esitatud tabelis 5.

Tabel 5. Liikursuurtüki Caesar lasu ja tabamuse emissiooniandmed

Nimetus	Suund °	31,5	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k Hz
Liikursuurtüki Caesar, 155 mm/lask	0	171	170	166	163	160	157	154	151	151
	45	169	169	166	164	161	158	155	152	152
	90	168	168	164	161	158	155	152	149	149
	135	166	165	162	160	157	154	151	148	148
	180	166	165	162	160	157	154	151	148	148
Liikursuurtüki Caesar, 155 mm/tabamus	-	173	177	175	172	169	166	163	160	157

Teiste relvade osas kasutati varasemalt tellija poolt edastatud relvade emissiooniandmeid või töö teostaja andmebaasis olevaid lähteandmeid erinevate relvade kohta, mis on esitatud tabelis 6. Reaalsete arvutuse teostamisel on sisestatud müraallikatele kõrgused, suund sihtmärgiala suunas ning müra hinnatud taseme arvutamisel on arvestatud laskude arvuga ning müra impulssmüra korrektsiooniga (+12 dB väikesekaliibrilistel relvadest ja +15 dB suurekaliibrilistest relvadest põhjustatud mürale).

Tabel 6. Arvutustes kasutatud relvade emissioonandmed

Nimetus	Suund	31,5	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k Hz
Automaat R20, 5,56 mm	0	118	121	128	137	140	132	131	127	128
	45	115	117	123	133	136	131	129	125	121
	90	111	120	127	133	132	131	128	126	122
	135	105	113	120	127	125	125	120	120	117
	180	104	113	119	126	124	124	117	119	117
Automaat, 7,62 mm	0	111	122	135	139	145	140	139	136	137
	45	109	121	133	137	143	139	136	132	129
	90	108	119	131	133	139	135	135	130	128
	135	98	113	123	133	130	121	118	119	115
	180	98	113	122	133	128	117	111	115	112
Tankitõrjegranaadiheitja Carl-Gustav, 84 mm / lask	90	161	168	163	165	160	157	153	150	149
	120	164	171	171	170	165	160	157	153	152
	135	166	173	172	171	167	161	157	155	151
	150	166	173	172	170	168	159	157	154	152
Miinipilduja, 120 mm / lask	0-180	147	149	148	147	144	141	138	135	132
Miinipilduja, 120 mm /tabamus	-	167	165	162	158	162	165	162	158	154
Himars relvasüsteem *	-	182	182	182	182	182	182	182	182	182

\* Arvutustes on arvestatud parandusega -3 dB, kuna emissiooniväärtused on kahe samaaegselt väljalastud Himars harjutusraketi kohta

## 5 TULEMUSED JA JÄRELDUSED

1-2.10.2025. a harjutuspäevade mürakaardistamise arvutustulemusena koostati 5 mürakaarti:

- Lisa A1 - 1.10.2025 harjutuspäeva päevane müralukord  $L_d$  (7-23);
- Lisa A2 - 2.10.2025 harjutuspäeva päevane müralukord  $L_d$  (7-23);
- Lisa B1 - 155 mm liikursuurtüki Caesar üksiku lasu mürasündmuse C-korrigeeritud heliekspositsioonitasemega  $L_{CE}$  müralukord;
- Lisa B2 - 155 mm liikursuurtüki Caesar üksiku tabamuse mürasündmuse C-korrigeeritud heliekspositsioonitasemega  $L_{CE}$  müralukord;
- Lisa B3 - Himars relvasüsteemi üksiku lasu mürasündmuse C-korrigeeritud heliekspositsioonitasemega  $L_{CE}$  müralukord;

Vastavalt 1-2.10.2025 harjutuspäevade kohta teostatud mürakaardistamise arvutustulemustele jäävad kaugmõõtmispunktides müra hinnatud  $L_d$  tasemed päevasel ajal vahemikku 48-66 dB sõltuvalt mõõtmispunkti asukohast, vastavalt mõõtmistulemustele on müra hinnatud  $L_d$  tasemed vahemikus 43-65 dB (tabel 7).

Tabel 7. Arvutatud ja mõõdetud müra hinnatud tasemed  $L_d$  kaugmõõtmispunktides

Mõõtmispunkt	Arvutatud $L_d$	Mõõdetud $L_d$
<b>1.10.2025</b>		
KMP1 Sõmerpalu metskond 28, Mustassaare küla, Võru vald	62	57
KMP2 Make, Udsali küla, Võru vald	66	65
KMP3 Nestori, Nilbö küla, Rõuge vald	58	51
KMP4 Liiniserva, Juba küla, Võru vald	59	47
<b>2.10.25</b>		
KMP1 Sõmerpalu metskond 28, Mustassaare küla, Võru vald	60	56
KMP2 Make, Udsali küla, Võru vald	48	43
KMP3 Nestori, Nilbö küla, Rõuge vald	55	51
KMP4 Liiniserva, Juba küla, Võru vald	59	51

Võrreldes mõõtmisandmetega on arvutatud tasemed mõnevõrra suuremad, kuna arvutusmudel ei arvestata ilmastikuolude vaheldumisega ja erisustega ega ka kõrghaljastusega. Mudelis on tegemist kergelt soosivate ilmastikutingimustega. Kaugpunktides oleneb saadud mõõdetud müratase ilmastikutingimustest ning mõõtmisandmete hilisema analüüsi käigus loendatud laskude arvust.

Mõõtmistulemustele vastava olukorra modelleerimisel saadud arvutustulemused erinevad keskmiselt 5 dB võrra mõõtmistulemustest, väiksem erinevus on 1 dB ja suurim erinevus on 12 dB.

Arvutustulemused näitavad, et müra hinnatud tase 1.10.2025 harjutuspäeval ületab soovituslikku normtasest peamiselt Udsali külas Himars relvasüsteemi laskmisest tingitud tegevusest (vt Lisa A1).

Lähimate eluhooneteni ulatuv suurim päevane müratase  $L_d$ :

Address:	$L_d$ (dB)
76702:003:0066 Vahtralaane, Udsali küla, Võru vald, Võru maakond	71
76702:003:0026 Türgi, Udsali küla, Võru vald, Võru maakond	70
76702:003:0016 Kuningakopli, Udsali küla, Võru vald, Võru maakond	70
76702:003:0042 Kulli, Udsali küla, Võru vald, Võru maakond	68
76702:003:0021 Tamme, Udsali küla, Võru vald, Võru maakond	67
76702:003:0036 Make, Udsali küla, Võru vald, Võru maakond	66
76702:003:0029 Reinu-Peebu, Udsali küla, Võru vald, Võru maakond	66
76702:003:0043 Sarapuu, Keema küla, Võru vald, Võru maakond	66

Teiste lähimate küladeni ulatuv suurim päevane müratase  $L_d$ :

Külad:	$L_d$ (dB)
Rimmi, Keema, Kurenurme, Pritsi, Hänike, Mustassaare, Sõmerpalu alevik, Nursi, Kaku, Horsa, Nilbö, Luhametsa, Piisi	60-64
Järvere, Vagula, Juba, Käärso, Lompka, Järvepalu, Petrakuudi, Säanna	55-59

2.10.25 harjutuspäeval ei ületanud müra hinnatud tasemed soovituslikku kriitilist normtasest  $L_d$  65 dB (vt Lisa A2).

Lähimate küladeni ulatuv suurim päevane müratase  $L_d$ :

Külad:	$L_d$ (dB)
Mustassaare	60-64
Sõmerpalu alevik, Järvere, Vagula, Juba, Käätsõ, Lompka, Vana-Nursi, Horsa, Kaku, Nursi, Nilbõ, Hänike	55-59
Järvepalu, Petrakuudi, Sänna, Piisi, Luhametsa, Pritsi, Kurenurme	50-54
Rimmi, Udsali, Keema	45-49

Mürakaardistamise arvutustulemustele tuginedes on üksikute mürasündmuste  $L_{CE}$  ekspositsioonitasemed kaugmõõtmispunktides vahemikus 71-102 dB, tabel 8. Vastavalt mõõtmistulemustele on üksikute mürasündmuste  $L_{CE}$  ekspositsioonitasemed vahemikus 56-102 dB, mõõdetud väärtused kirjeldavad kõikide kasutatud raskerelvade mõõtmistulemusi.

*Tabel 8. Arvutatud mürasündmuste C-korrigeeritud heli ekspositsioonitasemed  $L_{CE}$  kaugmõõtmispunktides*

Mõõtmispunkt	$L_{CE}$
<b>Caesar lask</b>	
KMP1 Sõmerpalu metskond 28, Mustassaare küla, Võru vald	86
KMP2 Make, Udsali küla, Võru vald	71
KMP3 Nestori, Nilbõ küla, Rõuge vald	87
KMP4 Liiniserva, Juba küla, Võru vald	97
<b>Caesar tabamus</b>	
KMP1 Sõmerpalu metskond 28, Mustassaare küla, Võru vald	96
KMP2 Make, Udsali küla, Võru vald	89
KMP3 Nestori, Nilbõ küla, Rõuge vald	95
KMP4 Liiniserva, Juba küla, Võru vald	92
<b>Himars relvasüsteem</b>	
KMP1 Sõmerpalu metskond 28, Mustassaare küla, Võru vald	99
KMP2 Make, Udsali küla, Võru vald	102
KMP3 Nestori, Nilbõ küla, Rõuge vald	97
KMP4 Liiniserva, Juba küla, Võru vald	95

Caesari lasu ja tabamuse osas ei ületata kaugmõõtmispunktides  $L_{CE}$  ekspositsioonitaseme taotlustaset 100 dB.

Caesari tabamuse osas ulatub suurim kuni 101 dB  $L_{CE}$  ekspositsioonitase Mustassaare külasse.

Lähimate eluhooneteni ulatuv suurim Caesari tabamuse ekspositsioonitase  $L_{CE}$ :

Aadress:	$L_d$ (dB)
76702:002:2180 Tiiu, Mustassaare küla, Võru vald, Võru maakond	101
76702:002:2150 Kerli ühistu, Mustassaare küla, Võru vald, Võru maakond	101

76702:002:2200 Ploomi, Mustassaare küla, Võru vald, Võru maakond	101
91701:001:0114 Söödi, Mustassaare küla, Võru vald, Võru maakond	101
76702:002:1150 Sooääre, Mustassaare küla, Võru vald, Võru maakond	101
76702:002:1240 Metsasalu, Mustassaare küla, Võru vald, Võru maakond	101

Lähimate küladeni ulatuv suurim ekspositsioonitase  $L_{CE}$ :

Külad:	$L_{CE}$ (dB)
<b>Caesar lask</b>	
Juba, Käätsõ, Lompka, Vana-Nursi, Horsa, Kaku	95-99
Nursi, Nilbõ	90-94
Järvepalu, Vagula, Järvere, Sõmerpalu alevik, Mustassaare, Hännike	85-89
<b>Caesar tabamus</b>	
Mustassaare, Sõmerpalu alevik, Järvere, Kaku, Nursi, Nilbõ	95-99
Pritsi, Hännike, Vagula, Juba, Käätsõ, Lompka, Vana-Nursi, Horsa, Järvepalu, Petrakuudi, Säna, Piisi, Luhametsa	90-94
Rimmi, Udsali, Keema, Haidaku, Kurenurme	85-89, <84

Himars relvasüsteemi osas ulatub suurim  $L_{CE}$  ekspositsioonitase Udsali külla.

Lähimate eluhooneteni ulatuv suurim Himars relvasüsteemi lasu ekspositsioonitase  $L_{CE}$ :

Adress:	$L_{CE}$ (dB)
76702:003:0066 Vahtralaane, Udsali küla, Võru vald, Võru maakond	108
76702:003:0026 Türgi, Udsali küla, Võru vald, Võru maakond	107
76702:003:0016 Kuningakopli, Udsali küla, Võru vald, Võru maakond	107
76702:003:0042 Kulli, Udsali küla, Võru vald, Võru maakond	106
76702:003:0021 Tamme, Udsali küla, Võru vald, Võru maakond	106
76702:003:0043 Sarapuu, Udsali küla, Võru vald, Võru maakond	105

Lähimate küladeni ulatuv suurim Himars relvasüsteemi lasu ekspositsioonitase  $L_{CE}$ :

Külad:	$L_{CE}$ (dB)
Säna, Piisi, Luhametsa, Rimmi, Säre, Keema, Haidaku, Kurenurme, Pritsi, Hännike, Mustassaare, Sõmerpalu alevik	100-104
Järvere, Vagula, Juba, Vana-Nursi, Lompka, Kaku, Nursi Nilbõ, Järvepalu, Petrakudi, Säna	95-99

$L_{CE}$  ja  $L_{ZE}$  väärtuste vahe samas mõõtepunktis on üldiselt kuni 10 dB ehk  $L_{ZE}$  väärtus on kuni 10 dB suurem kui  $L_{CE}$  väärtus samas mõõtepunktis. Mürakaardistamise arvutustulemustele tuginedes ulatub maksimaalne 108 dB  $L_{CE}$  tase Vahtralaane kinnistuni,  $L_{ZE}$  tase on seega eelduslikult kuni 118 dB, mis on väiksem kui ehituskahjustuste soovituslik piirtase 125 dB.

$L_{Cpeak}$  ja  $L_{CE}$  erinevus on reeglina 15 dB samas mõõtmispunktis ehk  $L_{Cpeak}$  väärtus on kuni 15 dB suurem kui  $L_{CE}$  väärtus samas mõõtepunktis. Vahtralaane kinnistuni ulatub 123 dB  $L_{Cpeak}$  tase, mis on väiksem kui kuulmiskahjustuste soovituslik piirtase 135 dB.

Mõõtmistulemuste alusel oli  $L_{CE}$  ja  $L_{ZE}$  väärtuste keskmine vahe 7 dB ja  $L_{CE}$  ja  $L_{ZE}$  väärtuste keskmine vahe 15 dB, mis sobitud hästi regulatsioonis toodud eeldustega.

Ehitus- ja kuulmiskahjustusi saadud tulemuste alusel ei ole eeldada.

Lõpptulemusena võib märkida, et mõõtmistulemused ja arvutustulemused on mõneti erinevad, kuid väga suuri erinevusi selle töö raames ei olnud. Müratasemete arvutustulemused on mõõdetud tasemetest üldiselt suuremad. Mõõtmistega saame olukorda hinnata konkreetse mõõtmispäeva olukorras, kus mõõtmistulemused sõltuvad otseselt mõõtmistingimustest, nt tuule suund ja kiirus mõjutavad müratasemete tulemusi. 1-2.10.25 harjutuspäevadel olid ilmastikutingimused suhteliselt head ning olulist mõju mõõtmistulemustele ei olnud, kuid siiski võib saadud arvutus- ja mõõtmistulemuste erinevus olla tingitud konkreetse koha tingimustest.

Lisaks tuleb arvestada, et ühtegi mõõtmist ega arvutust ei saa teha absoluutselt täpselt ning mõõtemääramatus võib sõltuvalt tingimustest olla  $\pm 2-3$  dB.

## 6 VÕRDLUS NURSIPALU HV LAIENDUSE MÜRAUURINGUS HINNATUD OLUKORDADEGA

Nursipalu harjutusvälja laiendamise mürauuringu eesmärk oli mürauuringu tegemine Nursipalu harjutusvälja arendusplaanide järgse olukorra kohta. Mõõtmisi antud töö raames läbi ei viidud. Töö tegemisel kasutati tellija poolt edastatud relvade emissiooniandmeid ning töö teostaja andmebaasis olevaid lähteandmeid erinevate relvade kohta [5].

Nursipalu harjutusvälja laiendamise mürauuringus modelleeriti vastavalt tellijalt saadud infole järgmised olukorrad:

1. Aktiivse harjutuspäeva tüüpiline päevane müraolukord
2. Suurima laskude arvuga harjutuspäeva päevane müraolukord, kaks stsenaariumit: manööver läänest itta ja idast läände.
3. Suurima helivõimsusega relva maksimaalse laskude arvuga harjutuspäeva päevane müraolukord.
4. Lõhkamisel kasutatava suurima lõhkeaine kogusega päev, neljas asukohas.
5. Suurekaliibriliste relvade üksikud lasud.

Käesoleva töö eesmärk oli mürauuringu tegemine Nursipalu harjutusväljal 1-2.10.2025 läbiviidavate 155 mm kaliibriga liikursuurtüki Caesar testlaskmiste kohta, mis sisaldab relva lasu ja tabamuse helivõimsustasemete (helienergiatasemete) mõõtmiseid, harjutuspäevade helirõhutasemete mõõtmiseid kaugpunktides, müralevikukaartide koostamist ning tulemuste hindamist.

Arvutatud olukordi ei saa üks-üheselt võrrelda, kuna hinnatavad olukorrad on erinevad. Ühel juhul kaardistati võimalikud stsenaariumid vastavalt saadud andmetele, teisel juhul oli tegemist harjutuspäevaga ja relvade testlaskmisega, mille müratasemeid tuli mõõta ning arvutada harjutuspäeva hinnatud müraolukord. Himars relvasüsteemi ja 155 mm liikursuurtükk Caesarit Nursipalu harjutusvälja laiendamise mürauuringus ei kaardistatud.

Mõõtmis- ja arvutusandmete alusel saab märkida, et 155 mm liikursuurtükk Caesar on sarnane 155 mm liikursuurtükk K-9 relvale. Kui võrrelda K-9 ja Caesari tulemusi, siis Caesari laskmismüra on madalam kui K-9 (~3 dB võrra). Tabamuse müra on liikursuurtükil K-9 ja Caesaril sarnased.

120 mm miinipilduja käesoleva uuringu arvutustulemused on kooskõlas mõõtmistulemustega ning arvutustes kasutatud emissiooni andmetega.

Nursipalu harjutusvälja laiendamise mürauringus kaardistati ühe olukorrana suurima helivõimsusega relva (155 mm liikursuurtükk K-9) maksimaalse laskude arvuga (540 lasku) harjutuspäeva päevane müraolukord ala 1 ja ala 2 kohta. Ühe pataljoni suuruseks on arvestatud 18 relva (kolm tulepatareid, igas patareis 6 relva). Pataljon paikneb maastikul patareide kaupa. Ühes patareis on kolm positsiooni ning ühel positsioonil paikneb kaks relva.

Ala 1 osas asuvad liikursuurtükk K-9 suurekaliibrilised relvad samas asukohas kui 1-2.10.2025 mõõdistatud ja kaardistatud liikursuurtükk Caesar suurekaliibrilised relvad.

1.10.2025 harjutuspäeval lasti 155 mm liikursuurtükk Caesarist 28 lasku, lisaks Himars relvasüsteemist 6 lasku, 120 mm miinipildujatest 56 lasku ja 5,56 mm automaadist 2700 lasku.

2.10.2025 harjutuspäeval lasti 155 mm liikursuurtükk Caesarist 26 lasku, lisaks 120 mm miinipildujatest 24 lasku ja 5,56 mm automaadist 5000 lasku, 7,76 mm automaadist 700 lasku ja 84 mm Carl Gustavist 10 lasku.

Müra hinnatud taseme arvutus oleneb lisaks relvale ka laskude arvust. 1-2.10.25 lasti kokku 54 lasku. Nursipalu HV laiendamise mürauringus arvestati liikursuurtükk K-9 relva puhul 540 laskude arvuga, mis on kordades rohkem kui käsitletavatel harjutuspäevadel.

Tulenevalt sellest on ka saadud tulemused erinevad ning teoreetiline stsenaarium, kus arvestati kordades rohkemate liikursuurtükk K-9 laskude arvuga (540 lasku) on saadud arvutustulemused palju suuremad kui 1-2.10.25 harjutuspäevade arvutustulemused, kus oli kahel päeval kokku 54 liikursuurtükk Caesar lasku.

Nursipalu harjutusvälja laiendamise mürauringu aktiivse harjutuspäeva suurima helivõimsustasemetega relva maksimaalse laskude arvu puhul alal 1 on laskepositsioonide müraast enim mõjutatud Kaku, Horsa ja Vana-Nursi külad ning tabamuste puhul Pritsi, Hännike ja Luhametsa külad. Päevane müratase  $L_d$  (7-23) on lähimate eluhoonete juures 75 dB. Soovituslik kriitiline normtase 65 dB on ületatud lähimate eluhoonete juures.

Lähimate eluhooneteeni ulatuv päevane müratase  $L_d$ :

Address	$L_d$ (dB)
69701:002:1001 Kakuveski, Kaku küla, Rõuge vald, Võru maakond	75...
69701:002:0090 Laagri, Horsa küla, Rõuge vald, Võru maakond	70-74
91701:001:0980 Kullerheina, Vana-Nursi küla, Võru vald, Võru maakond	70-74
76702:001:0200 Hapsi, Pritsi küla, Võru vald, Võru maakond	70-74
76702:002:1101 Kojuse Hännike küla, Võru vald, Võru maakond	70-74
14303:003:0531 Andrese, Luhametsa küla, Antsla vald, Võru maakond	70-74

Arvutustulemused näitavad, et müra hinnatud tase 1.10.2025 harjutuspäeval ületab soovituslikku normtasest peamiselt Udsali külas Himars relvasüsteemi laskmisest tingitud tegevusest. Himars relvasüsteemi Nursipalu harjutusvälja laiendamise mürauringus ei kaardistatud. 2.10.25 harjutuspäeval ei ületanud müra hinnatud tasemed soovituslikku kriitilist normtasest  $L_d$  65 dB.

Harjutuspäevade olukorrad, relvastus, positsioonid, laskude arv jms võivad olla väga erinevad. Kõiki olukordi pole võimalik mõõdistada ja kaardistada, seetõttu valitakse üldjuhul välja olukorrad, mis on kas kõige tüüpilisem tavaline tegevus, mis esineb paljudel päevadel aastas või relvade ning laskude arvu poolest suurimad, kus kasutatakse suurima helivõimustasemega relvi ja/või suurima laskude arvuga olukorrad.

Kui laskude arv kahekordistub, nt kui 155 mm liikursuurtükk Caesarist 28 lasu asemel on 56 lasku, siis päevane hinnatud müratase suureneb ca 3 dB võrra, kuna detsibell on logaritmiline väärtus. Samas nt ühe 155 mm liikursuurtükk Caesari lask ja tabamus on täpselt sama vali, olenemata sellest, kas lastakse 28 või 56 lasku.

## 7 PIDEVSEIREJAAMADE ANALÜÜS

Laiendatud Nursipalu HV ulatub Antsla, Rõuge ja Võru valla alale, harjutusvälja korrigeeritud kogupindala on 9906,14 hektarit. Harjutusväli koosneb põhja, lõuna, ida ja lääne laskeväljast ja taktikaalast ning väljaõpet toetavatest objektidest nagu lasketiirud, UXO alad (sihtmärgialad), kasutatavate relvade positsioonid ja sihtmärgialad, lõhkamisalad, demineerimispaigad, käsigranaadi heitealad, maastikusõidu alad ja veekogu ületamise õppekoht.

Ümber harjutusvälja asuvad eluhooned ja elamualad. Seega kogu harjutusvälja ümbrus on mõjutatud harjutusvälja tegevustest.

Harjutusvälja prognoositav kasutuskoormus täieliku välja arendamise järgselt on ligikaudu 250 päeva aastas. Korraga võib sõltuvalt harjutusest olla kasutuses üks või mitu laskevälja ja taktikaala.

Militaarmüra näol on tegemist lühiajaliste mürasündmustega (üksikud sündmused kestavad mõned sekundid), kasutusel on erinevad indikaatorid militaarmüra hindamiseks:

$L_{A(\text{instant})}$  - Mõõdetud A-korrigeeritud helirõhutase, mis iseloomustab hetkemüra.

$L_{Aeq}$  - Mõõdetud helirõhutase etteantud ajavahemikus, kus kasutatakse A-korrektiooni, mis iseloomustab muutuva tasemega müra. Ekvivalentne müratase on selline püsiva tasemega müra, mis omab sama akustilist energiat kui muutuva tasemega müra kindla mõõtmisaja jooksul.

$L_{Ceq}$  – Mõõdetud helirõhutase etteantud ajavahemikus, kus kasutatakse C-korrektiooni ning mis iseloomustab muutuva tasemega müra.

$L_{AE}$  – heli A-ekspositsioonitase. Üksiku mürasündmuse A-korrigeeritud helirõhutase, mis on mõõdetud etteantud ajavahemikus T ja taandatud ajavahemiku  $T_0 = 1$  s suhtes. Kasutatakse väikesekaliibriliste relvade üksiku lasu helirõhutaseme väljaselgitamiseks.

$L_{CE}$  – heli C-ekspositsioonitase. Üksiku mürasündmuse C-korrigeeritud helirõhutase, mis on mõõdetud etteantud ajavahemikus T ja taandatud ajavahemiku  $T_0 = 1$  s suhtes. Kasutatakse suurekaliibriliste relvade, lõhkamiste ja plahvatuste üksiku mürasündmuse helirõhutaseme väljaselgitamiseks. Militaarmüra regulatsioonis on toodud soovituslikud normtasemed müratundlike objektide juures.

$L_{ZE}$  – üksiku mürasündmuse korrigeerimata helirõhutase, mis on mõõdetud etteantud ajavahemikus T ja taandatud ajavahemiku  $T_0 = 1$  s suhtes; indikaator, mida kasutatakse hoonete võimalike ehituskahjustuste hindamiseks. Militaarmüra regulatsioonis on toodud helirõhutasemete vahemik ja võimalik mõju.

$L_{CPeak}$  - C-heli tipphelirõhutase. Vaatlusperioodi C-kaalutud helirõhutaseme suurim hetkväärtus või C-korrektiooniga mõõdetud helirõhutaseme teatud ajahetkel kõrgeim mõõdetud müra tase. Indikaatorit kasutatakse inimeste kuulmiskahjustuste hindamiseks.

$L_d / L_n$  - müra hinnatud tase päeval (7-23) ja öisel ajal (23-7) aktiivsel harjutuspäeval, mis arvestab korrektiooni impulssmürale. Militaarmüra regulatsioonis on toodud soovituslikud normtasemed müratundlike objektide juures.

Nursi külla Rõuge valda Võru maakonda on paigaldatud müramõõtmisjaam koos ilmajaamaga, et pikema aja vältel mõõta Nursipalu harjutusvälja väljaõppetegevusest põhjustatud müra

(<https://noise.ellegroup.eu/public/1>). Nursipalu mõõtejaam mõõdab kogu keskkonnamüra, sh ilmaandmeid pidevalt. Müra mõõtmiseks on mikrofon paigaldatud 4 m kõrgusele maapinnast. Müraseadme mõõtmisamplituut on 20–163 dB. Meteojaam, mis asub 10 m kõrgusel, mõõdab õhurõhku, õhutemperatuuri, suhtelist õhuniiskust, sademeid, tuule kiirust ja tuulesuunda.

Nursi müramõõtmisjaam kuvab veebilehel  $L_{AFeq}$  15 minuti keskmise mürataseme, eelmise tunni keskmise mürataseme, müratasemed valitud perioodi kohta (päev 7-23, öö 23-7) ning reaalaaja  $L_{Cpeak}$  mürataseme. Kõikidele  $L_{AFeq}$  kuvatud müratasemetele on automaatsel juurde lisatud impulsskorrektsioon + 15 dB.

Akukon Eesti OÜ teostas Nursipalu harjutusvälja mõõtmisandmete võrdlusanalüüsi [6]. Töö eesmärk on analüüsida Nursipalu müraseirejaama mõõtmisandmeid 07.04.2020 Akukon Eesti OÜ poolt läbiviidud mõõtmistulemustega Nursipalu harjutusväljal toimunud laskeharjutuste kohta. Aruandes toodi välja järgmised tähelepanekud:

- Müratasemetele automaatse +15 dB impulsskorrektsiooni lisamine tähendab, et korrektsioon lisatakse kõikidele mürasündmustele sh ka neile, mis ei ole seotud tulistamismüraga. Veebilehel reaalajas kuvatava helirõhutasemele automaatse +15 dB lisamine (ajaperioodil 1 sekund, 15 min, 30 min) ei ole asjakohane ja näitab ebaõigeid andmeid. Impulsskorrektsioon tuleb juurde lisada mõõtmisandmete analüüsi ja kokkuvõtete tegemisel hinnatud müratasemete arvutamisel päevasel või öisel ajavahemikul.
- Reaalajas võiks veebilehel kajastada meie hinnangul  $L_{A(instant)}$  väärtuseid ehk kuvatakse hetke müra olukorda ja  $L_{Ceq} / L_{Cpeak}$  väärtusi ilma impulsskorrektsioonita 1 sekundilise sammuga, et hinnata suurekaliibriliste relvade müra mõju.
- $L_{AE}$  ja  $L_{CE}$  väärtuste kuvamine reaalajas ei ole üldiselt võimalik, kuna neid väärtusi saab arvutada tagasiulatavalt lisaanalüüsi käigus, sest osad mürasündmused kestavad kauem kui 1 sekund ja need arvutatakse mõõtmisperioodi ajavahemiku kohta. Nende asemel soovitame näidata  $L_{Csmax}$  (C-korrigeeritud „Slow“ ajakarakteristikuga mõõdetud maksimaalne müratase),  $L_{Asmax}$  (A-korrigeeritud „Slow“ ajakarakteristikuga mõõdetud maksimaalne müratase) väärtusi, mida saab kuvada ka pikema perioodi jooksul, nt 15 min, 30 min ja mis on sobilikud indikaatorid üksikute ja kõige mürarikkamate mürasündmuste kuvamiseks reaalajas, kuna militaarmüra näol on tegemist lühiajaliste sündmustega.
- Lisaks võiks veebileht kajastada tagasiulatavalt kogu päeva pikaajaseid müraindikaatorite hinnatud väärtusi ( $L_d$ ,  $L_n$ ,  $L_{CE}$ ,  $L_{ZE}$ ), mille kohta on militaarmüra regulatsioonis toodud soovituslikud normtasemed. kuid see nõuab eraldi analüüsi ja arvutusi seirejaama poolt mõõdetud andmete põhjal.
- Veebilehel peaks tulema selgelt välja, kas harjutusväljal toimub tegevus või kuvatakse üldist mürafooni. Lisainformatsioonina võiks lisada toimunud ja tulevaste (kui on ette teada) tegevuste kuupäevad ja eelpool nimetatud müraindikaatorite väärtused toimunud harjutuspäevade kohta, kuvada üldist taustmüra (käesoleval juhul kõik muu müra, mis ei ole seotud militaarmüraga) suurust ning militaarmüraga seotud soovituslikud normtasemete väärtused ja nende iseloomustus vastavalt militaarmüra regulatsioonis toodule.
- Samuti peab müramõõtmisjaam salvestama audiofaile, et taasesitada probleemset või vaidlusalust mürasündmust ning analüüsida tegelikke müraallikaid sh ka taustmüra.

Seadmete asukohtade valikul tuleb arvestada infrastruktuuri ja kommunikatsiooni olemasoluga, turvalisusega ning otstarbekuse ja vajalikkusega.

Uute pidevseirejaamade asukohtade valik vajaks põhjalikumat analüüsi järgmiste kriteeriumite osas:

- Millised tegevused/laskeharjutused toimuvad ja nende sagedus?
- Millised relvad on peamiselt kasutuses ja kus on peamised kasutatavad laskealad?
- Kaebuste analüüs, millised tegevused põhjustavad enam häiringuid ja kuskohast tuleb enim kaebusi.
- Kus asuvad eriti müratundlikud hooned, nagu koolid, lasteaiad, haiglad, hooldekodud?
- Koostöö kogukonnaga, et teada saada kohalike elanike nägemus, soovid ja parameetrid.

Lisaks ülaltoodule, tuleb analüüsida vajalikke muid aspekte: kommunikatsioonide olemasolu (elektritoide, internetiühendus), maaomandi küsimused, turvalisus jms. Praeguse Nursi küla seirejaama asukoha valikul eelnes põhjalik analüüs ja arutelu.

Enne seirejaamade püstitamist vajab läbi analüüsimist ka saadud seiretulemuste edasine analüüs, kuidas ja kas hakatakse salvestatud andmeid analüüsima ja kasutama. Arvestama peab, et mõõtmisseadme poolt impulsskorrektsiooni juurde liitmine mõõtmistulemustele ei ole õige ja see parandus tuleb juurde lisada hilisema analüüsi ja kokkuvõtete tegemisel.

Kui mõõtmisandmete hilisemat analüüsi ei toimu, siis on tegemist pigem üldise keskkonnamüra seirejaamaga, mis lisaks muule keskkonnamürale (liiklusmüra, olmemüra, looduslik taustmüra) mõõdab ka harjutusvälja tegevuse müra. Sellisel juhul saab teada üldise keskkonnamüra taseme ning antud tulemusi ei saa võrrelda militaarmüra regulatsioonis toodud soovituslike normtasemetega.

Kui eeldada, et harjutusvälja tegevus toimub hajutatult üle kogu harjutusvälja ja laskepositsioone on igas ilmakaares, on lihtsustatud lahendus paigutada seirejaamad samuti ümber harjutusvälja. Pidevseirejaamad tuleks paigutada igasse ilmakaarde: põhja, lõunasse, läände, itta või kirdesse, kagusse edelasse, loodesse.

Põhjas- ja lõunas paiknevad jaamad (sõltuvalt harjutusvälja paigutusest) annaksid infot ka sihtmärgialalt kostuva müra kohta. Seirejaamad peaksid, kas asuma lähedal peamistele laskepositsioonidele või aladele (harjutusvälja piiri ääres), kus tegevus toimub, et tuvastada müraallika müra või leida sobivad asukohad külade/eluhoonete/müratundlike hoonete läheduses, et tuvastada häiringud.

Hinnanguliselt on harjutusvälja piiri äärsetes asukohtades muu müra vaiksem, kuna seal pole liiklusmüra, olmemüra jm müra, mis mõjutaks mõõtmistulemusi. Nendes mõõtmispunktides registreeritav militaarmüra on eeldavalt kõrgem kui piirist kaugemal asuvates kohtades, kuna asuvad lasketevõtte läheduses.

Külade/eluhoonete/müratundlike hoonete läheduses on peale lasketevõtte ka muu müra, mis mõjutab mõõtmistulemusi ning eeldatavalt on mõõdetav militaarmüra madalam ning on mõjutatud muust mürast (liiklusmüra, olmemüra, tehnoseadmete müra jms).

Pidevseirejaamade lõplikul valikul soovitame teha koostööd kohalike omavalituste, kohalike elanikega, et leida sobiv lahendus ning kohad, kuhu seirejaamad paigutada.

## 8 LISAD

Lisa A1 – 1.02.2025 harjutuspäeva päevane müraolukord  $L_d$

Lisa A2 – 2.02.2025 harjutuspäeva päevane müraolukord  $L_d$

Lisa B1 – Liikursuurtükk Caesar, 155 mm, lask, C-heli ekspositsioonitase  $L_{CE}$

Lisa B2 – Liikursuurtükk Caesar, 155 mm, tabamus, C-heli ekspositsioonitase  $L_{CE}$

Lisa B3 – Himars relvasüsteemi lask, C-heli ekspositsioonitase  $L_{CE}$

Lisa C - Akukon 251480-1-B Nursipalu 1-2.10.25 harjutuspäevade mõõtmisprotokoll

## VIITED

1. Riigi Kaitseinvesteeringute Keskus. Militaarmüra regulatsioon (uuendatud 07.08.2019)
2. ISO 9613-2 „Acoustics – Abatement of sound propagation outdoors, Part 2: General method of calculation.“
3. Tapio Lahti. Keskkonnamüra hindamine ja müra leviku tõkestamine. Ökokratt 2010
4. Raskaiden aseiden ja räjäytysten melun arviointi. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2018, Ympäristöministeriö, Helsinki 2018
5. Akukon 230605-1-A Nursipalu harjutusvälja laiendamise mürauuring
6. Akukon 200583-2 Nursipalu harjutusvälja mõõtmisandmete võrdlusanalüüs