

Mykhailo Yaroshenko, Maris Vohta, Dmitri Tiško, Mario Narbekov, Ingrid Leemet

28.5.2020

Nursipalu harjutusvälja mürauuring

Tellija: Riigi Kaitseinvesteeringute Keskus

Kontaktisik: Katrina Utsar

RÕUGE JA SÕMERPALU VALD, VÖRUMAA

NURSIPALU HARJUTUSVÄLJA MÜRAUURING



Allikas: Eesti Kaitsevāgi www.mil.ee

KVALITEEDI KINNITUS

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

Tallinnas 26.5.2020

Konsultant, koostaja



Maris Vohta, BSc

Konsultant



Timo Markula, MSc (Tech) (Akukon Oy)

Konsultant



Mykhailo Yaroshenko, MSc

Konsultant, kontrollis



Dmitri Tiško, MSc

KOKKUVÕTE

Nursipalu harjutusväljal 07.04.2020 toimunud harjutuspäeva müramõõtmiste ja mõõtmisandmete alusel saadud arvutustulemused ning modelleerimise tulemused on esitatud allpool olevas tabelis.

Asukoht	Modelleeritud (emissiooniandmete alusel)	Arvutatud mõõtmistulemuste alusel	Normtase, dB
	L_d	L_d	L_d
MP1 Pargi tn 8, Sõmerpalu alevik	54	55	65
MP2 Nursi laut, Nursi küla	50	45	
MP3 Mäe-Lükkä, Lükkä küla	56	41	
	L_{CE}	L_{CE}	Normtase, dB päevane L_{CE}
MP1 Pargi tn 8, Sõmerpalu alevik	96	61-103	100
MP2 Nursi laut, Nursi küla	92	56-103	
MP3 Mäe-Lükkä, Lükkä küla	95	46-88	

Töö teostamisel lähtuti Riigi Kaitseinvesteeringute Keskuse militaarmüra regulatsioonist (uuendatud 07.08.2019) toodud nõuetest ja normtasemetest, millega on saadud tulemusi võrreldud [1].

Mõõdetud, arvutatud ning modelleeritud tulemuste alusel, võib järeldada, et harjutuspäeva müra hinnatud tase ei ületanud soovituslikku kriitilist normtasest L_d 65 dB. Modelleeritud tulemuste alusel soovituslikku päevast L_{CE} normtasest 100 dB ei ületata lähimate eluhoonete juures. Mõõdetud tulemuste alusel on normtase tagatud, kuid L_{CE} väärtuste lühiajalist ületamist kuni 3 dB esines üks kord kahes mõõtmispunktis.

Kui vaadata mõõtmisandmete alusel saadud arvutustulemusi ning modelleerimistulemusi, siis tulemused ühilduvad suhteliselt hästi ning peamised erinevused on tingitud ilmastikutingimustest.

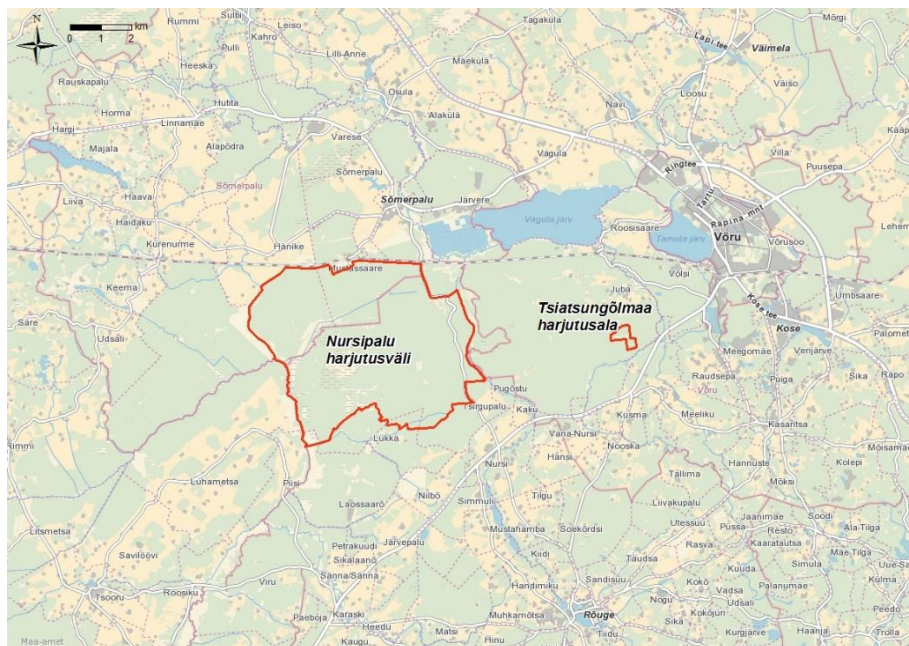
SISUKORD

KOKKUVÕTE	3
1 SISSEJUHATUS.....	5
2 MÜRAALLIKAD JA IMPULSSMÜRA.....	6
3 MÜRA NORMTASEMED.....	6
3.1 KOHALDUSALA.....	6
3.2 AKTIIVSE HARJUTUSPÄEVA MÜRA HINNATUD TASEME MÄÄRAMINE	7
3.3 NORMTASEMED.....	7
4 HELIRÕHUTASEMETE MÕÕTMISED.....	8
4.1 MÕÕTMISED JA MÕÕTMISPUNKTID.....	8
4.2 ILMASTIKUTINGIMUSED.....	10
4.3 MÕÕTMISPUNKTE ISELOOMUSTAVAD FOTOD	10
4.4 MÕÕTESEADMED JA KALIBREERIMISE KUUPÄEVAD	11
4.5 MÕÕTEMÄÄRAMATUS.....	12
4.6 MÕÕTMISTULEMUSED.....	12
5 MÜRA MODELLEERIMINE.....	13
5.1 MAASTIKUMODEL	13
5.2 ARVUTUSTE PARAMEETRID	14
5.3 LÄHTEANDMED.....	14
5.4 RELVADE MÜRAEMISSIONID	16
6 MODELLEERITUD JA MÕÕDETUD TULEMUSTE VÕRDLUS.....	16
7 TULEMUSED JA JÄRELDUSED.....	17
LISAD.....	18
VIITED.....	18

1 SISSEJUHATUS

Nursipalu harjutusväli, pindalaga 3134 ha, paikneb Võru maakonnas Rõuge ja Võru vallas, Võru linnast umbes 12 km kaugusel lääne suunas. Harjutusvälja territooriumi lõunapoolne osa, umbes 2/3 kogu alast, paikneb Rõuge vallas. Looduslikult haarab suurema osa väljakust enda alla Keretü soo. Põhiosa käsitletavast väljakust paikneb Sõmerpalu-Nursi teest lääne pool. Nursipalu harjutusvälja ja selle lähiümbruse maastik on tasane. Alles mitmete kilomeetrite kaugusel harjutusvälja piirist kõrguste vahed suurenevad.

Joonisel 1 on toodud Nursipalu harjutusvälja asukoht.



Joonis 1. Nursipalu harjutusvälja asukoht (Allikas: <https://mil.ee/kaitsevagi/harjutusvaljad/#t-nursipalu>)

Lähimad asulad paiknevad harjutusväljast edela-, kagu-, lõuna- ja põhjasuunas, vastavalt Lükkä, Tsirgupalu, Mustassaare ja Nursi külad ning Sõmerpalu ja Hänike külad ning Sõmerpalu alevik. Lähimad elamud asuvad harjutusvälja piirist paarikümne meetri kaugusel Mustassaare külas.

Käesoleva töö eesmärgiks oli teostada helirõhutasemete mõõtmised kolmes tellijaga eelnevalt kokku lepitud mõõtmispunktis, et välja selgitada Nursipalu harjutusväljal laskeharjutuste müratase. Lisaks oli käesoleva uuringu eesmärgiks hinnata ka harjutuspäeva müraolukorda arvutusmodeli abiga, modelleerida müra levik ning koostada tekitatud müra leviku kaardid.

Helirõhutasemete mõõtmised teostati 07.04.2020 ajavahemikus 11:00-14:35 ja 15:55-18:10 järgmistes mõõtmispunktid:

- MP01 - Pargi tn 8, Sõmerpalu alevik (kaugus müraallikatest ~3000-4600 m);
- MP02 - Nursi laut, Nursi küla (kaugus müraallikatest ~3000-5000 m);
- MP03 - Mäe-Lükkä, Lükkä küla (kaugus müraallikatest ~2700-3800 m).

Allpool on toodud harjutuspäeval kasutatud relvade ja laengute loetelu.

Väikesekaliibrilised relvad:

- 7,62 mm automaadid AK-4
- 7,62 mm kuulipildujad MG-3

Suurekaliibrilised relvad ja laengud:

- 84 mm tankitõrjegranaadiheitjad Carl-Gustav
- 120 mm miinipildujad
- M21F kaitselaengud
- TNT 300g käsilaengud

Mudelarvutuste lähteandmetena kasutati tellijalt edastatud eelnevate mürauringute osana määratud relvade müraemissiooni andmeid ning töö teostaja andmebaasis olevaid lähteandmeid erinevate relvade kohta.

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

2 MÜRAALLIKAD JA IMPULSSMÜRA

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 ≥ 20 mm ning käsigranaadid, lõhkelaengud ja pürotehnilised imitatsioonivahendid (lõhkepaketid, imitatsioonivahendid), mille kaal on ≥ 50 g TNT ekvivalent;

Võtmaks arvesse impulsiivse müra erilist 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 arusaamadel mürauringuid, 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 maakategooriat - atmosfääriõhu kaitse seaduse mõistes II kategooria. Müratundlike hoonetena käsitletakse inimestega otseselt seonduvaid objekte nagu elamud, hoolekandeesutused, tervishoiu-, laste- ja õppeasutused ning alaliselt kasutatavad muid müratundlikud hooned, rohealale jõudvat mürataset ei reguleerita. Olemasolevatel ja perspektiivsetel väljaõppehitistel ja -aladel kehtivad samad nõuded.

Militaarmüra regulatsioonis rakendatakse ühte soovituslikku normtasest – 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 normtaset.

3.2 Aktiivse harjutuspäeva müra hinnatud taseme määramine

Pikaaegset müraolukorda hinnatakse müra hinnatud tasemega $L_{Ar,ti}$, kus müraallika(te)st põhjustatud etteantud ajavahemikus t_i mõõdetud või arvutatud ekvivalentsele A-korrigeeritud helirõhutasele $L_{Aeq,ti}$ (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.

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(ööl) ei tohi müra hinnatud tase ületada kriitilist taset.

3.3 Normtasemed

Müra normtasel võrreldakse müra hinnatud tasemega päeval (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 helirõhutase L_{pZE} seos tekkivate vibratsiooniilmingute ja ehitiste kahjustustega.

Tabel 3. L_{pZE} helirõhutase 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.

Võimalike kuulmiskahjustuste vältimiseks on soovituslik, et väljaõppe teostamine oleks keelatud, kui see põhjustab lähimate müratundlike hoonete juures C-korrigeeritud tipphelirõhutase L_{Cpeak} 135 dB ületamise.

4 HELIRÕHUTASEMETE MÕÕTMISED

4.1 Mõõtmised ja mõõtmispunktid

Mõõtmisel registreeriti helispekter 1/3 oktaavribades sagedusvahemikus 16 Hz-8 kHz.

Mõõtmised teostati vastavalt ISO standarditele:

- ISO 1996-1:2016 Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise -- Part 1: Basic quantities and assessment procedures [2];
- ISO 1996-2:2017 Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise -- Part 2: Determination of sound pressure levels [3].

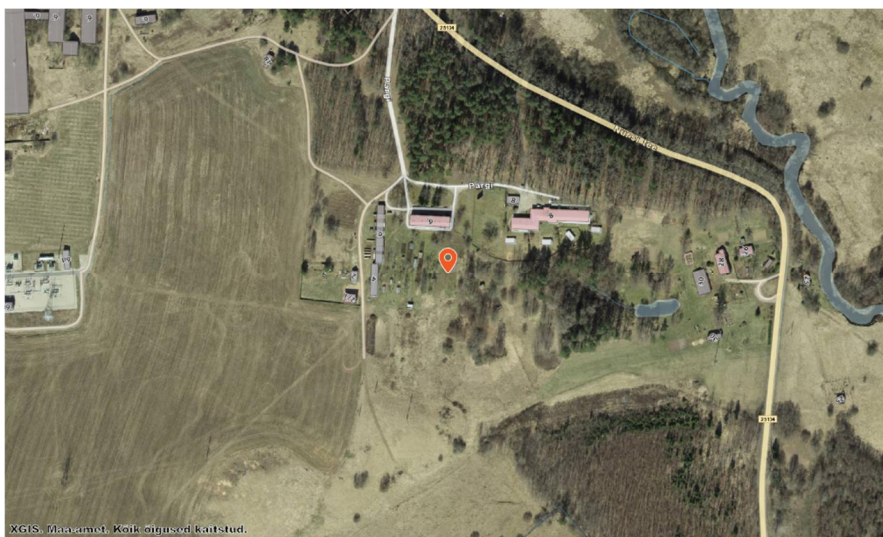
Akukon Eesti OÜ-l on Soome akrediteerimiskeskuse FINAS poolt heakskiidetud mõõtmislabor akustiliste müramõõtmiste teostamiseks vastavalt standardile EN ISO/IEC 17025 (https://www.finas.fi/Documents/T229_M11_2019.pdf#search=akukon).

Tabel 4. Mõõtmisandmete koondtabel

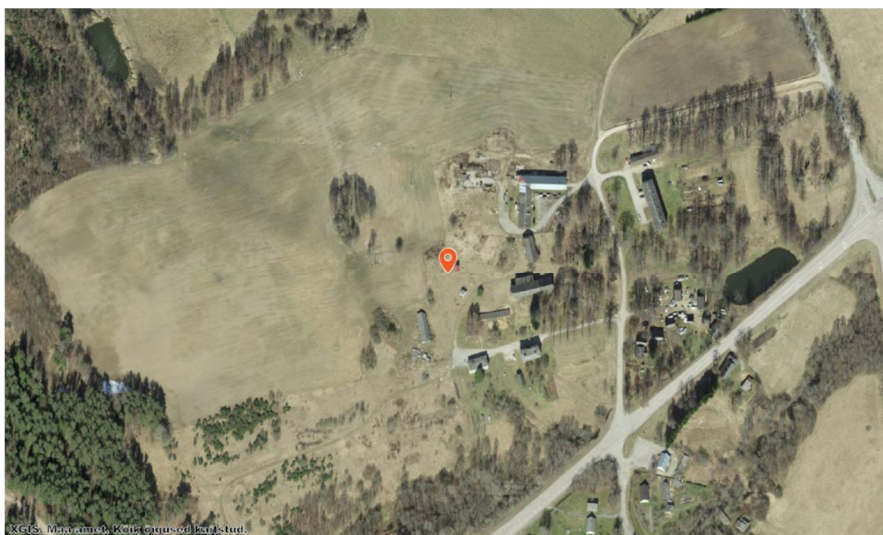
Mõõtmispunkt MP01	Pargi tn 8, Sõmerpalu alevik (XY: 6415192.80, 668128.35)
Mõõtmispunkt MP02	Nursi laut, Nursi küla (XY: 6407839.29, 670879.55)
Mõõtmispunkt MP03	Mäe-Lükka, Lükka küla (XY:6408314.41, 667963.22)
Mõõtjad	Mario Narbekov, Dmitri Tiško, Mykhailo Yaroshenko
Mõõtmispunktide kõrgus maapinnast (MP01 ja MP03) 1,5 m	
Mõõtmispunkti kõrgus maapinnast (MP02) 3,5 m	

Mikrofoni kõrgused on valitud vastavalt mõõtmisstandardi nõuetele (MP1-M2). Mõõtmispunkti MP3 puhul paigaldati mikrofoni olemasoleva müraseirejaama mikrofoni võimalikult lähedale, et saaks hiljem täpsemalt võrrelda saadud tulemusi.

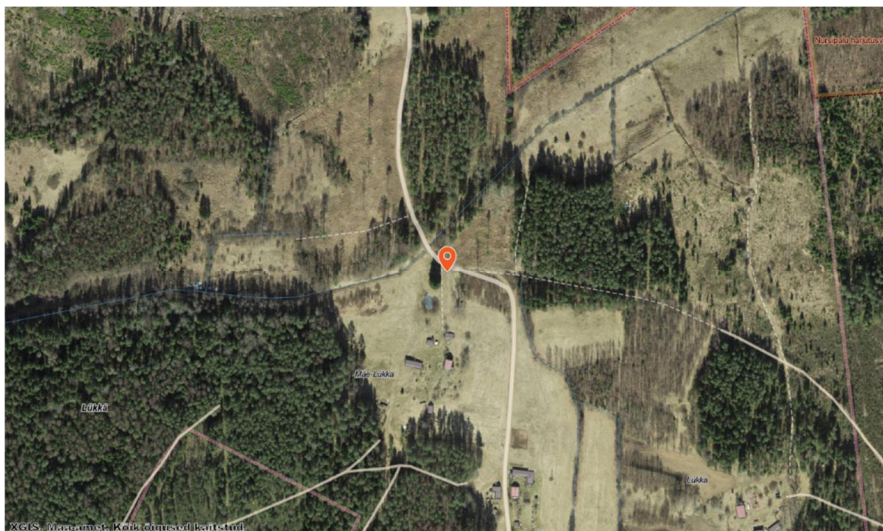
Joonistel 2-4 on näidatud mõõtmispunktide asukohad (aluskaardid: Maa-amet 2020).



Joonis 2. Mõõtmispunkt MP1 Pargi tn 8, Sõmerpalu alevik (XY: 6415192.80, 668128.35)



Joonis 3. Mõõtmispunkt MP2 Nursi laut, Nursi küla (XY: 6407839.29, 670879.55)



Joonis 4. Mõõtmispunkt MP3 Mäe-Lükkä, Lükka küla (XY: 6408314.41, 667963.22)

4.2 Ilmastikutingimused

Mõõtmispäeva ilmastikutingimused on näidatud tabelis 5.

Tabel 5. Mõõtmispäeva 07.04.2020 ilmastikutingimused vastavalt Riigi Ilmateenistuse andmetele (<https://www.ilmateenistus.ee>), Võru jaam.

Kuupäev ja kellaeg	Tuul (m/s) ja suund	Temperatuur °C	Pilvisus (palli)	Sademed (mm/h)	Õhurõhk (h/Pa)	Õhuniiskus (%)
07.04.2020						
10:00	3,9 (8,8) / 192 °	13,0°C	0/10	0,0	1026,1	28
11:00	4,6 (9,5) / 204 °	14,8°C	0/10	0,0	1025,3	27
12:00	5,7 (10,8) / 206°	16,7°C	0/10	0,0	1024,2	25
13:00	5,6 (12,8) / 214°	17,6°C	0/10	0,0	1023,4	25
14:00	3,9 (11,2) / 205°	19,4°C	0/10	0,0	1022,0	23
15:00	5,4 (14,3) / 210°	19,9°C	0/10	0,0	1021,2	22
16:00	6,4 (12,9) / 212°	20,0°C	0/10	0,0	1020,4	21
17:00	5,5 (12,3) / 227°	19,5°C	0/10	0,0	1019,5	24
18:00	5,2 (11,2) / 234°	18,5°C	1/10	0,0	1018,8	27
19:00	5,1 (12,6) / 256°	18,0°C	9/10	0,0	1018,5	27

Ilmastikutingimustel ei olnud mõõtmistulemustele olulist mõju.

4.3 Mõõtmispunkte iseloomustavad fotod

Fotodel 1-6 on näidatud mõõtmispunktides tehtud fotod.



Foto 1 ja 2. Mõõtmispunkt MP01 Pargi tn 8, Sõmerpalu alevik

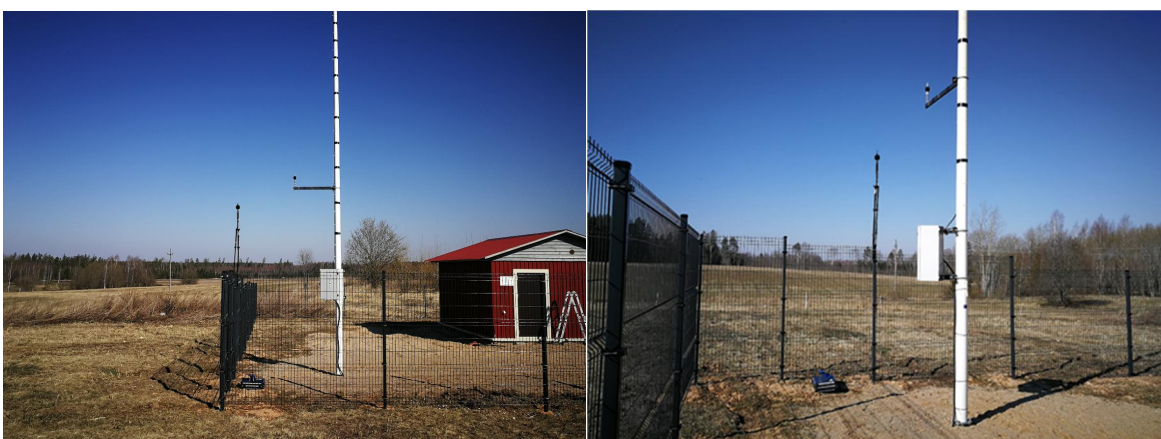


Foto 3 ja 4. MP02 Nursi laut, Nursi küla



Foto 5 ja 6. Mõõtmispunkt MP03 Mäe-Lüka, Lükka küla

4.4 Mõõteseadmed ja kalibreerimise kuupäevad

Tabelis 6 on toodud kasutatud mõõteseadmete andmed.

Tabel 6. Mõõteseadmete andmed

Seade	Tootja ja mudel	Seeria nr	Kalibreeritud
kalibraator	Svantek SV36	76694	14.01.2020 [AKUKON]
mikrofon	NTi Audio MC 230A	A15138	16.04.2018 [AKUKON]
müramõõdik	NTi XL2-TA	A2A-14222-E0	16.04.2018 [AKUKON]
mikrofon	NTi Audio MC 230A	A17687	5.9.2019 [AKUKON]
müramõõdik	NTi XL2-TA	A2A-16658-E0	5.9.2019 [AKUKON]
mikrofon	NTi Audio MC 230A	A17688	5.9.2019 [AKUKON]
müramõõdik	NTi XL2-TA	A2A-16589-E0	5.9.2019 [AKUKON]

**mikrofonid kalibreeriti enne ja pärast mõõtmiste teostamist*

Helirõhutasemete mõõtmiste käigus fikseeriti helirõhutasemed 1 s sammuga (sh salvestati audiofailid), mille alusel arvutati iga päeva/öö müra hinnatud tasemed L_d/L_n (dB) ja iga tunni ekvivalentsed helirõhutasemed $L_{Aeq,T}$. Mõõtmistulemusi analüüsiti spetsiaaltarkvara XL2 Data Explorer v.1.90.0.0 abil.

4.5 Mõõtemääramatus

Teostatud mõõtmistulemused iseloomustavad mõõtmisperioodil valitsenud kogu mürataset, sisaldades lisaks Nursipalu harjutusvälja õppuste tekitatud mürale ka liikluse müra, olmemüra ning looduslikku mürafooni.

Laiendmääramatuse väärtused on arvutatud juhindudes standardi EVS-ISO 1996-2:2017 (p.4: *Measurement uncertainty* ning p.10.5 *Determination of standard uncertainty*) metoodikast.

Etteantud tingimustes on labori müra mõõtevõime vahemikus 1,01-3,01 dB sõltuvalt mõõtmispunktist, mõõdetavast ajavahemikust ning saadud mõõtmisandmetest erinevatel päevadel. Käesolevate mõõtmistulemuste laiendmääramatus U tõenäosustasemel 95% ($k \approx 2$) on esitatud järgnevas tabelis 7.

Tabel 7. Mõõtemääramatus, dB

Mõõtmispunkt	Mõõtemääramatus
MP1 Pargi tn 8, Sõmerpalu alevik	2.27
MP2 Nursi laut, Nursi küla	0.89
MP3 Mäe-Lüčka, Lüčka küla	2.20

4.6 Mõõtmistulemused

Helirõhutasemete mõõtmiste käigus fikseeriti helirõhutasemed 1 s sammuga (sh salvestati audiofailid), mille alusel arvutati päevased müra hinnatud tasemed L_d (dB) arvestades impulsmüra korrektsiooni +15 dB. Väljaõppealadel kasutati koos nii väikese- kui ka suurekaliibrilisi relvi, kuna suurekaliibrilistest relvades põhjustatud müra on häirivam, siis on kasutatud impulsskorrektsiooni +15 dB.

Tabelis 8 on toodud mõõtmispäeva ekvivalentne, maksimaalne ja hinnatud müratase aktiivse ja päevase ajavahemiku kohta.

Tabel 8. Mõõtmispäeva müratase mõõtmispunktides

Mõõtmispunkt	L_{Aeq}	L_{AFmax}	$L_{A_{r,ti}}$	L_d
MP1 Pargi tn 8, Sõmerpalu alevik	52	92	81	55
MP2 Nursi laut, Nursi küla	56	71	68	45
MP3 Mäe-Lüčka, Lüčka küla	48	72	66	41

L_{Aeq} ja L_{AFmax} on mõõdetud väärtused kogu mõõtmisperioodi jooksul, mis sisaldavad nii mürasündmusi kui ka taustmüra. L_d ja $L_{A_{r,ti}}$ on mõõtmisperioodi üksikute mürasündmuste keskmised hinnatud tasemed, mis on arvutatud igas mõõtmispunktis ainult fikseeritud mürasündmuste ja nende ajaliste kestvuste alusel.

Tabelis 9 on toodud mõõdetud mürasündmuste ekspositsioonitasemed L_{AE} , L_{ZE} , L_{CE} ja C kaalutud helirõhutaseme tipphelirõhutase L_{CEpeak} harjutuspäeval toimunud mürasündmuste kohta. Välja on toodud mõõtmispunktis madalaim ja kõrgeim fikseeritud mürasündmuse ekspositsioonitase.

Tabel 9. Mõõdetud mürasündmuste ekspositsioonitasemed

Mõõtmispunkt	L_{AE} , dB	L_{ZE} , dB	L_{CE} , dB	L_{Cpeak} , dB
MP1 Pargi tn 8, Sõmerpalu alevik	44 - 79	75 - 109	61 - 103	72 - 115
MP2 Nursi laut, Nursi küla	36 - 74	68 - 117	56 - 103	67 - 104
MP3 Mäe-Lüčka, Lüčka küla	36 - 65	53 - 102	46 - 88	58 - 97

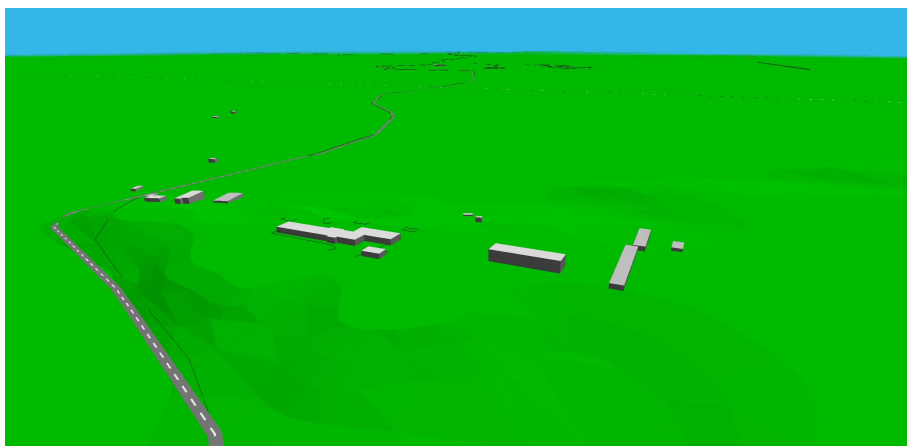
Käesoleva aruande lisas B1 on välja toodud harjutuspäeval mõõdetud helirõhutasemed mürasündmuste, indikaatorite ning kellaaegade kaupa mõõtmispunktides.

5 MÜRA MODELLEERIMINE

Müratasemete arvutamisel ja mürakaardi koostamisel kasutati arvutiprogrammi Datakustik Cadna/2020, mille tarbeks tehti maa-alast kolmemõõtmeline akustiline maastikumudel. Käesolevas uuringus kasutatakse rahvusvahelist üldist keskkonnamüra arvutamise mudelit ISO 9613-2 „Acoustics – Abatement of sound propagation outdoors, Part 2: General method of calculation”[2].

5.1 Maastikumudel

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



Joonis 5. Vaade maastikumudelile Mäe-Lüčka kinnistu juurest

Kaardistamise jaoks vajalik kõrgusinfo kolmedimensiooniliste joontena saadi Maa-ameti 2020. a geoportaalist. Andmestik sisaldas maapinna kõrgusjooni, hoonete kõrgusinformatsiooni, teede, tänavate, veekogude, katastripiiride asukohti. Maastikumudeli loomisel kasutati kõrgusinfona täisarvulisi kõrgus-jooni, 1m vahega. Lisaks kasutati tellijalt saadud joonist alade kohta (*Nursipalu_alad.zip*).

Hoonete jagunemine kasutusotstarbe alusel oli järgmine:

- elu-ühiskondlik hoone;
- kõrval-, tootmishoone.

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

Maapinna helineelduvustegur määrati antud töös järgmiselt:

- akustilised pehmed pinnad – helineeldetegur $G = 1$;
- akustiliselt kõvad pinnad – helineeldetegur $G = 0$.

Mõõtmispunktide asukohad on tähistatud  märgiga.

5.2 Arvutuste parameetrid

Vahemaast tingitud nõrgenemine, pehme maapind ja rajatud muldvallid muudavad leviva müra spektrit. Sellepärast teostatakse arvutus sagedusribades. Lõpptulemusena erinevate sageduste väärtused liidetakse kokku ühenumbriks väärtuseks, ekvivalentseks kaalutud A-helirõhutasemeks L_{Aeq} kõikides arvutus-punktides.

Müra levimisarvutuste lähteandmete jaoks määratakse iga müraallika helivõimsus sageduse ja suuna funktsioonina. Arvutusmudel esindab müraallikat või –allikaid ekvivalentne punkti- või joonekujuline müraallikas, mis paikneb tõelise allika akustilises keskpunktis.

Tähtsamad arvutuste teostamise seaded olid järgmised:

- õhutemperatuur 10°C; suhteline õhuniiskuskus 70% (fikseeritud ilmastikuparameetrid),
- arvutusruudustiku samm mürakaartidel on 50x50 m,
- müratasemete arvutus teostati 2 m kõrgusel,
- 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),
- mürakaardil on elu- ja ühiskondlikud hooned tähistatud halli värviga ning kõrval-, tootmishooned sinise värviga.

5.3 Lähteandmed

Tabelis 10 on välja toodud harjutuspäeva kasutuskooormus ja laskude/laengute kogused, informatsioon moonade, granaatide ja miinide kohta vastavalt tellijalt saadud informatsioonile. Töö teostamisel on arvestatud tellijalt saadud andmetega.

Tabel 10. Harjutuspäeva kasutuskoomus, esitatud on relvad laskude/laengute kogused.

Relv	Kogus
Väikesekaliibrilised relvad	
7,62 mm automaat AK-4 (lahingmoon)	1400 pdr
7,62 mm kuulipilduja MG-3 (lahingmoon)	6100 pdr
Suurekaliibrilised relvad:	
84 mm tankitõrjegranaadiheitja Carl-Gustav	
Carl Gustav 551 – kumulatiivgranaat	5 tk
Carl Gustav HEAT – kumulatiivgranaat	1 tk
Carl Gustav – kildgranaat	1 tk
120 mm miinipilduja (suitsumiin)	66 tk
120 mm miinipilduja (kildmiin)	17 tk
Laengud	
M21F kaitselaeng	1 tk
käsilaeng TNT 300g	20 tk

Relvade ehk müraallikate kõrgused maapinnast on esitatud tabelis 11.

Tabel 11. Müraallikate kõrgused maapinnast relvade kaupa

Mõõtmispunkt	Kõrgus maapinnast, m
7,62 mm automaat AK-4	0,6
7,62 mm kuulipilduja MG-3	1
84 mm tankitõrjegranaadiheitja Carl-Gustav	1
120 mm miinipilduja	1
M21F kaitselaeng	maapinnal
TNT 300g käsilaeng	maapinnal

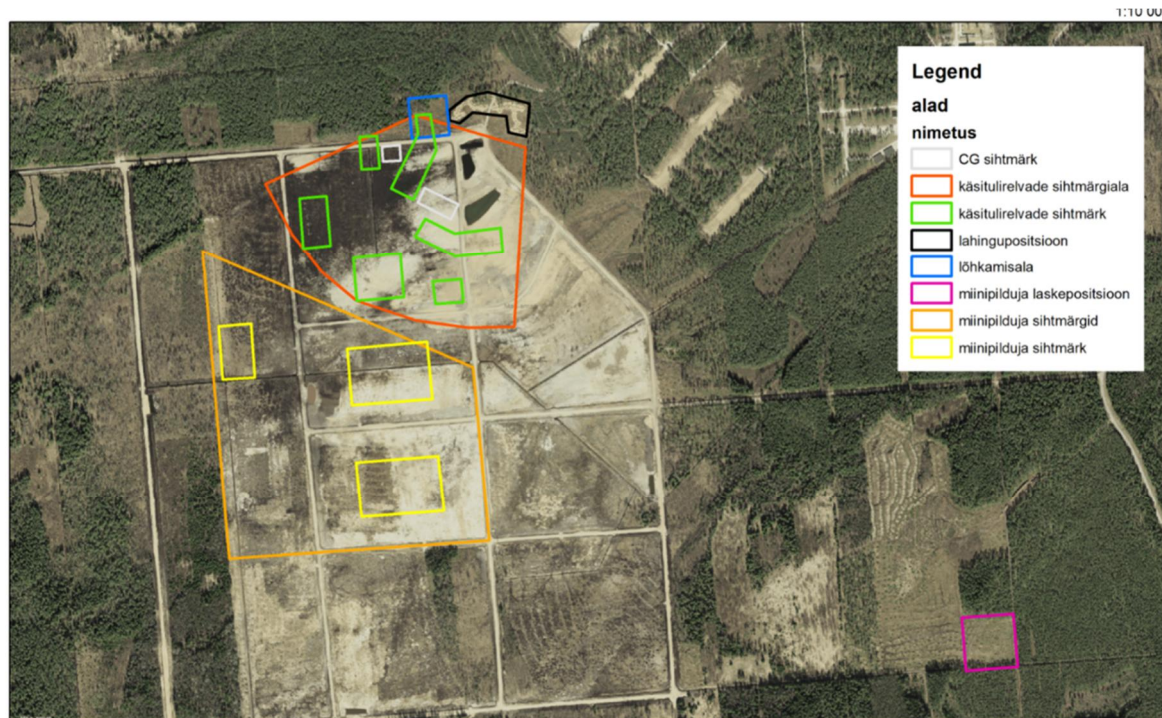
Harjutuspäeval kasutatud lahingupositsioonid ja töös tehtud eeldused vastavalt tellijalt saadud informatsioonile:

- 1) Kõik lasud, v.a. miinipildujad, tehti mustaga tähistatud lahingupositsioonilt suunaga käsitulirelvade sihtmärgialale. 7,62 mm kuulipildujat MG-3 ja 7,62 mm automaati AK-4 lasti roheliste sihtmärkide suunas.
- 2) Miinipildujate positsioon on märgitud lilla ruuduga. 120 mm miinipildujaid oli positsioonil 3 tk. Lasti (kild- ning suitsumiine) suunaga miinipildujate sihtmärgialale.
- 3) 84 mm tankitõrjegranaadiheitja Carl-Gustav lasud tabasid hallide ruutudega tähistatud sihtmärke käsitulirelvade sihtmärgiala alguses.

Tabamused:

- 1) Miinipildujate sihtmärkide osas on arvestatud, et tabati võrdselt kõiki sihtmärke.
- 2) 84 mm tankitõrjegranaadiheitja Carl-Gustavait lasti korraga ühest relvast.
- 3) 7,62 mm kuulipilduja MG-3 ja 7,62 mm automaat AK-4 puhul arvestati, et kogu rühm laskis samal ajal kõikidest relvadest lahingupositsiooni alal suunaga sihtmärgi alade poole.

Joonisel 6 on väljatoodud harjutuspäev järgsed laskekohad, sihtmärgid ning lõhkamisala.



Joonis 6. Harjutuspäev alade legend (info: Kaitsevägi, aluskaart: Maa-amet 2020)

5.4 Relvade müraemissioonid

Käesolevas keskkonnamüra uuringus kasutati tellija poolt edastatud emissiooniandmeid ning töö teostaja andmebaasis olevaid lähteandmeid erinevate relvade kohta. Arvutustes kasutatud emissiooniandmed on esitatud tabelis 12. Reaalsete arvutuse teostamisel on sisestatud müraallikatele ja aladele kõrgused, suund sihtmärgiala suunas ning arvestatud laskude arvuga ning impulssmüra korrigeerimisega.

Müraemissioonide andmed 1/3 oktaavribades on esitatud tabelis 12.

Tabel 12. Arvutustes kasutatud emissiooniandmed.

Kaliiber	Nimetus/selgitus	31,5	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k
120 mm	Lask	147	149	148	147	144	141	138	135	132
120 mm	Tabamus	167	165	162	158	162	165	162	158	154
84 mm	Carl-Gustav lask	156	163	164	170	161	150	146	143	142
84 mm	Carl-Gustav tabamus	168	174	170	166	163	160	158	155	156
7,62 mm	MG-3	120	128	136	143	143	138	136	133	130
7,62 mm	AK-4	119	122	128	138	141	133	132	128	129
300g TNT	Lõhkeaine	160	163	161	159	156	153	150	147	144
M21F	Lõhkeaine	168	166	164	161	158	155	152	149	146

6 MODELLEERITUD JA MÕÕDETUD TULEMUSTE VÕRDLUS

Tabelis 13 on esitatud modelleerimis- ja mõõtmistulemuste väärtused ning mõõtmistulemuste alusel saadud arvutustulemuste võrdlus.

Tabel 13. Kaugpunktides fikseeritud modelleerimis- ja mõõtmistulemused, dB

Asukoht	Modelleeritud (emissiooniandmete alusel)	Arvutatud mõõtmistulemuste alusel	Tulemuste võrdlus
	L_d	L_d	
MP1 Pargi tn 8, Sõmerpalu alevik	54	55	-1
MP2 Nursi laut, Nursi küla	50	45	5
MP3 Mäe-Lütkä, Lütkä küla	56	41	15
	L_{CE}	L_{CE}	
MP1 Pargi tn 8, Sõmerpalu alevik	96	103	-7
MP2 Nursi laut, Nursi küla	92	103	-11
MP3 Mäe-Lütkä, Lütkä küla	95	88	-7

Vastavalt Riigi Ilmateenistuse [5] andmetele 07.04.2020 oli tuule kiirus 3,9-6,4 m/s (mõõdukas tuulekiirus) ning valdavalt oli lõuna-edela ja lääne-edela tuul (suund 192°-256°). Sellest tulenevalt võivad MP 3 Mäe-Lütkä mõõtmistulemuste alusel arvutatud L_d väärtused madalamad olla, kuna heli levimise seisukohast oli vastutuul. MP 1 Pargi tn 8 modelleeritud ja mõõtmistulemuste alusel arvutatud tulemused peaaegu ühilduvad. Erinevusi võib seostada ilmastikutingimustega.

Ühe juhtumi C-heli ekspositsioonitase L_{CE} erinevused on tingitud sellest, et modelleerimisel arvutatakse iga müraallikas eraldi ning lõpuks liidetakse kokku ($L_{CE} = \max(L_{CE1}, L_{CE2})$). Mõõdetud väärtuste all on esitatud maksimaalsed tulemused mõõtmispunktides.

7 TULEMUSED JA JÄRELDUSED

Vastavalt 07.04.2020 teostatud müramõõtmistele ja mõõtmisandmete alusel saadud arvutustulemustele jäävad mõõtmispunktide alades müra hinnatud tasemed päevasel ajal vahemikku L_d 41-55 dB sõltuvalt mõõtmispunkti asukohast. Mõõdetud mürasündmuste L_{CE} ekspositsioonitasemed jäävad mõõtmispunktides päevasel ajal vahemikku 46-103 dB. Üksikute mürasündmuste taotlustase päevasel ajal $L_{CE}=100$ dB on tagatud lähimate eluhoonete juures. L_{CE} väärtuste lühiajalist ületamist kuni 3 dB esines üks kord kahes mõõtmispunktis:

- MP1 Pargi tn, kell 13:04:20-13:04:24, $L_{CE}=103$ dB, allikas:120 mm miinipilduja;
- MP2 Nursi laut, kell 13:35:12-13:35:25, $L_{CE}=103$ dB, allikas:120 mm miinipilduja.

Nursipalu harjutusvälja harjutuspäeva mürakaardistamise arvutustulemusena koostati 2 mürakaarti.

- Lisa A1 – müra hinnatud tase päeval L_d (16h) harjutuspäeval;
- Lisa A2 – suurekaliibriliste relvade maksimaalmüra C-heli ekspositsioonitase L_{CE} harjutuspäeval.

Mõõdetud, arvutatud ning modelleeritud tulemuste alusel, võib järeldada, et harjutuspäeva müra hinnatud tase ei ületanud soovituslikku kriitilist normtasest L_d 65 dB lähimate külade (Mustassaare, Tsirgupalu, Lütkä, Hānike, Sõmerpalu, Järevere) juures. Arvutustulemuste järgi lähimad eluhooned Lütkä ja Mustassaare külas jäävad müratsooni 55-59 dB, kuhu ulatub kuni 56 dB suurune müratase.

Harjutuspäeva suurekaliibriliste relvade L_{CE} müratasemed jäävad MP 1 Pargi tn 8, MP2 Nursi ja MP 3 Mäe-Lütkä mõõtmispunktide juures vahemikku 92-96 dB. Soovituslikku L_{CE} normtasest 100 dB ei ületata mõõtmispunktide juures ning Lütkä ja Mustassaare külade lähimate eluhoonete juures.

Vastavalt relvade emissiooni andmetele ja aladele, kus tegevuses toimuvad saab välja tuua, et antud harjutuspäeva peamised müraallikad lähimate külade (Mustassaare, Tsirgupalu, Lükkä, Hännike, Sõmerpalu, Järevere) suhtes on järgmised:

- 84 mm tankitõrjegranaadiheitjad (Carl-Gustav);
- miinipildujad 120 mm;
- M21F kaitselaeng.

MP1 Pargi tn 8 ja MP3 Mäe-Lükkä vibratsiooni tõenäoliselt ei esine, kuna mõõdetud L_{ZE} väärtused on vahemikes 53-109 dB. Mõõtmispunktide MP1 Nursi laut registreeriti L_{ZE} väärtused vahemikes 68-117 dB. Ehituskahjustuste soovituslikku piirataset L_{pZE} 125 dB ei ületata mõõtmispunktides. Mõõtmispunktis MP2 Nursi üksikute mürasündmuste puhul võib esineda vibratsiooniilminguid, kuid arvestades vahemaid müraallikate ja müratundlike hoonete vahel, siis väljendub see eelkõige häiringus, kuid mitte ehituskahjustuste tekkes.

Mõõtmispunktides MP1-MP2 registreeriti L_{Cpeak} väärtused vahemikes 57-117 dB. Võimaliku kuulmiskahjustuse piirataset $L_{Cpeak}=135$ dB ei ületata.

Kui vaadata müramõõtmise ja mõõtmisandmete alusel saadud arvutustulemusi ning modelleerimise tulemusi, siis võib antud mürauuringu põhjal eeldada, et soovituslikke müratasemeid ei ületata lähimate eluhoonete juures, kui kasutatakse sarnaseid relvi/lõhkeaineid ning alasid, kust harjutust läbi viidi. Oluline on välja tuua, et saadud tulemused ja nende alusel tehtud järeldused kehtivad tulevikus teostatavate sarnaste harjutuspäevade kohta, kui ilmastikutingimused on sarnased 07.04.2020 fikseeritud tingimustega või soodsamad (nt. väiksem tuulekiirus, kõrgem temperatuur vms), siis müratasemete levik on sama või väiksem.

LISAD

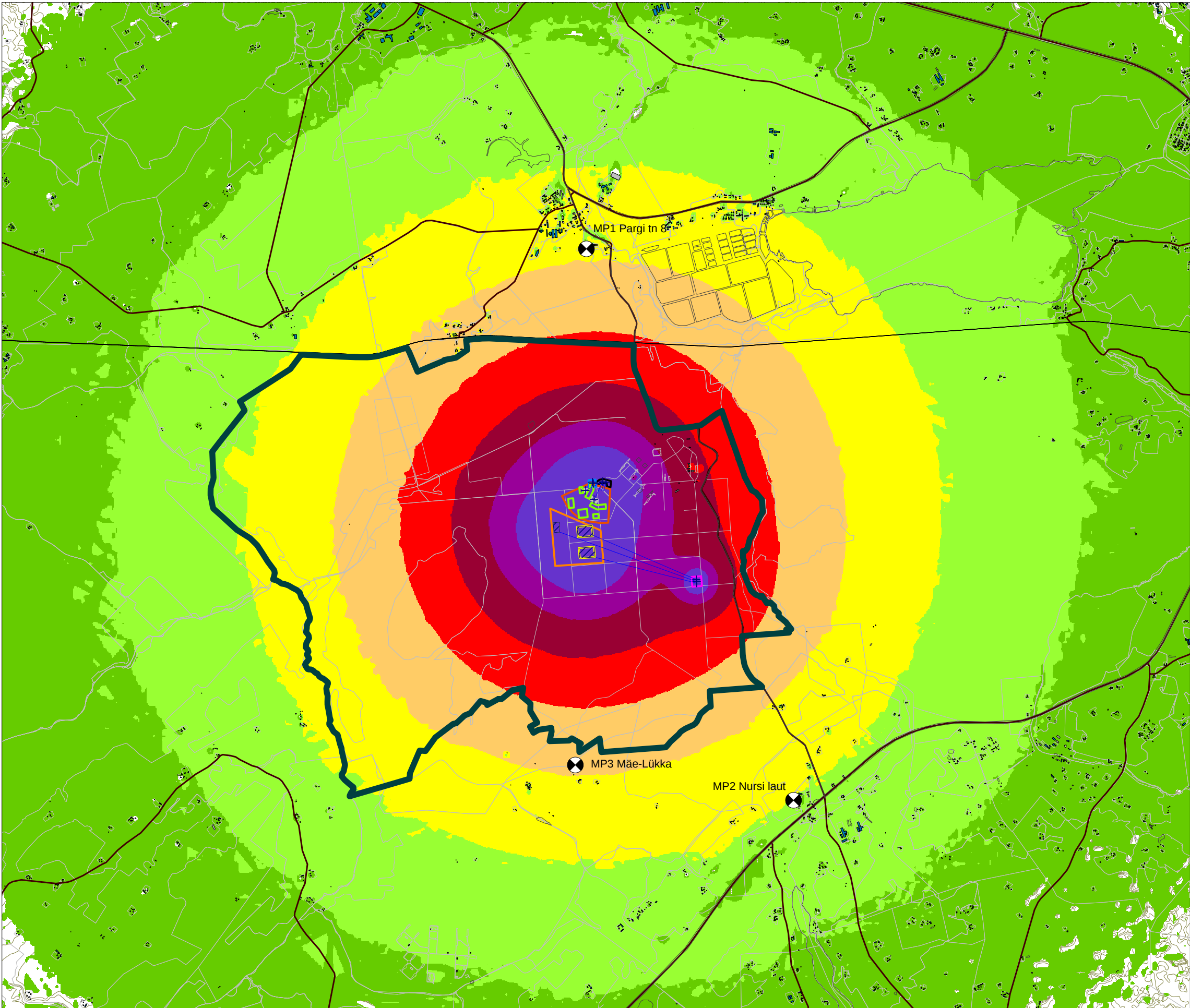
Akukon 200583 – Lisa A1 müra hinnatud tase päeval L_d 960 minutit (16h) harjutuspäeval

Akukon 200583 – Lisa A2 suurekalibriliste relvade maksimaalmüra C-heli ekspositsioonitase L_{CE} harjutuspäeval

Akukon 200583 – Lisa B1 Harjutuspäeval mõõdetud helirõhutasemed

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. ISO 1996-1:2016 Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise -
- Part 1: Basic quantities and assessment procedures
4. ISO 1996-2:2017 Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise -
- Part 2: Determination of sound pressure levels.
5. Riigi Ilmateenistus <http://www.ilmateenistus.ee/>



Riigi Kaitseinvesteeringute Keskus

Militaarmüra uuring

Harjutuspäeva 07.04.2020
müraolukord

Päev [7-23]
Hinnatud müratase L_d

L_d mürakaardi värviskaala:

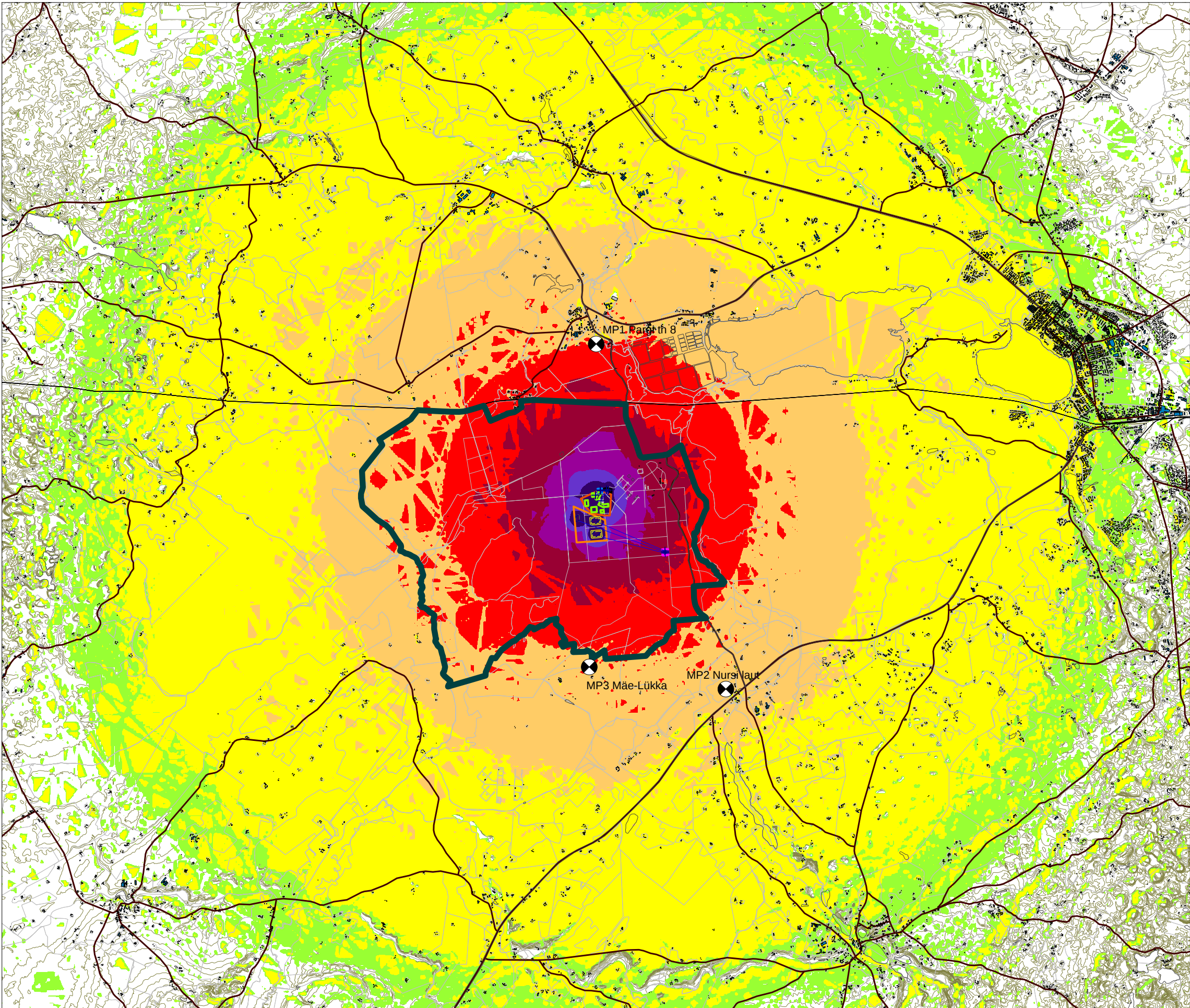
- 40 ... 44 dB
- 45 ... 49 dB
- 50 ... 54 dB
- 55 ... 59 dB
- 60 ... 64 dB
- 65 ... 69 dB
- 70 ... 74 dB
- 75...

arvutusruudustiku samm 50x50 m
müratasemete arvutus 2 m kõrgusel
müravahemik 5 dB kaupa
peegelduste arv 3
impulssmüra korrigeerimine +12/15 dB
arvutusmeetod ISO 9613-2

7,62 mm automaat AK-4 (lahingmoon) -1400 pdr
7,62 mm kuulipilduja MG-3 (lahingmoon) - 6100 pdr
Carl Gustav 551 – 5 kumulatiivgranaati
Carl Gustav HEAT – 1 kumulatiivgranaat
Carl Gustav – 1 kildgranaat
120 mm miinipilduja 66 suitsumiini
120 mm miinipilduja 17 kildmiini
M21F x kaitselaeng

Akukon Eesti OÜ

KOOSTAJA	KUUPÄEV
MV	26.05.20
MÕÕTKAVA	SUURUS
1:51000	A3



200583 - Nursipalu mürauring

Lisa A2

Riigi Kaitseinvesteeringute Keskus

Militaarmüra uuring

Harjutuspäeva 07.04.2020
müraolukord

Kaalutud C-heli
ekspositsioonitase L_{CE}

LCE mürakaarvi värviskaala:

< 84 dB

85 ... 89 dB

90 ... 94 dB

95 ... 99 dB

100 ... 104 dB

105 ... 109 dB

110 ... 114 dB

115 ... dB

arvutusruudustiku samm 50x50 m
müratasemete arvutus 2 m kõrgusel
müravahemik 5 dB kaupa
peegelduste arv 3
impulssmüra korrektsioon +15 dB
arvutusmeetod ISO 9613-2

Carl Gustav 551 – 5 kumulatiivgranaati
Carl Gustav HEAT – 1 kumulatiivgranaat
Carl Gustav – 1 kildgranaat
120 mm miinipilduja 66 suitsumiini
120 mm miinipilduja 17 kildmiini
M21F x kaitselaeng
käsilaeng 20x TNT 300g

Akukon Eesti OÜ

KOOSTAJA	KUUPÄEV
MV	26.05.20
MÕÕTKAVA	SUURUS
1:85000	A3

Cadna/A 2020

200583-2 Nursipalu harjutusvälja mürauring
Lisa B1 Harjutuspäeval mõõdetud helirõhutasemed

Allikas	Aeg	MP1 - Pargi tn 8				MP2 - Nursi laut				MP3 - Mäe-Lükkä			
		L_{AE}	L_{ZE}	L_{CE}	L_{Cpeak}	L_{AE}	L_{ZE}	L_{CE}	L_{Cpeak}	L_{AE}	L_{ZE}	L_{CE}	L_{Cpeak}
120 mm miinipilduja, 6x kildmiin	11:14:35	52	79	72	88	48	89	74	83	*	*	*	*
	11:15:07	63	95	87	102	50	89	77	86	40	69	56	66
	11:15:31	50	89	73	85	41	73	61	73	39	76	59	72
	11:16:04	64	94	87	102	44	81	68	78	39	71	57	67
	11:16:19	51	88	76	87	45	87	70	81	39	83	69	80
	11:16:51	65	98	90	106	49	88	75	87	43	82	70	84
	11:17:47	53	87	74	88	50	83	71	84	46	81	67	80
	11:18:18-11:18:19	74	103	96	105	49	80	66	71	46	85	70	78
120 mm miinipilduja, 3x kildmiin, 1x suitsumiin	11:30:21	57	85	79	91	48	75	64	77	47	80	67	81
	11:30:53	68	99	91	105	44	83	69	79	43	60	50	62
	11:42:15	53	84	75	92	43	82	70	79	49	69	54	66
	11:42:48	52	91	79	91	46	88	74	84	44	72	58	68
	11:51:37	53	84	75	91	46	90	74	84	47	77	66	76
120 mm miinipilduja, 12x kildmiin, MG-3, AK-4	13:02:43-13:02:46	73	107	98	107	63	106	93	94	54	72	60	61
	13:03:29-13:03:29	51	83	71	108	47	78	65	75	38	59	47	59
	13:03:49	57	84	77	92	45	81	67	77	43	74	61	73
	13:03:58-13:03:59	70	101	95	106	50	91	75	83	43	80	65	72
	13:04:02	54	85	75	92	44	84	69	79	38	66	54	63
	13:04:11	52	84	72	84	43	75	60	70	40	72	58	68
	13:04:13	49	86	73	86	45	83	71	86	36	69	54	65
	13:04:20-13:04:24	79	108	103	107	64	107	93	95	64	85	80	82
	13:04:32	67	98	92	105	54	98	83	93	38	72	58	70
	13:04:34	65	99	91	106	52	93	82	92	51	73	67	85
	13:04:42-13:04:43	68	98	90	102	54	90	76	84	44	70	57	62
	13:04:45-13:04:46	69	103	95	105	53	90	74	85	55	76	71	80
	13:04:54	63	99	93	109	49	92	78	90	40	67	53	66
	13:04:56	60	90	81	98	48	91	76	86	47	66	60	76
	13:05:07	61	94	85	100	43	86	73	82	38	60	47	59
	13:05:22	61	95	88	102	45	88	74	87	39	69	55	66
	13:05:33	47	80	64	74	46	83	71	82	38	68	53	64
	13:05:37	44	75	61	72	49	90	76	86	38	70	57	68
	13:05:40	45	81	67	80	45	80	67	76	39	74	59	71
	13:05:44	44	78	64	75	45	91	75	84	41	70	55	65
	13:06:12	45	83	71	84	39	73	60	70	38	65	51	62
	13:06:32-13:06:36	59	100	85	88	52	84	70	70	51	90	76	78
	13:22:57	64	95	86	103	36	73	59	71	39	53	46	58
	13:23:00	65	89	84	101	37	74	58	68	40	67	49	59
	13:24:45	61	94	82	96	43	83	69	83	40	84	68	77
	13:25:21	61	94	84	100	41	81	61	71	40	81	67	77
	13:25:23	64	93	86	101	38	73	58	71	40	78	65	74
	13:25:53-13:25:56	73	109	98	100	55	97	82	82	52	84	70	70
	13:26:08	57	94	81	93	43	83	71	81	46	87	74	84
	13:26:14	62	96	84	97	41	78	66	77	43	76	65	79
	13:26:24	61	94	83	99	49	91	77	86	50	84	72	82
	13:26:27	66	97	88	104	53	96	81	90	43	86	74	84
	13:26:32	63	95	85	98	51	95	80	90	43	70	59	71
	13:26:40	59	97	84	96	46	81	64	74	44	65	59	73
	13:26:48	64	96	87	103	44	89	74	84	42	68	58	68
	13:27:04	58	93	82	93	44	82	68	79	45	87	75	86
	13:27:14	59	92	81	95	42	80	64	73	42	78	63	74

120 mm miinipilduja, 12x kildmiin, 7x suitsumiin, MG-3, AK-4	13:27:19	59	97	84	96	45	74	59	69	42	77	61	73
	13:33:55	51	93	79	90	45	80	65	75	47	61	52	64
	13:34:42-13:34:50	61	97	83	79	63	103	88	85	65	102	88	86
	13:35:12-13:35:25	66	107	92	87	74	117	103	98	65	97	82	74
	13:35:27-13:35:29	55	95	81	83	59	95	82	88	52	80	66	69
	13:35:38	48	86	70	83	51	88	75	85	45	69	55	67
	13:38:34	53	89	77	89	50	88	72	82	47	80	65	78
	13:38:44	47	87	74	83	46	73	62	71	48	74	60	71
	13:38:47	48	88	72	86	45	70	57	69	48	76	62	74
	13:38:54-13:38:56	60	99	86	91	59	98	85	88	58	90	73	79
	13:38:58	51	88	76	87	50	93	77	87	48	72	57	68
	13:39:06	63	98	89	104	50	92	78	88	49	72	58	69
	13:39:09	55	97	83	93	50	84	73	86	50	69	61	76
	13:39:12	54	94	82	93	52	83	72	82	51	68	59	72
	13:39:16	63	98	91	104	50	92	77	88	51	75	62	74
	13:39:18	62	91	84	99	49	85	71	87	50	82	68	82
	13:39:20-13:39:21	57	95	82	90	57	97	83	95	58	88	73	78
	13:39:26	63	96	89	102	49	90	76	86	50	83	67	80
	13:39:29	59	92	83	98	47	84	70	82	49	81	67	79
	13:39:35	61	94	87	102	46	85	71	82	53	95	81	91
	13:39:41	63	100	91	104	49	89	76	88	55	91	77	87
	13:39:44	65	102	91	104	50	89	76	87	54	95	82	92
	13:39:53	64	99	90	104	52	86	74	85	57	79	65	76
	13:39:56	56	87	76	89	55	78	66	76	55	100	85	96
	13:40:04	63	95	88	100	55	88	70	80	50	89	76	84
	13:40:09	55	90	78	94	50	90	74	85	50	83	68	78
	13:40:28	54	90	79	94	47	89	76	87	59	99	83	97
	13:40:43	52	82	75	90	42	82	67	78	50	82	70	84
Carl Gustav 551 - kumulatiivgranaat	14:12:54-14:12:55	74	107	97	106	55	96	83	96	59	84	70	77
Carl Gustav HEAT – kumulatiivgranaat	14:16:06-14:16:07	71	105	93	103	53	98	82	90	51	79	66	72
M21F kaitselaeng	14:18:23	70	104	96	111	47	77	61	73	48	84	70	81
120 mm miinipilduja, 1x kildmiin	17:15:34	63	92	87	101	42	83	68	79	43	76	60	70
	17:15:36	61	92	85	99	51	76	70	85	51	78	68	82
	17:15:49	65	97	88	101	46	89	73	83	42	66	52	64
	17:15:51	65	98	89	105	48	81	68	80	50	72	67	84
Carl Gustav 551 2x kumulatiivgranaat	17:16:41	62	92	85	100	45	84	70	83	44	72	57	69
	17:16:43	69	100	94	110	57	84	77	94	51	76	70	85
Carl Gustav 551 kumulatiivgranaat	17:18:02	48	80	68	82	49	86	72	81	49	84	67	78
	17:18:35	62	91	83	98	50	90	77	88	49	65	55	66
Carl Gustav kildgranaat	17:20:33	64	102	91	103	52	88	75	87	50	83	70	81
	17:23:02	63	94	89	104	46	83	70	79	45	61	51	62
120mm miinipilduja, 12x kildmiin, MG-3, AK-4	17:23:04	62	85	78	97	47	92	76	87	44	62	51	62
	17:28:55	56	90	80	91	45	84	69	80	48	66	55	67
	17:29:04	52	86	75	86	46	75	62	74	46	60	52	63
	17:29:08	51	85	75	87	46	83	70	81	46	65	56	69
	17:29:13	53	87	76	89	60	91	80	96	60	81	77	88
	17:29:15	48	87	73	84	50	82	70	82	47	64	56	69
	17:29:27	66	96	90	104	63	93	87	104	52	81	69	79
	17:29:28	67	94	88	104	52	83	71	82	48	85	70	80
	17:29:30	66	94	88	104	52	80	68	78	47	91	73	86
	17:29:36	73	102	96	107	58	91	77	101	63	85	76	87
	17:29:40	63	88	83	102	54	94	81	90	50	84	69	80
	17:29:45	66	98	90	105	52	95	80	91	50	77	63	75
Käsilaengud TNT 300g, 20tk, MG-3, AK-4	17:29:52	70	100	89	103	54	89	75	87	50	83	69	79
	17:35:24	64	92	84	101	40	82	68	78	39	65	51	63
	17:35:33	69	96	89	102	43	77	65	83	46	76	59	79
	17:35:42	59	90	80	96	42	85	70	79	41	72	56	67

	17:35:46	58	90	82	97	43	88	74	85	46	89	75	87
	17:35:54	56	88	79	96	40	75	61	72	42	78	62	72
	17:36:02	59	91	82	96	44	85	72	82	44	83	71	81
	17:36:05	59	87	80	98	49	96	81	91	45	87	74	85
	17:36:07	65	94	87	98	51	90	77	88	48	91	76	87
	17:36:23	63	90	85	103	48	92	77	88	41	54	47	59
	17:36:24	63	89	83	101	46	87	74	82	40	72	56	67
	17:36:29	63	86	80	97	48	88	78	88	41	85	72	83
	17:36:31	65	90	85	102	50	92	78	88	41	79	65	74
	17:36:33	62	88	82	98	51	87	75	86	44	83	69	79
	17:36:47	61	90	84	99	48	91	78	92	38	61	47	59
Carl Gustaf 551 kumulatiivgranaat	17:36:54	58	91	82	99	48	91	79	90	39	65	52	65
120 mm miinipilduja, 20x kild 9x suitsumiin, MG-3, AK-4	17:42:41	70	100	95	111	47	89	74	84	46	60	51	61
	17:45:11	54	86	72	82	50	93	79	88	41	82	67	77
	17:46:11	71	100	91	110	47	68	56	67	40	75	60	70
	17:52:38	57	90	79	93	41	69	56	67	53	90	74	84
	17:52:41	74	103	97	107	61	88	80	92	57	91	77	86
	17:53:01	56	90	80	96	40	79	63	74	49	84	67	79
	17:53:09	68	98	92	108	59	87	81	98	52	65	59	71
	17:53:10	69	100	93	107	45	77	65	75	50	64	56	67
	17:53:27	52	82	72	84	41	75	63	75	56	96	85	94
	17:53:33	67	99	92	104	48	79	68	78	54	91	80	93
	17:53:39	59	84	74	88	43	78	65	75	49	85	71	82
	17:53:52	52	83	74	87	41	83	67	76	50	81	69	80
	17:53:59	71	99	92	105	50	73	67	85	53	90	76	88
	17:54:07	54	82	72	83	40	73	60	71	50	82	70	82
	17:54:09	58	82	73	90	50	73	63	75	49	79	64	75
	17:54:16	54	86	77	91	40	72	61	71	47	84	69	79
	17:54:24	74	101	94	111	45	81	68	80	50	82	69	81
	17:54:37	51	88	74	87	40	73	59	75	50	89	75	85
	17:54:39	56	86	76	91	40	71	59	68	47	85	69	78
	17:54:42	54	87	76	86	44	72	59	70	47	78	61	74
	17:54:48	70	101	94	107	48	73	67	78	48	64	54	66
	17:55:07	56	85	75	88	46	75	64	80	47	64	56	70
	17:55:09	61	87	79	102	40	77	64	74	48	71	57	69
	17:55:14	69	100	94	107	47	84	71	81	48	64	56	68
	17:55:32	58	80	74	93	43	74	59	72	47	78	62	74
	17:55:39	67	98	90	104	43	70	61	73	46	76	61	72
	17:55:56	62	94	83	99	40	73	60	70	43	70	56	67
	17:56:04	75	102	96	115	46	68	59	71	44	67	54	64
	17:56:09	60	91	80	95	45	70	59	70	43	63	51	62
	17:56:28	70	99	93	107	50	89	76	86	46	64	55	66
	17:56:39	52,4	83	73,1	86,2	45,1	80,8	67,8	78,4	44	59	49	60
Vahemik		44 - 79	75 - 109	61 - 103	72 - 115	36 - 74	68 - 117	56 - 103	67 - 104	36 - 65	53 - 102	46 - 88	58 - 97

Kommentaar: *müratasemeid ei jõutud fikseerida
Laskmiste ajavahemik väikesekaliiblisitest relvadest (MG-3 ja AK-4): ~13:15-14:22 ja 17:16-17:56