Hanila ja Noarootsi valdades tuuleparkide müratasseme mõõtmine

Esitamiseks

Tallinn

2013

Nimetus	Hanila ja Noarootsi valdades tuuleparkide müratasemе mõõtmine
Versioon	Esitamiseks
Töö nr	13/KH/17
Aeg	12.11.2013
Arendaja	Lääne Maavalitsus Aadress: Lahe 8, 90503 Haapsalu Telefon: 472 5600 Kontaktisik: Merle Mäesalu E-post: merle.maesalu@lmv.ee
KSH koostaja	Estonian, Latvian & Lithuanian Environment OÜ (ELLE OÜ) Reg nr 10705517 Aadress: Tõnismägi 3a-15, 10119 Tallinn Telefon/faks: +372 61 17 690/+372 61 17 699 E-post: elle@environment.ee
Projektijuht ja vastutav koostaja:	Kaupo Heinma, MSc (keskkonnakorraldus)
Osalejad	Marit Abiline, MSc (keskkonnatehnika) Pille Antons, MSc (geograafia; linna- ja tööstusmaastike korraldus) Silver Lind, BSc (geoökoloogia) Kaire Taidre, magistri kraad omandamisele (keskkonnatehnika)

SISUKORD

SISSEJUHATUS 5
1. TUULIKUPARKIDE ASUKOHAD, PARAMEETRID NING VARASEMAD UURINGUD 7
1.1 Aulepa tuulepark 8
1.1.1 Tuulepargi kirjeldus 8
1.1.2 Asukoha kirjeldus 8
1.1.3 Tuulepargi müra hindamised 9
1.2 Vanaküla tuulepark 9
1.2.1 Tuulepargi kirjeldus 9
1.2.2 Asukoha kirjeldus 10
1.2.3 Tuulepargi müra hindamised 10
1.3 Esivere tuulepark, Esivere I tuulepark (Rõuste tuulepark) ja Tooma tuulepark 10
1.3.1 Tuuleparkide kirjeldus 10
1.3.2 Asukoha kirjeldus 11
1.3.3 Tuuleparkide müra hindamised 11
1.4 Virtsu I tuulepark, Virtsu II tuulepark ja Virtsu III tuulepark 12
1.4.1 Tuuleparkide kirjeldus 12
1.4.2 Asukoha kirjeldus 13
1.4.3 Tuuleparkide müra hindamised 13
2. MÜRA MÕÕTMISE ASUKOHTADE NING MÕÕTMISE LÄBI VIIMISE KIRJELDUS 14
2.1 Mõõtmispunkt 1 - Mere pst 19 17
2.2 Mõõtmispunkt 2 - Andruse 19
2.3 Mõõtmispunkt 3 - Tinise 21
2.4 Mõõtmispunkt 4 - Roosi 23
2.5 Mõõtmispunkt 5 - Sepamaa-Kaarli 25
2.6 Mõõtmispunkt 6 – Kadaka 27
3. MÜRA MÕÕTMISE TULEMUSED JA ANALÜÜS 30
3.1 Mõõtmispunkt 1 - Mere pst 19 30
3.1.1 Mõõtmistsükkel 28.05.2013-13.06.2013 30
3.1.2 Mõõtmistsükkel 28.10.2013-04.11.2013 31
3.2 Mõõtmispunkt 2 – Andruse 33
3.3 Mõõtmispunkt 3 – Tinise 34
3.4 Mõõtmispunkt 4 – Roosi 36
3.5 Mõõtmispunkt 5 – Sepamaa-Kaarli 38
3.6 Mõõtmispunkt 6 – Kadaka 39

4. KOKKUVÕTE JA SOOVITUSED 44
5. KASUTATUD MATERJALID 45
6. LISAD 46

SISSEJUHATUS

Käesoleva töö eesmärgiks oli müra mõõtmine Hanila ja Noarootsi valdade tuuleparkide tehnoseadmete poolt tekitatud helirõhu tasemete määramiseks nendega piirnevatel elamualadel. Eesmärgi saavutamiseks teostati 2013 a. kevadest-sügiseni pikaajalist (vähemalt 14 järjestikust päeva) müra mõõtmist kolmes Hanila ja kolmes Noarootsi valda jäävas mõõtmispunktis. Müra mõõdeti samaaegselt kahe mõõteseadmega. Igas asukohas asus üks mõõteseade eluhoonest tuulikute suunas ning teine selliselt, et müratase iseloomustaks olukorda, mis ei tulene tuulikutest või oleks tuulikute osakaal väiksem võrrelduna põhimõõtepunktiga. Seda selleks, et võimalikult täpselt iseloomustada tuulikute osakaalu mõõdetud müratasemetes.

Pikaajaline müra mõõtmine on vajalik selleks, et iseloomustada tegelikku müraolukorda tuulikute lähedusesse jäävatel elamualadel. Enamiku tuuleparkide rajamisele on eelnenud müra modelleerimine, kas keskkonnamõju (strateegilise) hindamise käigus, detailplaneeringu koosseisus või eksperthinnanguna. Nii on ka enamikule Hanila ning Noarootsi valda jäävate tuuleparkide rajamisele eelnenud müratasemete modelleerimine, mille alusel on tehtud otsus tuulikupargi rajamise osas. Selleks, et võimalikult adekvaatselt võrrelda ostuste aluseks olnud informatsiooni tegeliku olukorraga ning muuta paremaks edaspidiseid otsuseid, on asjakohane mõõta tegelikke müratasemeid tuulikute mõjupiirkonnas. Tuulikute mürateke ei ole pidev ning ühtlane, vaid sõltub hetketoodangust, mis omakorda sõltub tuule kiirusest ning suunast. Müratekke muutlikkusest tulenevalt on tegeliku müraolukorra hindamine seda täpsem, mida pikemaajalisemalt mõõtmine toimub. Suureneb tõenäosus erinevate müraolukordade määramiseks ning müra muutlikkuse hindamiseks, sõltuvalt tuule kiirusest ning tuulikupargi tootlusest.

Tuulikute tekitatud müra mõõtmise teeb keeruliseks asjaolu, et mürateke on kõrgem suuremate tuule kiiruste juures. Tuule kiiruse kasvades suureneb ka looduslik fooni osakaal ning tuulikute poolt tekitatav müra pole selgesti eristatav. Näiteks lehtede liikumisest tulenev heli võib olla kõrgem tuulikute omast. Seetõttu on parim aeg müra mõõtmiseks kevad peale lume sulamist ning enne puude lehte puhkemist ja sügisel peale puudelt lehtede langemist ning enne lumikatte tekkimist. Müratasemeid mõjutavad ka igapäevased olmetegevused (niitmine, koerte haukumine, inimeste rääkimine jne). Tavaliselt toimuvad sellised sündmused päevasel ajal. Seetõttu on asjakohane enam tähelepanu pöörata öistele müratasemetele. Öösel on üldjuhul väiksem ka looduslik foon.

Hanila ja Noarootsi valdade tuuleparkide müra mõõtmisega alustati Virtsu alevikus Mere pst 19 maaüksusel, mis paikneb Virtsu I tuulepargi lähistel. Müra mõõtmist teostati 2013. a mai lõpust juuni keskpaigani. Tegemist oli tuulevaikse perioodiga. Samuti olid selleks ajaks puud lehtes, päikesetõus varajane, loojang hiline ning peamise osakaalu helitasemesse panustas looduslik foon (linnulaul). Sellest lähtuvalt ei toimunud müra mõõtmisi juuni keskpaigast augusti alguseni. Müra mõõtmisi alustati uuesti augusti algusest Aulepa tuulikupargi lähistel ning jätkati kuni novembri alguseni teistes mõõtmispunktides. Paralleelselt müratasemetele mõõdeti mõlemas mõõtmispunktis olulisemaid meteoroloogilisi näitajaid, (tuule suund ja kiirus, temperatuur, õhuniiskus).

Mõõtmisperioodi augusti algusest septembri keskpaigani iseloomustasid tuulevaikseid ilmaolud, mistõttu tuulikute tootlikkus oli väga madal. Nii näiteks ei töötanud või töötasid väga väikesel võimsusel suurema osa mõõtmisajast Aulepa ja Vanamõisa tuulepargi tuulikud. Tuulisem oli ajavahemik septembri teisest poolest kuni novembri alguseni. Sellel ajal teostati müra mõõtmisi Vanamõisa, Esivere, Tooma ja Virtsu I tuulepargi lähistel. Seejuures teostati oktoobri lõpust novembri alguseni teistkordselt ühe nädala pikkune pidevmõõtmine Mere pst 19 maaüksusel.

Läbiviidud mõõtmiste tulemuseks on pikaajalised aegread, mis iseloomustavad müratasemeid mõõtmispunktides. Mõõtmistulemusi analüüsiti spetsiaalse arvutiprogrammiga *Noisy*, mis võimaldab esitada lisaks pikaajalisele ka lühemaajalisi müratasemeid. Samuti analüüsida müratasemete sõltuvust meteoroloogilistest parameetritest jne.

Mõõtmiste ülevaatlikus aruandes on lisaks mõõtmistulemustele ning mõõtmispunktide iseloomustusele esitatud informatsioon tuulikuparkide asukoha ning võimuse osas, ülevaade varasematest uuringutest ning modelleerimistulemustest. Esitatud on, mõõtmistulemuste põhjal, analüüs tuulikute võimalikust mõjust müratasemetele sõltuvalt kaugusest ning ettepanekud edasisteks uuringuteks.

Müra mõõtmise tellijaks on Lääne Maavalitsus koostöös Hanila ja Noarootsi Vallavalitsusega. Riigihanke tulemusena teostasid mõõtmisi akrediteeritud müramõõtja SIA Estonian, Latvian & Lithuanian Environment (SIA ELLE) ja Estonian, Latvian & Lithuanian Environment OÜ (ELLE OÜ).

Müra mõõtmist, Hanila ja Noarootsi valdade tuuleparkide tehnoseadmete poolt tekitatud helirõhu tasemete määramiseks nendega piirnevatel elamualadel, rahastas SA Keskkonnainvesteeringute Keskus (KIK).

1. TUULIKUPARKIDE ASUKOHAD, PARAMEETRID NING VARASEMAD UURINGUD

Alljärgnevalt on esitatud informatsioon tuulikuparkide kohta, mis jäävad Noarootsi ning Hanila valda ning mille puhul võib olla põhjus-tagajärg seos müraallika ning mõõdetud müratasemete osas. Samuti on esitatud kirjeldus Virtsu II ja III tuulikupargi osas, eesmärgiga saada tervikpilt piirkonnas asuvatest tuulikutest. Tuulikuparkide asukohad on esitatud alljärgneval joonisel 1 ning olulisemad parameetrid tabelis 1.

Joonis 1. Läänemaa tuuleparkide asukohad

Tabel 1. Tuuleparkide asukoht ja tehnilised näitajad

Nimetus	Asukoht	Valmi-misaeg	Tuuliku-te arv	Tuulepargi koguvõim-sus, MW	Tuulikute tüüp
Aulepa tuulepark	Noarootsi vald, Aulepa Suur-Nõmmküla ja Vanaküla	2009 (2011)	16	48	WinWind WWD3/100
Vanaküla tuulepark	Noarootsi vald, Vanaküla	2009	3	9	Winwind WWD3/100
Esivere tuulepark	Hanila vald, Esivere	2005	4	8	Enercon E-70
Esivere I (Rõuste) tuulepark	Hanila vald, Esivere	2008	4	12	WinWind WWD3/100
Tooma tuulepark	Hanila vald, Esivere	2009	8	16	Enercon E-82
Virtsu I tuulepark	Hanila vald, Virtsi alevik	2002 (2008)	4	2,6	Enercon E-40
Virtsu II tuulepark	Hanila vald, Virtsi aleviku piiril	2008	3	6,9	Enercon E-70
Virtsu III tuulepark	Hanila vald, Virtsi aleviku piiril	2010	3	6,9	Enercon E-70

1.1 Aulepa tuulepark

1.1.1 Tuulepargi kirjeldus

Aulepa tuulepark asub Noarootsi vallas Aulepa (Dirslätt), Suur-Nõmmküla (Klottorp) ja Vanaküla (Gambyn) külades. Tuulepark rajati 2009. a ning laiendati 2011. a (3 tuuliku võrra). Tuuleelektrijaamas on kokku 16 WinWind WWD3/100 tüüpi tuulikut nimivõimsusega 3 MW ja masti kõrgusega 100 m. Aulepa tuulepargi koguvõimsus on seega 48 MW. Tuulepargi aastane elektritoodang kuni 123 GWh[1]. Tuuleenergia tootja on Eesti Energia AS.

1.1.2 Asukoha kirjeldus

Aulepa tuulepark on valdavalt ümbritsetud metsa-aladega, v.a lõunas, kus metsariba on suhteliselt kitsas (*ca* 50-100) ning sellele järgnevad põllumaad ja õuealad. Lähimad eluhooned jäävad Aulepa tuulepargi tuulikutest 570-700 m kaugusele lõunasse.

Tinise maaüksus (mõõtepunkt 3) paikneb tuulepargist lõunas. Lähimad tuulikud asuvad mõõtepunktist 720 ja 800 m kaugusel. Mõõtepunkti ja tuulikute vahele jääb 500 m

[1] Eesti Energia, https://www.energia.ee/taastuvenergia

metsariba ning ülejäänud ulatuses avatud maastik (rohumaa/põllumaa). Täpsem mõõtmispunkti kirjeldus on esitatud peatükis 2.3.

Andruse maaüksus (mõõtepunkt 2) paikneb tuulepargist lõunas. Lähimad tuulikud jäävad mõõtepunktist 980 ja 1030 m kaugusele. Mõõtepunkti ja tuulikute vahele jääb osaliselt metsamassiiv, osaliselt avatud maastik, lisaks kohalik tee. Täpsem mõõtmispunkti kirjeldus on esitatud peatükis 2.2.

1.1.3 **Tuulepargi müra hindamised**

Tuulepargi müratasset on modelleeritud Aulepa tuulepargi teemaplaneeringu koostamise ja selle KSH teostamise käigus (Hendrikson & Ko, 2006, „Aulepa tuulepargi teemaplaneeringu mürakaart“). Müra hindamisel eeldati, et tuulepargis kasutatakse tuulikuid Vestas V90 võimsusega 1,8 MW ja torni kõrgusega 95 m[2]. Tuulepargi mahuks arvestati kuni 22 tuulikut, mille korral oleks tuulikupargi koguvõimsus 39,6 MW. Seega on modelleerimisel võetud aluseks tuulepargi väiksem võimsus. Müra levik arvutati programmiga *WindPRO*, kasutades standardit ISO 1996-2. Müra hinnati 1,5 m kõrgusel maapinnast. Müra modelleerimise tulemuste alusel jõuti järeldustele, et puhverala tuulikute ja eluhoonete vahel on piisavalt suur ning ka võimalikes ebasoodsamates tingimustes ei ületa müratasemed lähimate eluhoonete alal kehtestatud norme[3].

Mürataseme kaart on esitatud müralevi soodustavate tuulte tingimustes. Mürakaardi kohaselt ulatub 50 dB müratasemele vastav isojoon *ca* 100 m kaugusele tuulikuist ning 45 dB vastav isojoon *ca* 200 m kaugusele tuulikuist. Lähima elamu juures (Tinise maaüksus, kus käesoleva töö raames paiknes mõõtepunkt 2) prognoositi mürakaardi kohaselt *ca* 40 dB suurust müratasset. Üle 35 dB müratasemega piirkonda jääb prognooskaardi kohaselt kümmekond lähemat õueala (elamut), sealhulgas Andruse maaüksus, kus paikneb mõõtepunkt 2.

Lisaks on tuulepargi müra modelleeritud tuulepargi esimese etapi valmimise järgselt (arvestati 13 olemasoleva tuulikuga) töö „Läänemaa tuulikuparkide mõjud lähialade inimestele“ raames (OÜ Saar Poll ja OÜ Adepte Ekspert, 2010). Tuulikute müra modelleerimiseks kasutati tarkvara *WindPro*. Arvutamisel kasutati standardit ISO 1996-2. Modelleerimisel ei arvestatud müra levikut takistavate objektidega[4]. Mürataseme kaardil esitatud väärtused on nimetatud töös madalamad, kui KSH käigus teostatud modelleerimise puhul. 50 dB müratasemele vastav isojoon on tuulikutest ca 60 m ja 45 dB müratasemele vastav isojoon ca 160 m kaugusel. Lähimad elamud paiknevad modelleerimise tulemuste kohaselt mürataseme vahemikus 30-35 dB. Tinise mõõtepunkt (3) paikneb 35 dB isojoone ning Andruse mõõtepunkt (2) 30 dB isojoone lähistel.

1.2 Vanaküla tuulepark

1.2.1 **Tuulepargi kirjeldus**

Vanaküla tuulepark asub Noarootsi vallas Vanaküla (Gambyn) külas. Tuulepargi poolt hõlmatava maa-ala suurus on *ca* 56 ha. Tuulepark valmis 2009. a. Tuuleelektrijaamas on 3

[2] Hendrikson & Ko, 2006

[3] Hendrikson & Ko, 2006

[4] OÜ Saar Poll ja OÜ Adepte Ekspert, 2010

Winwind WWD3/100 tüüpi tuulikut nimivõimsusega 3 MW ja masti kõrgusega 90 m[5]. Vanaküla tuulepargi koguvõimsus on 9 MW. Tuulepargi aastatoodang oli 2011 a 16,9 GWh[6]. Tuuleenergia tootja on Nelja Energia AS.

1.2.2 Asukoha kirjeldus

Põhjast ja lõunast piiravad tuulepargi tuulikuid metsamassiivid, läände (mere suunas) jäävad lagedamad rohu- ja põllumaad. Tuulepargist kagusse jääb Vanaküla elamute ala, mille eluhoonete kaugus tuulikutest on valdavalt 700-1000 m. Lähim eluhoone (Roosi maaüksus) on Vanaküla tuulepargi tuulikutest *ca* 600 m kaugusel.

Roosi maaüksus (mõõtepunkt 4) paikneb tuulepargist kagus. Tuulepargi tuulikud jäävad mõõtepunktist 570 m, 740 m ja 1100 m kaugusele. Mõõtepunkti ja tuulikute vahele jääb avatud maastik (rohumaa/põllumaa). Aulepa tuulepargi lähim tuulik asub mõõtemiskohast enam kui 2 km lõunas. Täpsem mõõtmispunkti kirjeldus on esitatud peatükis 2.4.

1.2.3 Tuulepargi müra hindamised

Tuulepargi müra on modelleeritud tuulepargi valmimise järgselt töö „Läänemaa tuulikuparkide mõjud lähialade inimestele“ raames (OÜ Saar Poll ja OÜ Adepte Ekspert, 2010). Tuulikute müra modelleerimiseks kasutati tarkvara *WindPro*. Arvutamisel kasutati standardit ISO 1996-2. Modelleerimisel ei arvestatud müra levikut takistavate objektidega[7].

Mürakaardi kohaselt ulatub 50 dB müratasemele vastav isojoon *ca* 60 m kaugusele tuulikuist ning 45 dB vastav isojoon *ca* 160 m kaugusele tuulikuist. Lähimate Vanaküla elamute juures ning mõõtepunkti 4 juures (Roosi maaüksus) on modelleerimistulemuste kohaselt alla 35 dB suurune müratase.

1.3 Esivere tuulepark, Esivere I tuulepark (Rõuste tuulepark) ja Tooma tuulepark

1.3.1 Tuuleparkide kirjeldus

Esivere tuulepark asub Hanila vallas Esivere külas. Tuulepargi poolt hõlmatava maa-ala suurus on 25,4 ha. Esivere tuulepark valmis 2005. aastal. Esivere tuulepargis on neli Enercon E-70 tüüpi elektrituulikut võimsusega 2 MW ja masti kõrgusega 85 m. Tuulepargi koguvõimsus on 8 MW[8]. Tuulepargi aastatoodang oli 2011 a 19,8 GWh[9]. Tuuleenergia tootja on Nelja Energia AS.

[5] Nelja Energia AS, http://www.4energia.ee/projektid/vanakula-tuulepark/

[6] Nelja Energia AS, http://www.4energia.ee/projektid/vanakula-tuulepark/

[7] OÜ Saar Poll ja OÜ Adepte Ekspert, 2010

[8] Nelja Energia AS, http://www.4energia.ee/projektid/esivere-tuulepark/

[9] Nelja Energia AS, http://www.4energia.ee/projektid/vanakula-tuulepark/

Esivere I e Rõuste tuulepark asub Hanila vallas Esivere külas. Tuulepark rajati 2008. a. Tuulepargis on 4 Winwind WWD3/100 tuulikut nimivõimsusega 3 MW ja masti kõrgusega 100 m. Tuulepargi koguvõimsusega 12 MW[10]. Tuuleenergia tootja on Skinest Energia AS.

Tooma tuulepark asetseb Läänemaal Hanila vallas Esivere külas. Tuulepargi poolt hõlmatava maa-ala suurus on *ca* 37,7 ha. Tooma tuulepark on rajatud 2009. a. Tuulepargis on 8 Enercon E-82 tüüpi tuulikut koguvõimsusega 16 MW. Tuuliku masti kõrgus on 78 m[11]. Tuulepargi aastatoodang oli 2011 a 41,6 GWh[12]. Tuuleenergia tootja on Nelja Energia AS. Ettevõttel on kavas paigaldada Tooma tuuleparki veel tuulikuid koguvõimsusega kuni 8 MW.

1.3.2 Asukoha kirjeldus

Esivere tuulepark, Esivere I tuulepark (Rõuste tuulepark) ja Tooma tuulepark on rajatud erinevatel aastatel ning jagunevad erinevate omanike vahel, kuid moodustavad oma paiknemiselt (ja avaldatavalt keskkonnamõjult) terviku. Tuuleparkide tuulikud paiknevad suhteliselt metsasel alal. Mõnevõrra lagedam maastik jääb lõunapoolsetest tuulikutest itta.

Tooma tuulepargi tuulikud on rajatud lähimatest elamutest 300-400 m kaugusele (lähimad elamud paiknevad tuulikutest läänes). Esivere tuulepargi tuulikud on lähimatest elamutest 640-680 m kaugusel ning Esivere I (Rõuste) tuulepargi tuulikud *ca* 500 m kaugusel.

Sepamaa-Kaarli maaüksus (mõõtepunkt 5) paikneb lähimatest tuulikutest 470 ja 490 m kaugusel läänes (tuulikud kuuluvad erinevate tuuleparkide koosseisu). Tuulikute ja mõõtmispunkti vahele jääb metsamassiiv. Täpsem mõõtmispunkti kirjeldus on esitatud peatükis 2.5.

Kadaka maaüksus (mõõtepunkt 6) paikneb lähimatest tuulikutest 280-750 m kaugusel edelas. Tuulikute ja mõõtmispunkti vahele jääb metsamassiiv. Täpsem mõõtmispunkti kirjeldus on esitatud peatükis 2.6.

1.3.3 Tuuleparkide müra hindamised

Tuuleparkide koosmõjus tekkivat mürataset on modelleeritud Adepte Ekspert OÜ poolt 2011. a täiendava 2 tuuliku rajamise hindamisel (Mürakaart: Hanila vald, Esivere, Tooma-Rõuste tuulepark: olemasolev olukord + 2 Enercon E 70 2,3 MW tuulikut). Müra modelleerimiseks kasutati programmi *WindPRO* ning standardit ISO 1996-2, modelleerimine teostati 1,5 m kõrgusel[13].

Mürakaardi kohaselt ulatub 50 dB müratasemele vastav isojoon *ca* 100 m kaugusele tuulikuist ning 45 dB vastav isojoon *ca* 200-250 m kaugusele tuulikuist. Lähimate elamute juures on modelleerimistulemuste kohaselt 40-45 dB suurune müratase. Sellesse vahemikku jääb 6-7 elamut. Samuti paiknevad mõõtepunktid 5 ja 6 (Sepamaa-Kaarli ja Kadaka) modelleerimistulemuste alusel mürataseme vahemikus 40-45 dB.

Lisaks on tuuleparkide müra modelleeritud töö „Läänemaa tuulikuparkide mõjud lähialade inimestele“ raames (OÜ Saar Poll ja OÜ Adepte Ekspert, 2010). Tuulikute müra

[10] Eesti Tuuleenergia Assotsiatsioon, http://www.tuuleenergia.ee/etea/

[11] Nelja Energia AS, http://www.4energia.ee/projektid/vanakula-tuulepark/

[12] Nelja Energia AS, http://www.4energia.ee/projektid/vanakula-tuulepark/

[13] Adepte Ekspert, 2011

modelleerimiseks kasutati tarkvara *WindPro*. Arvutamisel kasutati standardit ISO 1996-2. Modelleerimisel ei arvestatud müra levikut takistavate objektidega[14].

Mürakaardi kohaselt ulatub 50 dB müratasemele vastav isojoon *ca* 60 m kaugusele tuulikuist ning 45 dB vastav isojoon 160-200 m kaugusele tuulikuist. Lähimate elamute juures ning mõõtepunktide 5 ja 6 juures on modelleerimistulemuste kohaselt *ca* 40-dB suurune müratase.

Tooma tuulepargi mürataset on modelleeritud Tooma II tuulepargi detailplaneeringu KSH läbiviimisel (Hendrikson & Ko, 2012. „Hanila vallas Esivere külas Tooma II tuulepargi detailplaneeringu keskkonnamõju strateegiline hindamine"). Tooma II tuuleparki saab sisuliselt lugeda olemasoleva Tooma tuulepargi laienduseks. Planeeritavate tuulikute võimsuseks on aruandes arvestatud 4*2,3 MW (Enercon E-82 tüüpi tuulikud). KSH aruandes on välja toodud olemasolevate (Tooma I) ja planeeritavate (Tooma II, 2 tuulikut nimivõimsusega 2,3 MW) tuulikute koosmõju kaardid tavapärastes tingimustes. Müra modelleerimiseks kasutati programmi *WindPRO* ning standardit ISO 1996-2, modelleerimine teostati 1,5 m kõrgusel[15].

Mürakaardi kohaselt ulatub 45 dB müratasemele vastav isojoon *ca* 200 m kaugusele tuulikuist. Lähimate elamute juures (3 elamut) ning mõõtepunkti 6 (Kadaka) juures on modelleerimistulemuste kohaselt vahemikku 40-45-dB jääv müratase.

1.4 Virtsu I tuulepark, Virtsu II tuulepark ja Virtsu III tuulepark

1.4.1 **Tuuleparkide kirjeldus**

Virtsu I tuulepark asub Hanila vallas Virtsu alevikus. Tuulepark rajati 2002. a. 2008. a paigaldati juurde üks lisatuulik[16]. Virtsu I tuulepargis on kolm 0,6 MW ning üks 0,8 MW võimsusega Enercon E-40 tüüpi tuulikut. Tuulikute masti pikkus on 63 m, ühel tuulikul 65 m. Tuulepargi koguvõimsus on 2,6 MW. Tuuleenergia tootjad on Nelja Energia AS (kaks tuulikut, 1,2 MW)[17] ja Eesti Energia AS (üks tuulik, 1,4 MW)[18].

Virtsu II ja Virtsu III tuulepargid asuvad Hanila vallas Virtsu aleviku piiril. Tuuleparkide poolt hõlmatava maa-ala suurus on *ca* 39 ha. Virtsu II tuulepark on rajatud 2008. a. Tuulepargis on kolm Enercon E-70 tüüpi tuulikut nimivõimsusega 2,3 MW ning masti kõrgusega 85 m[19]. Tuulepargi koguvõimsuseks on 6,9 MW. Virtsu III tuulepark valmis 2010. a. Tuulepargis on samuti kom Enerconi E-70 tüüpi tuulikut koguvõimsusega 6,9 MW[20]. Virtsu II tuulepargi aastatoodang oli 2011 a 17 GWh, Virtsu III aastatoodang 18 GWh[21]. Tuuleenergia tootja on Nelja Energia AS.

[14] OÜ Saar Poll ja OÜ Adepte Ekspert, 2010

[15] Hendrikson & Ko, 2012

[16] Eesti Tuuleenergia Assotsiatsioon, http://www.tuuleenergia.ee/etea/

[17] Nelja Energia AS, http://www.4energia.ee/projektid/virtsu-i-tuulepark/

[18] Eesti Energia AS, https://www.energia.ee/taastuvenergia

[19] Nelja Energia AS, http://www.4energia.ee/projektid/vanakula-tuulepark/

[20] Nelja Energia AS, http://www.4energia.ee/projektid/vanakula-tuulepark/

[21] Nelja Energia AS, http://www.4energia.ee/projektid/vanakula-tuulepark/

1.4.2 **Asukoha kirjeldus**

Virtsu I tuulepargi tuulikud on rajatud lähimatest elamutest vaid *ca* 50 m kaugusele (lähimad elamud paiknevad tuulikutest kirdes), Virtsu II tuulepargi tuulikud ca 150 m kaugusele ning Esivere Virtsu III tuulepargi tuulikud 620-660 m kaugusele.

Virtsu I tuulepark paikneb suhteliselt lagedal rannikualal.

Mere pst 19 maaüksus (mõõtmispunkt 1) paikneb Virtsu I tuulepargist põhjas, elamupiirkonnas. Tuulepargi tuulikud jäävad mõõtmispunktist 250-480 m kaugusele. Mõõtmispunkti ja tuulikute vahel on osaliselt metsaga kaetud haljasala. Täpsem mõõtmispunkti kirjeldus on esitatud peatükis 2.1.

1.4.3 **Tuuleparkide müra hindamised**

Tuuleparkide müra on modelleeritud tuuleparkide valmimise järgselt töö „Läänemaa tuulikuparkide mõjud lähialade inimestele“ raames (OÜ Saar Poll ja OÜ Adepte Ekspert, 2010). Tuulikute müra modelleerimiseks kasutati tarkvara *WindPro*. Arvutamisel kasutati standardit ISO 1996-2. Modelleerimisel ei arvestatud müra levikut takistavate objektidega[22].

Mürakaardi kohaselt ulatub 50 dB müratasemele vastav isojoon 30-40 m kaugusele tuulikuist ning 45 dB vastav isojoon *ca* 100 m kaugusele tuulikuist. Lähim elamu paikneb mürakaardi kohaselt 40 dB müratasemele vastava isojoone juures. Müravahemikku 35-40 dB jääb modelleerimistulemuste kohaselt 13 elamut. Samasse müratasemе vahemikku jääb Mere pst 19 maaüksus, millel paikneb mõõtmispunkti 1 asukoht.

[22] OÜ Saar Poll ja OÜ Adepte Ekspert, 2010

2. MÜRA MÕÕTMISE ASUKOHTADE NING MÕÕTMISE LÄBI VIIMISE KIRJELDUS

Müra mõõdeti kuues asukohas, seitsme mõõtmistsüklina. Mõõtmine teostati kahe paralleelselt müratasemeid mõõtnud mõõtjaga selliselt, et tuulikule lähima mõõtja ülesandeks oli määrata tuulikutest tulenev müratase ning tuulikust kaugemal (nn referents) asuv mõõtja iseloomustaks olukorda, kus tuulikute poolt tulenev müra oleks eemaldatud või väiksem. Selline lähenemine valiti sellisena, et mõõtmiskohtade üldkarakteristikud oleksid sarnased ning peamine erinevus väljenduks tuulikutest tuleneva müra osas. Üldjuhul paigaldati mõõtjad mõne hoone nn varju.

Mõõtmispunktide esmasel valikul arvestati tellija poolt töövõtulepingu lisas esitatud maaüksuseid. Konsultatsioonide käigus selgus, et kõikidel asukohtadel puudub mõõtmise läbi viimiseks vajaliku elektrienergia olemasolu. Sellest tulenevalt muudeti tellija ning Hanila ja Noarootsi Vallavalitsuse nõusolekul kahe mõõtmispunkti asukohta, millest üks jäi Aulepa ja teine Esivere-Tooma tuuleparkide mõjualasse. Lähim mõõtmispunkt asus tuulikust 280 m ning kaugeim mõõtmispunkt 980 m kaugusel lähimast tuulikust. Kõik mõõtmispunktid asusid õuealadel. Nendest pooled olid püsikasutuses ning seetõttu iseloomustavad päevased müratasemed ka olmemüra. Pooltes mõõtmispunktides inimesed mõõtmise ajal püsivalt ei elanud ning seetõttu iseloomustavad mõõdetud tasemed peamiselt looduslikku fooni ning tuulikute poolt tekitatud müra. Müra mõõtmise aja ning koha leppis maaomanikega kokku töövõtja ning teisi osapooli sellest ei teavitatud.

Müra mõõdeti ajavahemikus 28.05.2013-13.06.2013 ning 02.08.2013-04.11.2013. Mõõtmiste esimest perioodi ning teise perioodi esimest poolt iseloomustas pigem tuulevaikus ja tuulikute mitte töötamine või töötamine väikesel võimsusel ning mõõdetud andmed sisaldavad pigem olmemüra ning looduslikku fooni. Teise tsükli teises pooles esines tugevama tuulega perioode ning mõõdetud tulemustes on enam ka tuulikute poolt tekitatud müra.

Kokku mõõdeti müra põhimõõtepunktides 2597 tundi ning referentpunktides 2449 tundi. Selle aja jooksul kogunes põhimõõtepunktidest mõõdetud ning analüüsitavaid tunde 2224 ning referentspunktidest 1747. Paralleelselt mõõdetuna on mõõtmistulemustena kasutavad 1484 tundi. Põhimõõtmispunktist on kõikides asukohtades mõõtmistulemusi enam kui 14 ööpäeva ulatuses. Erinevus mõõtmise kestuse ning tegelike mõõdetud tundide osas tuleneb peamiselt mõõtmisseadme mittetöötamisest kogu mõõtmistsükli aja. Täpsemalt on aga mõõtmispunti mõõtmise kestus ning mõõdetud tundide hulk esitatud alljärgnevas tabelis 2.

Tabel 2. Mõõtmiste asukohad ning kestus

Mõõtmise asukoht	Mõõtmispunkt	Mõõtmise kokkulepitud kestus (tundi)	Tunde mõõtja mõõtmispunktis	Mõõdetud tunde	Tunde mõõdetud paralleelselt	Tunde mõõdetud eraldi	Erinevus mõõtja mõõtmiskohas	Erinevus mõõdetud tunde	Erinevus mõõdetud tunde paralleelselt	Erinevus mõõdetud tunde (%)	Erinevus mõõdetud tunde paralleelselt (%)
Mere pst 19	MP	336,00	542,00	423,00	197,00	226,00	206,00	87,00	-139,00	125,9	58,6
	REF	336,00	542,00	242,00	197,00	45,00	206,00	-94,00	-139,00	72,0	58,6
Andruse	MP	336,00	431,00	367,00	265,00	102,00	95,00	31,00	-71,00	109,2	78,9
	REF	336,00	431,00	329,00	265,00	64,00	95,00	-7,00	-71,00	97,9	78,9
Tinise	MP	336,00	366,00	366,00	338,00	28,00	30,00	30,00	2,00	108,9	100,6
	REF	336,00	343,00	338,00	338,00	0,00	7,00	2,00	2,00	100,6	100,6
Roosi	MP	336,00	426,00	394,00	281,00	113,00	90,00	58,00	-55,00	117,3	83,6
	REF	336,00	426,00	313,00	281,00	32,00	90,00	-23,00	-55,00	93,2	83,6
Sepamaa-Kaarli	MP	336,00	379,00	267,00	242,00	25,00	43,00	-69,00	-94,00	79,5	72,0
	REF	336,00	379,00	324,00	242,00	82,00	43,00	-12,00	-94,00	96,4	72,0
Kadaka	MP	336,00	453,00	407,00	161,00	246,00	117,00	71,00	-175,00	121,1	47,9
	REF	336,00	328,00	201,00	161,00	40,00	-8,00	-135,00	-175,00	59,8	47,9
Kokku	MP	2016,00	2597,00	2224,00	1484,00	740,00	581,00	208,00	-532,00	110,3	73,6
	REF	2016,00	2449,00	1747,00	1484,00	263,00	433,00	-269,00	-532,00	86,7	73,6

Müra mõõtmisi teostati kahe Wölfel Meßsysteme · Software GmbH + Co. KG poolt toodetud keskkonnamüra seireseadmega *„Noisy monitor“*. Müramõõteseadmetena kasutati *Larson Davis LD* poolt toodetud ning IEC 61672 klass 1 vastavaid instrumente. *Noisy monitori* koosseisus on ilmastikusensorid (temperatuur, tuule kiirus ja suund, õhurõhk, õhuniiskus) automaatne kalibreerimisseade, salvestusseade, kontroll- ja salvestustarkvara. Paralleelselt müratasemetele mõõdeti igas mõõtmispunktis ajakohaseid meteoroloogilisi näitajaid. Kogutud andmed iseloomustavad olukorda kõige paremini igas konkreetses mõõtmispunktis. Alljärgnevalt (tabel 3) on esitatud mõlema kasutatud seadmete koosseis.

Tabel 3. Kasutatud seadmete olulisemad andmed

Nimetus	Seade nr 1	Seade nr 2
Andmete salvestamine ja töötlemine	Seeria nr. 0612.00500071.1, litsentsi nr. S73/021	Seeria Nr. 020.3307.8206.02, litsents Nr. S73/021
Müramõõtur	LD831+OB (seeria nr 0002778)	LD824 (seeria nr. 2972)
Mikrofon	LD377B02 (seeria nr. 128730)	LD2541 (seeria nr. 8766)
Eelvõimendi	PRM831 (seeria Nr. 021312)	PRM902 (seeria nr. 5015)
Ilmastikusensorid	Vaisala WXT 520 (seeria nr. G2140003)	Vaisala WXT 520 (seeria nr. H1830003)
Kalibreerimise tunnistuse nr	CAL60-3405592373.147	784334 AV 3.3-00-1304
Kalibreerimise kuupäev:	PRM831 - 21.12.2011	08.01.2013.

Vahetult enne mõõtepunktis mõõtmise alustamist ja koheselt pärast mõõtmise lõpetamist kontrolliti akustilisi mõõtmisseadmeid kalibraatori abil vastavuses standardile IEC 60942. Kalibreerimiseks kasutati kalibraatorit, mille olulisemad andmed on esitatud alljärgnevas tabelis 4. Mõõtmised teostati 1,5-2 m kõrgusel maapinnast.

Tabel 4. Andmed kasutatud akustilise kalibraatori kohta

Nimetus	Andmed
Mark ja seerianumber	LD CAL250 seeria nr. 4413
Tootja	Larson Davis Provo Engeneering And Manufacruting Center
Kalibreerimise kuupäev	15.01.2013
Kalibreerimise tunnistuse nr	784333 AV 4.3-00-1303

Mõõtmised viis läbi SIA ELLE labor, millele on väljastatud Läti Vabariigi akrediteerimistunnistus nr LATAK-T-399-05-2009. Väljastatud akrediteerimistunnistust on pikendatud 13.06.2013 a. Müra mõõtmisi teostasid pädevad isikud Kaupo Heinma, Oskars Beikulis ning Marit Abiline. Iga mõõtmispunkti kohta on koostatud müra mõõtmise protokoll, milles on esitatud olulisem informatsioon müra mõõtmispunkti asukoha, kasutatud seadmete, meteoroloogiliste tingimuste, mõõtmise tulemuste ning osaliste kohta.

Müra mõõdeti pidevalt, katkematu jadana tunniajaliste tsüklitena. Iga tunni järel salvestas seade automaatselt andmed kõvakettale ning laadis üles ftp serverisse. Mõõtmiste käigus mõõdeti müra hetkeline tase, A-kaalutud ekvivalentne helirõhutase (LpA,eq) minimaalne ja maksimaalne tase ning meteoroloogilised parameetrid. Hiljem analüüsiti tulemusi spetsiaalse tarkvaraprogrammiga *„Noisy“*. Programmis moodustati salvestatud tunniajaste andmete alusel pikaajalised aegread erinevate parameetrite määramiseks sh ekvivalenttase kogu mõõtmisperioodi ning ainult päeva (ajavahemik 7-23) ja öö (ajavahemik 23-7) osas, minimaalsed ning maksimaalsed tasemed, protsentiil 95 jne.

Ühe mõõteseadme (referentsmõõtja va Kadaka) ventilaatori poolt tekitatud müratase mõjutas väiksemate kui 35 dB tasemete mõõtmist.

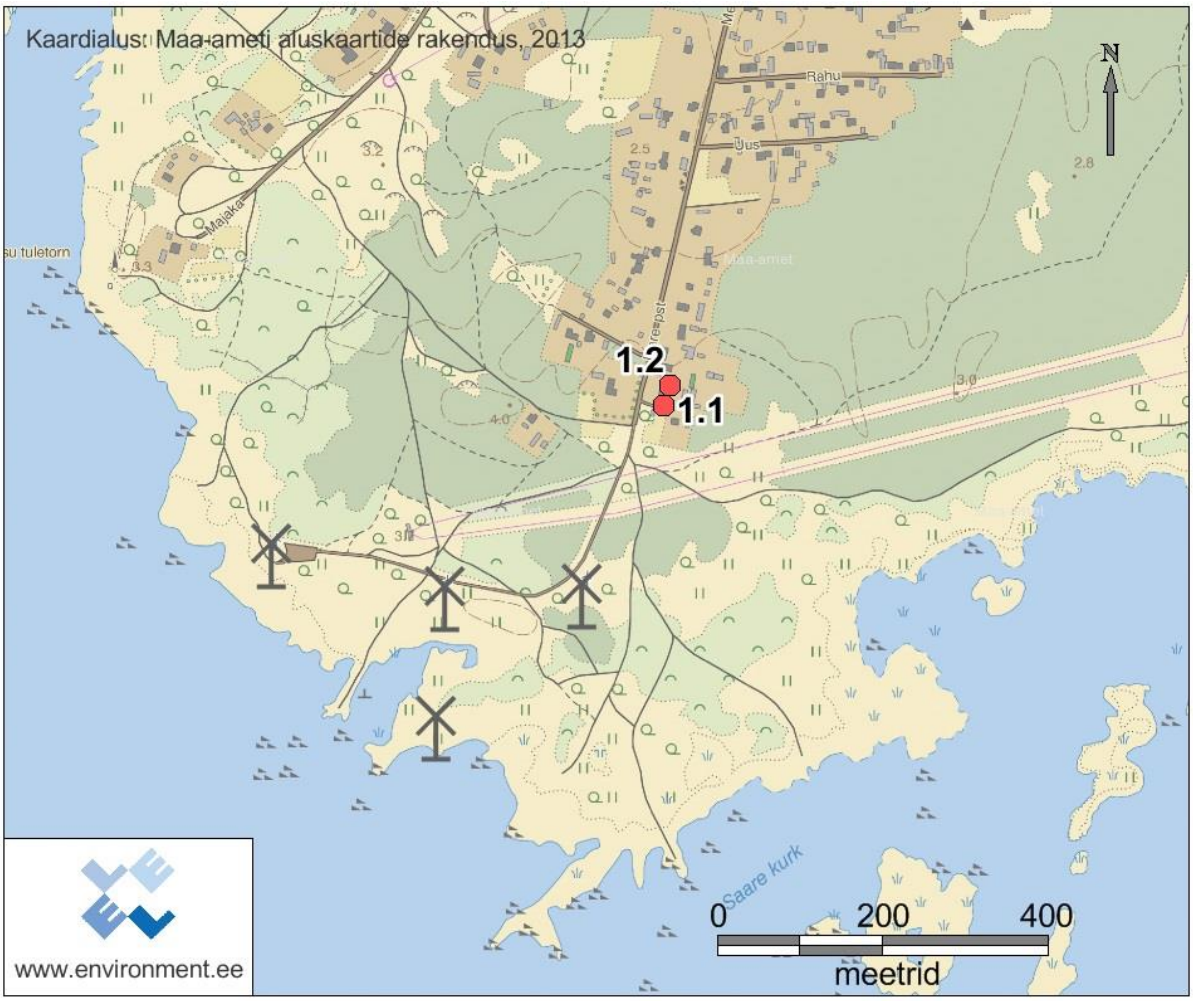
Alljärgnevates peatükkides esitatakse olulisem informatsioon mõõtmiste läbiviimisest iga mõõtmispunkti osas.

2.1 Mõõtmispunkt 1 - Mere pst 19

Mere pst 19 (katastriüksuse tunnus 19502:003:0480) maaüksus asub Virtsu alevikus eramajade piirkonnas. Maaüksusest orienteeruvalt 800 m kaugusel loodes asub Virtsu sadam, 650 m kaugusel põhja suunas Risti - Virtsu - Kuivastu – Kuressaare põhimaantee. Maantee keskmine liiklusintensiivsus on 1881 mootorsõidukit päevas, millest 91% on sõiduautod ning 9% raskeveokid. Lähimad tuulikud jäävad maaüksusest ning lähimast mõõtmispunktis 250 m lõunapoole. Maaüksus asub eramajade piirkonnas.

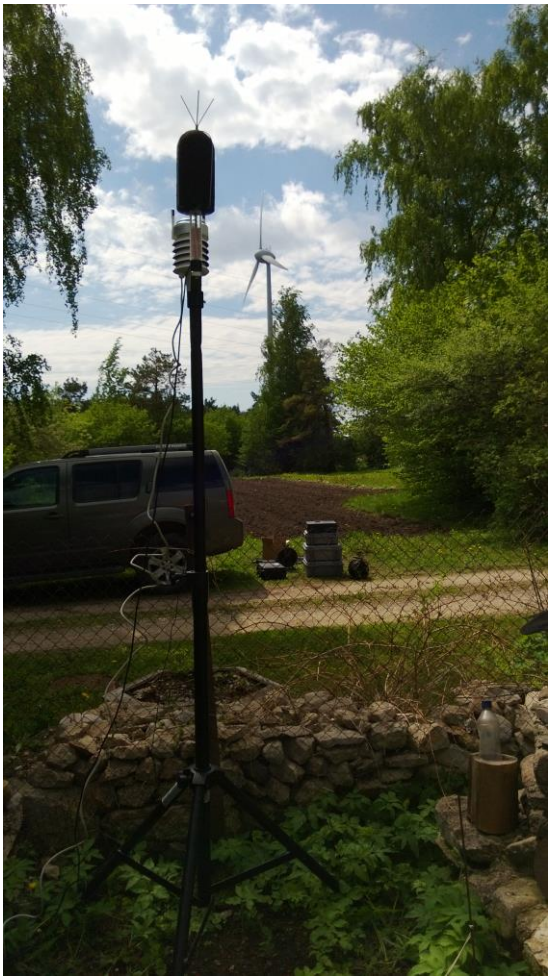
Maaüksus piirneb läänest Mere pst kohaliku teega, mida kasutavad peamiselt kohalikud elanikud ning tuulikuid teenindav transport. Transpordikoormus teel on minimaalne. Maaüksus on ümbritsetud maatulundusmaa ning elamumaa sihtotstarbega maaüksustega. Maaüksusel asub elumaja ning kõrvalhooned. Maaüksusel ning selle ümbruses kasvab lehtpuid, okaspuid ning põõsaid. Virtsu II tuulepargi tuulikud jäävad enam kui 1160 m ning Virtu III tuulepargi tuulikud enam kui 2760 m kaugusele. Muud tööstusmüraallikad maaüksuse lähipiirkonnas puuduvad. Lisaks on müraallikateks olmetegevused (niitmine, saagimine, inimeste rääkimine, koerte haukumine jne). Samuti looduslik foon (linnud, puude lehed, tuul jne).

Müra mõõdeti samaaegselt kahes punktis, millest üks asus (mõõtepunkt 1.1) eluhoonest 8 m lähima tuuliku suunas ning teine (mõõtmispunkt 1.2) selliselt, et lähima tuuliku ning müramõõtja vahele jäi eluhoone. Müra mõõdeti 16 päeva ajavahemikus 28.05.2013-12.06.2013 ning 7 päeva ajavahemikus 28.10.2013-04.11.2013.



Joonis 2. Mõõtmispunktide 1.1 ja 1.2 asukohad

Mõõtmispunkti 1.1 ning lähima tuuliku ning mõõtepunkti vahele jääb puid ja põõsaid, ent arvestades nende kõrgust võrreldes tuuliku kõrgusega, ei takista need oluliselt tuulikutest tuleneva müra levikut. Muid müra takistavaid objekte lähima tuuliku ning müramõõtja vahele ei jää. Mõõtmispunkti ümbritsevad peamiselt lehtpuud ja põõsad, aga ka mõned okaspuud.



Pilt 1. Vaade mõõtmispunktile 1.1 ning lähimale tuulikule

Mõõtmispunkt 1.1 asukoht valiti selliselt, et see jääks kaugemale tuulikutest ning mõõtmispunktist 1.2 ning nende vahele jääks maksimaalselt müra varjestavaid objekte. Antud asukoha puhul eluhoone nö varju. Mõõtmispunkti ja lähimate tuulikute vahel oli sellega müra levik takistatud. Kaugeima tuuliku puhul lähtuvalt selle asukohast hoonete mõju müra leviku takistamisele puudus. Mikrofon asus eluhoonest 2 m põhja suunas maaüksuse põhjapiiri lähedal.

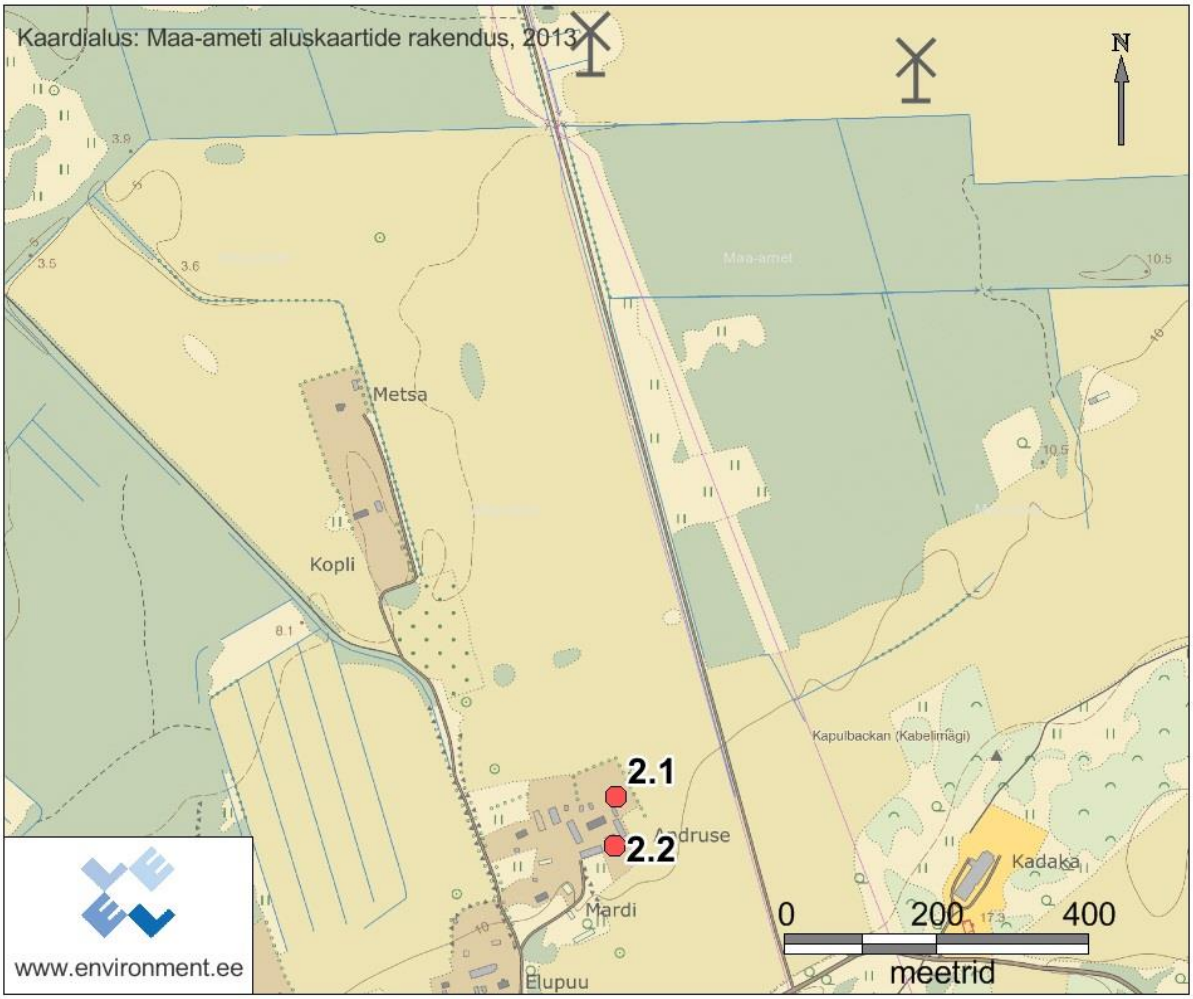
Pilt 2. Vaade mõõtmispunktile 1.2

2.2 Mõõtmispunkt 2 - Andruse

Andruse maaüksus (katastriüksuse tunnus 52001:003:0180) asub Noarootsi vallas Aulepa (Dirslätt) külas. Maaüksuse sihtotstarve on maatulundusmaa ning suurem osa maaüksusest on kaetud põllumaaga. Andruse maaüksus piirneb maatulundusmaa sihtotstarbega kinnistutega, mis on valdavalt haritava maa all. Maaüksusest edelas asuvad mõned eluhoonetega õuealad. Maaüksusest lõunas möödub Nõmmküla - Aulepa – Österby kruuskattega kõrvalmaantee. Maanteelõigu keskmine liiklussagedus on 40 sõidukit ööpäevas, millest 99% moodustavad sõiduautod (2009. a loendusandmed). Kaugemal, umbes üks kilomeeter läänes, kulgeb mustkattega Harju-Risti - Riguldi – Võntküla kõrvalmaantee, mille keskmine liiklussagedus on antud lõigus 565 sõidukit ööpäevas (2009. a loendusandmed). Maaüksusest itta jääb kohalik kruuskattega Höbringi-Aulepa tee. Tee liiklussagedus ei ole teada. Maaüksusest läände jääb kohalik kruuskattega tupiktee, mille liiklussagedus ei ole tead. Arvestades teede kaugust maaüksusest ja mõõtmispunktidest ning ka võimalikku liiklussagedust, ei ole nende mõju müratasemetele oluline. Piirkonnas

puuduvad teised tööstusmüraallikad. Peamiseks müraallikaks on olmemüra (muru niitmine, koduloomad, inimeste rääkimine jne) ning looduslik foon (linnud, tuul, puude lehed jne).

Müra mõõdeti samaaegselt kahes punktis, millest üks asus (mõõtepunkt 2.1) eluhoonest 32 m lähima tuuliku suunas ning teine (mõõtmispunkt 2.2) selliselt, et lähima tuuliku ning müramõõtja vahele jäid eluhoone ja abihooned. Müra mõõdeti 19 päeva ajavahemikul 02.08.2013-20.08.2013.



Joonis 3. Mõõtmispunktide 2.1 ja 2.2 asukohad

Mõõtmispunkt 2.1 asus maaüksuse edelaosas õuemaal, kus paikneb elumaja koos abihoonetega. Mikrofoni asukoht oli eluhoonest 32 m tuulikute suunas kirdes. Mõõtmispunkt asus lagedamal alal, millel kasvavad viljapuud. Lähimad tuulikud jäävad mõõtmispunktist 980 ja 1030 m kaugusele. Mõõtmispunkti ja tuulikute vahele jääb osaliselt metsamassiiv, osaliselt avatud maastik. Lisaks on mõõtmispunkti ja tuulikute vahel (mõõtmispunktist *ca* 150 m kaugusel idas) kohalik kruuskattega Höbringi-Aulepa tee.

Pilt 3. Vaade mõõtmispunktile 2.1

Mõõtmispunkt 2.2 valiti selliselt, et tuulikute ning müramõõtja vahele jääks müra varjestav objekt. Mikrofon asetati selliselt, et see jääks müra varjestava objekti nö varju. Andruse maaüksusel valiti selleks asukoht eluhoonest 30 m lõuna suunas abihoonest 8 m kaugusele. Lisaks abihoonele takistas tuulikute müra levikut teine, mikrofonist kirdes paiknev, abihoone. Mõõtmispunkti läheduses asusid lehtpuud ning põõsad. Samuti mõjutas mõõtmistulemusi laudas peetavate koduloomade tegevus.

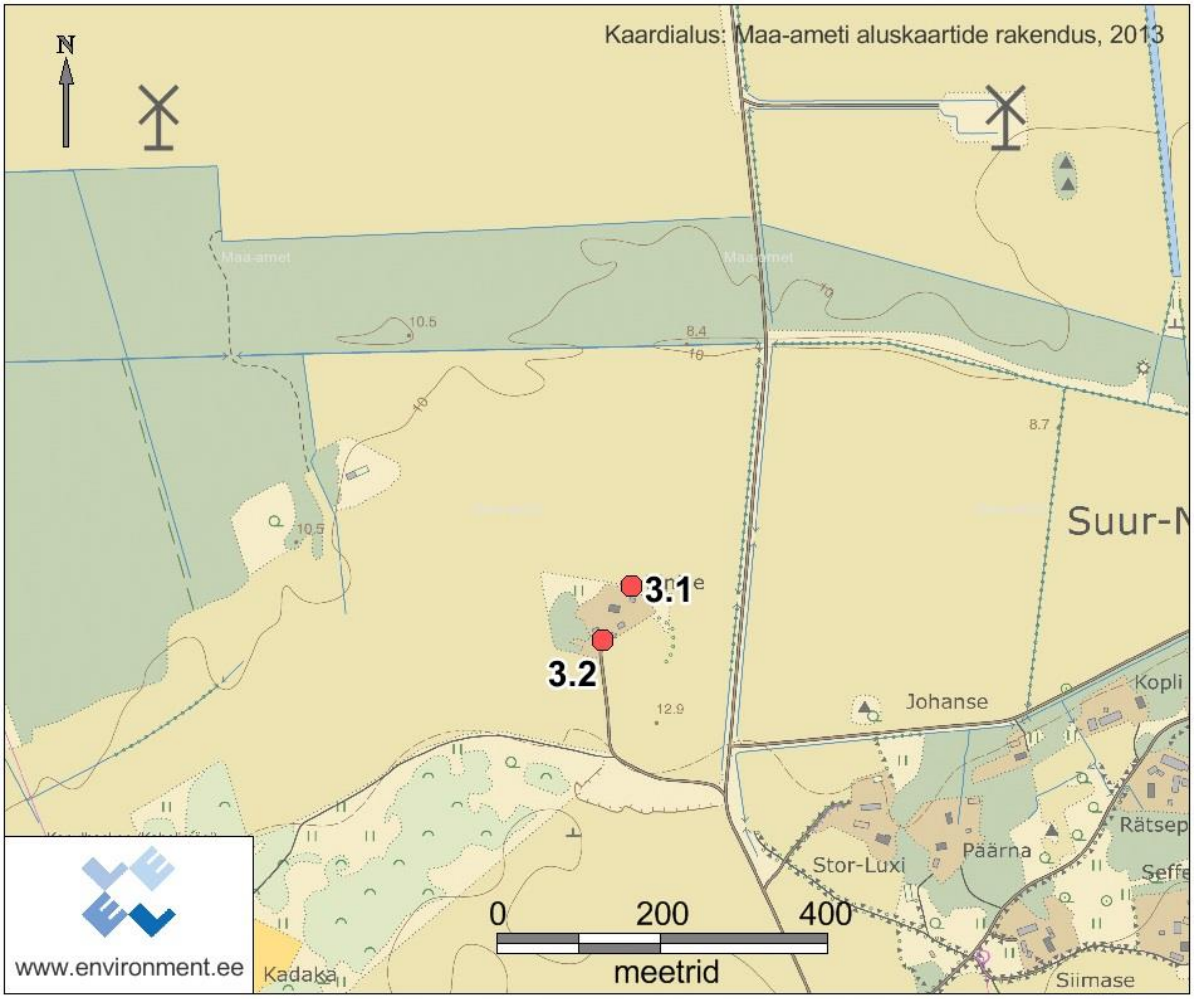
Pilt 4. Vaade mõõtmispunktile 2.2

2.3 Mõõtmispunkt 3 - Tinise

Tinise maaüksus (katastriüksuse tunnus 52001:002:0540) asub Noarootsi vallas Suur-Nõmmkülas (Klottorpi külas). Maaüksust ümbritsevad maatulundusmaa sihtotstarbega kinnistud, mis on kasutusel põllumaadena ja rohumaadena (lagedad alad). Maaüksusest idasse (140 m kaugusele mõõtmispunktist 3.1) jääb kohalik kruuskattega Tuulikute tee. Tee liiklussagedus ei ole teada. Mõõtmispunktist 3.1 650-700 m kaugusel lõunasse jääb Nõmmküla - Aulepa – Österby kruuskattega kõrvalmaantee. Maanteelõigu keskmine

liiklussagedus on 40 sõidukit ööpäevas, millest 99% moodustavad sõiduautod (2009. a loendusandmed). Tinise maaüksusest 300-800 m kaugusel kagus asub 8 eramajapidamist. Arvestades teede kaugust maaüksusest ning mõõtmispunktidest, ei ole nende mõju oluline. Piirkonnas puuduvad teised tööstusmüraallikad. Peamiseks müraallikaks on olmemüra (muru niitmine, koduloomad, inimeste rääkimine, koerte haukumine jne) ning looduslikud müraallikad (linnud, tuule kohin, puude lehtede liikumine jne).

Müra mõõdeti samaaegselt kahes punktis, millest üks asus (mõõtepunkt 3.1) eluhoonest 26 m lähima tuuliku suunas ning teine (mõõtmispunkt 3.2) selliselt, et lähima tuuliku ning müramõõtja vahele jäid eluhoone ja abihooned. Müra mõõdeti 17 päeva ajavahemikul 20.08.2013-05.09.2013.



Joonis 4. Mõõtmispunktide 3.1 ja 3.2 asukohad

Mõõtmispunkt 3.1 paikneb maatulundusmaa sihtotstarbega kinnistu piiril õuealal, eluhoonest 26 m põhjapoole tuulikute suunas. Mõõtmispunkti ümbritsevad peamiselt okaspuud, aga ka mõned lehtpuud. Lähimad tuulikud asuvad mõõtepunktist 720 ja 800 m kaugusel. Mõõtepunkti ja tuulikute vahele jääb 500 m kaugusele 150 m laiune metsariba ning ülejäänud ulatuses avatud maastik (karjamaa). Muid müra levikut takistavaid objekte tuulikute ning mõõtmispunkti vahele ei jää.

Pilt 5. Vaade mõõtmispunktile 3.1

Mõõtmispunkt 3.2 paiknes õualal, 35 m kaugusel eluhoonest ning 75 m mõõtmispunktist 3.1 lõuna suunas. Mikrofon paigaldati abihoone (laut) otsast 2 m kaugusele selliselt, et hoone takistaks tuulikutest tuleneva müra levikut. Lisaks jäid tuulikute ning mõõtmispunkti vahele teised müralevikut takistavaid hooneid. Müra tasemeid võisid mõningal määral mõjutada laudas peetavad koduloomad, kellel jalutusala jäi mikrofonist 10 m kaugusele loodesse.

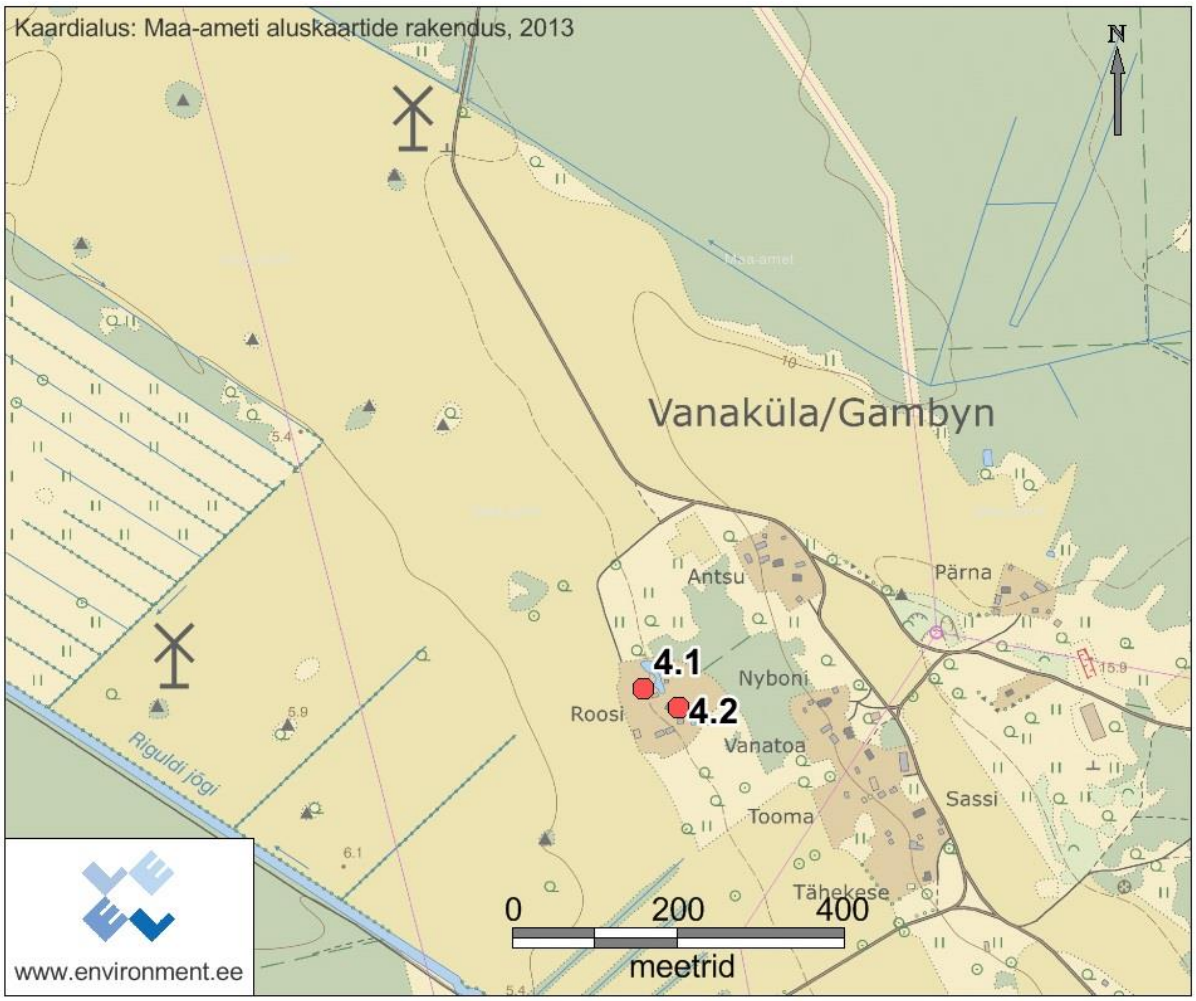
Pilt 6. Vaade mõõtmispunktile 3.2

2.4 Mõõtmispunkt 4 - Roosi

Roosi maaüksus (katastriüksuse tunnus 52001:001:3840) asub Noarootsi vallas Vanakülas (Gambyni külas). Roosi maaüksusest põhjas (tuulikute suunas), läänes ja lõunas on lagedad põllu- ja rohumaad (maatulundusmaad). Maaüksusest idas asub kogum elamukrunte (7 elamut). Roosi maaüksusest *ca* 150 m idas möödub kohalik kruuskattega Höbringi-Aulepa tee. Tee liiklussagedust võib hinnata väikseks, liiklusloenduse andmed tee kohta puuduvad. Arvestades teede kaugust maaüksusest ning mõõtmispunktidest, ei ole nende

mõju müratasemetele oluline. Piirkonnas puuduvad teised tööstusmüraallikad. Aulepa tuulepargi lähim tuulik asub maaüksusest enam kui 2 km lõunas. Peamiseks müraallikaks on olmemüra (muru niitmine, inimeste rääkimine, ehitustööd jne) ning looduslikud müraallikad (linnud, tuule kohin, puude lehed jne). Müra mõõtmisega samal ajal toimusid maaüksusel ehitustööd (sh saagimine), mis mõjutasid päevaseid müra tasemeid.

Müra mõõdeti samaaegselt kahes punktis, millest üks asus (mõõtepunkt 4.1) eluhoonest 37 m lähima tuuliku suunas ning teine (mõõtmispunkt 4.2) selliselt, et lähima tuuliku ning müramõõtja vahele jäi eluhoone. Müra mõõdeti 19 päeva ajavahemikul 05.09.2013-23.09.2013.



Joonis 5. Mõõtmispunktide 4.1 ja 4.2 asukohad

Mõõtmispunkt 4.1 paiknes eluhoonest 37 m ning lähimast abihoonest 20 m kirdes, lähimate tuulikute suunas. Vanaküla tuulepargi lähimad tuulikud jäävad mõõtepunktist 570 m, 740 m ja 1100 m kaugusele. Mõõtmispunkt paikneb maatulundusmaa sihtotstarbega kinnistu lagedamal õuealal. Tuulikute ja mikrofoni vahele jäid üksikud puude grupid ning põõsad. Muid müra takistavaid objekte mikrofoni ning tuulikute vahele ei jäänud. Lähimad lehtpuud jäid mõõtmispunktist 20-30 m kaugusele. Aulepa tuulepargi lähim tuulik asub mõõtmiskohast enam kui 2 km lõunas. Teisi olulisi müraallikaid mõõtmispunkti läheduses ei asu.

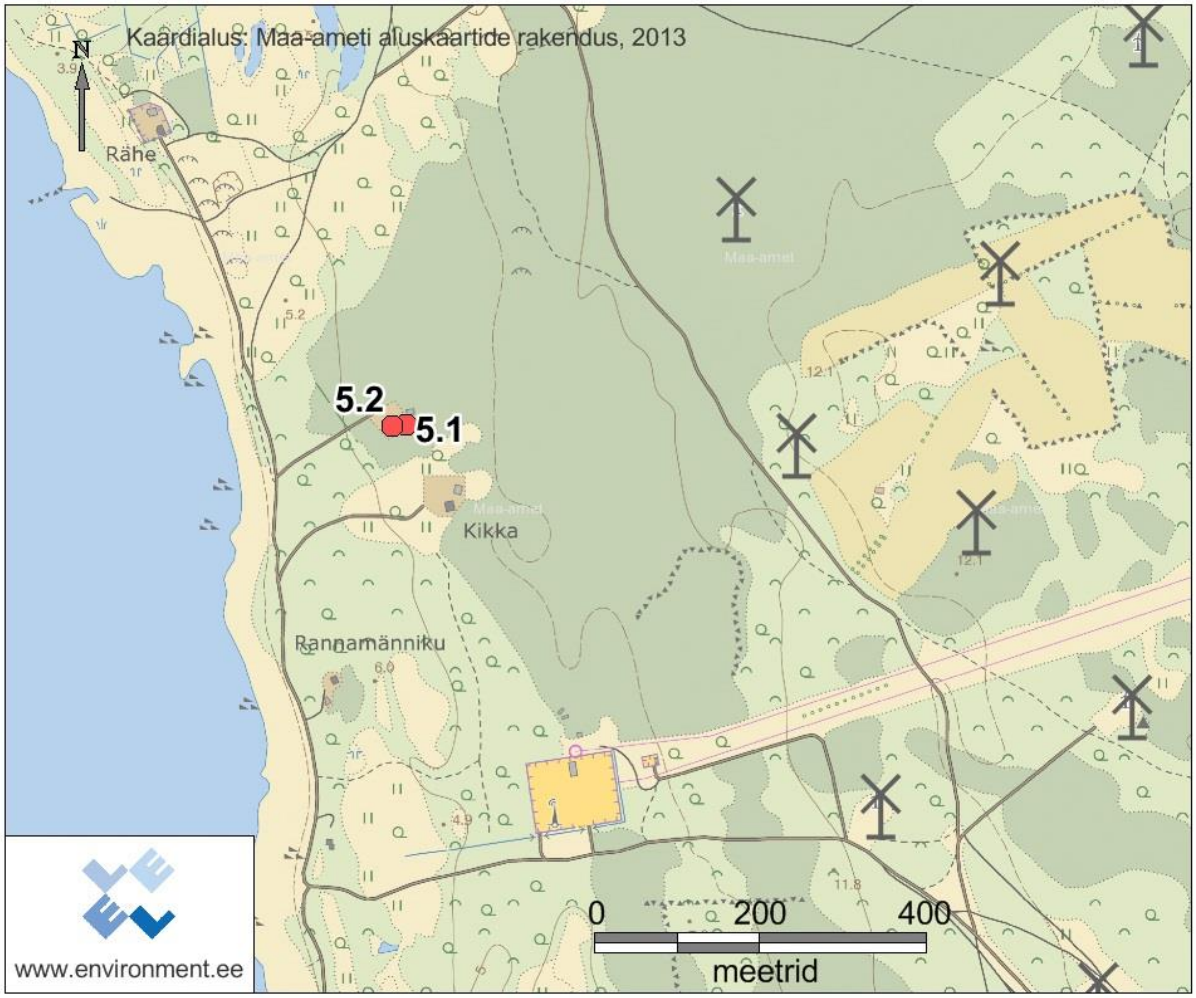
Pilt 7. Vaade mõõtmispunktile 4.1 ning lähimale tuulikule

Mõõtmispunkt 4.2 paiknes esmalt õuealal 2 m kaugusel eluhoone lõunapoolsest otsast ning ligi 50 m mõõtmispunktist 4.1. Kuna samal ajal toimusid ehitustööd, nihutati mikrofoni mõne päeva möödudes mõnevõrra idapoole. Mõõtmise asukoht valiti selliselt, et see jääks kaugemale mõõtmispunktist 4.1 ning lähima tuuliku ja mikrofoni vahele jääks müra levikut takistav objekt. Müra levik ei olnud oluliselt takistatud kõige põhjapoolsema tuuliku osas, ent nimetatud tuulik suuremal osal ajast ei töötanud. Mõõtmispunkti lähiümbruses kasvasid viljapuud ning lähimad lehtpuud jäid 20 m kaugusele.

2.5 Mõõtmispunkt 5 - Sepamaa-Kaarli

Sepamaa-Kaarli maaüksus (katastriüksuse tunnus 19501:002:0920) asub Hanila vallas Esivere külas. Maaüksus asub hajaasustusalal, seda ümbritsevad metsad, rannikuäärsed rohumaad ja üksikud elamud. Sepamaa-Kaarli maaüksusel paikneb üks eluhoone ja üks kõrvalhoone. Läänes piirneb maaüksus merega (rannajoon jääb mõõtmispunktist *ca* 200 m kaugusele). Maaüksuse idaosa on kaetud metsaga, lääneosa katab üksikpuude ja põõsastega rohumaa. Maaüksust läbib kaks kohalikku kruuskattega teed – idaservas 300 m kaugusel, lääneservas 150 m kaugusel hoonetest. Mõlema tee liiklussagedust võib hinnata väga madalaks. Ligikaudu 450 m mõõtmispunktist lõunas asub Rõuste kõrgepingevõrgu alajaam. Mõõtmispunktist 1,3 km kagus asub Nordkalk ASi Esivere dolokivikarjäär. Muud olulised müraallikad sh olmemüraallikad enamiku mõõtmise ajast puudusid. Lisaks tuulikutele mõjutab müra taset ka looduslik foon (linnud, mere kohin, tuul, puulehtede liikumine).

Müra mõõdeti samaaegselt kahes punktis, millest üks asus (mõõtepunkt 5.1) eluhoonest 10 m lähima tuuliku suunas ning teine (mõõtmispunkt 5.2) selliselt, et lähima tuuliku ning müramõõtja vahele jäi eluhoone. Müra mõõdeti 17 päeva ajavahemikul 23.09.2013-09.10.2013.



Joonis 6. Mõõtmispunktide 5.1 ja 5.2 asukohad

Mõõtmispunkt 5.1 paiknes lagedamal alal, eluhoonest 10 m tuulikute suunas. Lähimad tuulikud asuvad mõõtmispunktist 470 ja 490 m kaugusel idas (tuulikud kuuluvad erinevate tuuleparkide koosseisu). Tuulikute ja mõõtmispunkti vahele jääb okaspuudega kaetud metsamassiiv. Arvestades tuulikute kõrgust metsamassiivi suhtes, siis selle mõju müra hajumisele on väike. Teisi müra levikut takistavaid objekte mikrofoni ja tuulikute vahele ei jäänud. Mõõtmise asukoha vahetus läheduses kasvavad peamiselt okaspuud, aga ka üksikud lehtpuud. Puud olid mõõtmise ajal lehes. Mõõtmispunktist 215 m läände jääb Väinameri, mis suuremate tuulte korral võib mõnevõrra mõjutada müritaset mõõtmispunktis.

Pilt 8. Vaade mõõtmispunktile 5.1 ja lähimale tuulikule

Mõõtmispunkt 5.2 paiknes selliselt, et mikrofoni ja tuulikute vahele jäi puidust elumaja. Müra mõõtja asus 2 m majast lääne suunas nii, et eluhoone takistaks tuulikutest tuleneva müra levikut. Kaugus mõõtmispunktist 5.1 oli 20 m. Mõõtmispunkti ümbruses kasvab mõningaid põõsaid. Müra taset mõjutavad lisaks tuulikutele ka looduslik foon (mere kohin, tuul, linnud jne).

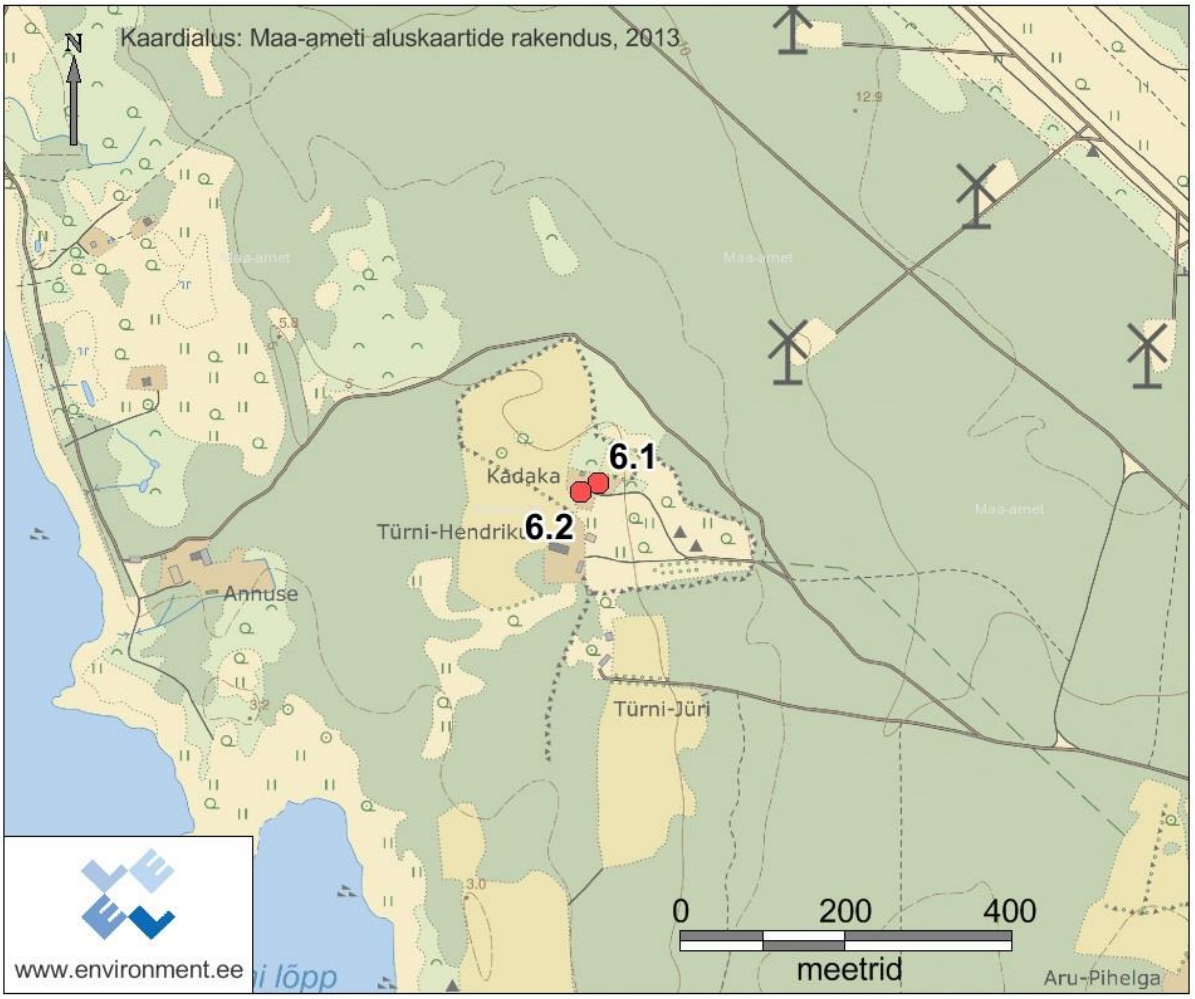
Pilt 9. Vaade mõõtmispunktile suunaga läände (taamal Väinameri)

2.6 Mõõtmispunkt 6 – Kadaka

Kadaka maaüksus (katastriüksuse tunnus 19501:002:0013) asub Hanila vallas Esivere külas. Elamumaa sihtotstarbega maaüksusel paikneb üks elamu ja üks abihoone. Valdavalt ümbritsevad Kadaka maaüksust metsamaad ja üksikpuude ja põõsastega rohumaad. Kadaka maaüksusest lõunasse jääb üksikelamu õueala, läände *ca* 100 m laiune põllumaa, millele järgneb metsane ala. Maaüksusest 500 m läänes kulgeb rannajoon. Tuulikute ja maaüksuse vahele jääb metsamassiiv ja kohalik tee, mis teenindab eeldatavalt vaid lähemaid elamumaid. Teisel pool tuuleparki (*ca* 800 m mõõtmispunktist kirdes) asub Nordkalk ASi Esivere dolokivikarjäär. Teine lähem kaevandus, Kurevere II karjäär, paikneb enam 1,7 km kaugusel kagus. Teised olulised müraallikad sh olmemüraallikad puuduvad. Lisaks

tuulikutele mõjutab müratasetе looduslik foon, peamiselt tuul ning selle põhjustatud puulehtede liikumine.

Müra mõõdeti samaaegselt kahes punktis (esimesed viis päeva ainult mõõtmispunktis 6.1), millest üks asus (mõõtepunkt 6.1) eluhoonest 35 m lähima tuuliku suunas ning teine (mõõtmispunkt 6.2) selliselt, et lähima tuuliku ning müramõõtja vahele jäi eluhoone. Müra mõõdeti 20 päeva ajavahemikul 09.10.2013-28.10.2013.



Joonis 7. Mõõtmispunktide 6.1 ja 6.2 asukohad

Mõõtmispunkt 6.1 paikneb maaüksuse lagedamal ent lehtpuude ja põõsastega ümbritsetud alal. Puud olid enamiku mõõtmise ajast lehes. Mikrofon asus eluhoonest 35 m kaugusel tuulikute suunas. Lähimad tuulikud jäävad mõõtmispunktist 280-750 m kaugusele kirdesse. Tuulikute ja mikrofoni vahele jäi metsamassiiv ent arvestades tuulikute kõrgust metsamassiivi suhtes, siis selle mõju müra levikule on väike. Tuulikute ning mikrofoni vahele teisi müra levikut takistavaid objekte ei jäänud.

Pilt 10. Vaade mõõtmispunktile ning lähimatele tuulikutele

Mõõtmispunkt 6.2 paikneb maaüksusel eluhoone vahetus läheduses. Kuna maaüksus on võsastunud, siis oli vähe võimalusi mikrofoni paigutamiseks selliselt, et tuulikute poolt tekitatav müra levik oleks enne mikrofoni takistatud. Mõõtmise kohaks valiti asukoht eluhoonest 2 m kaugusel nii, et takistatud oleks müra levik lähimatest tuulikutest. Samas puudusid olulised müra levikut takistavad objektid kaugemate tuulikute suhtes. Mikrofoni lähiümbruses lehtpuid ei kasva ning nende mõju müra tasemetele võrreldes mõõtmispunktiga 6.2 on väiksem.

3. MÜRA MÕÕTMISE TULEMUSED JA ANALÜÜS

Alljärgnevalt on esitatud iga mõõtmispunkti mõõtmistulemus koos analüüsiga, milline võib olla tuulikute osa müratasemetes. Iga mõõtmispunkti kohta on esitatud ekvivalentsed müratasemed nii päevase, öise kui ka kogu mõõtmise ajavahemiku kohta. Samuti tundide arv, kui müratase ületas öisel ajavahemikul 45 dB. Lisaks taustamüra hindamiseks statistilised tasemed protsentiil 95 (L_{A95}). Selline protsentiil näitab, milline müratase on 95% juhtudest ehk ei arvesta üksikuid mürasündmusi ning näitab pigem taustamürataset. Kuna enamus mõõtepunktides esines olukordi, kus mõlemad seadmed korraga ei töötanud, siis on kõikide mõõtmiste puhul esitatud ekvivalenttasemed nii kogu mõõtetsükli kui ka selle aja kohta, kui seadmed mõõtmist paralleelselt.

Müratasemete puhul vaadeldakse normtasemena sotsiaalministri 04.03.2002 määruse nr 42 "Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid" taotlustaseme arvsuurusi olemasolevatel aladel. Hanila ja Noarootsi üldplaneeringu kohaselt kuuluvad mõõtmispunktide maaüksused III kategooriasse ehk segaaladeks (elamud ja ühiskasutusega hooned, kaubandus-, teenindus- ja tootmisettevõtted), Päevasel ajal on tööstusmüra puhul ekvivalenttaseme normtasemeks sellistel aladel 60 dB ja öösel 45 dB.

3.1 Mõõtmispunkt 1 - Mere pst 19

Mõõtmispunktis toimus mõõtmine kahel erineval perioodil, millest üks iseloomustab müratasemeid kevad-suvisel ning teine sügisel perioodil. Esimest mõõtmistsüklit iseloomustab pigem tuulevaikus ning loodusliku fooni (linnulaulu) suur mõju. Teist perioodi suuremad tuule kiirused (sh 28.10.2013-29.10.2013 sügistorm) ning väiksem loodusliku fooni osakaal. Virtsu I tuulepargi neli tuulikut jäävad mõõtmiskohast kõigest 250-480 m kaugusele. Varasemalt teostatud modelleerimiste põhjal või eeldada ühe tunni ekvivalenttaset 40 dB kanti[23]. Kuna mõõtmispunkti asukoht asub tihedamalt asustatud ning püsielanikega piirkonnas, siis sisaldavad päevased tasemed ka olulisel määral olmemüra. Asjakohane on peamist tähelepanu pöörata öistele müratasemetele.

3.1.1 **Mõõtmistsükkel 28.05.2013-13.06.2013**

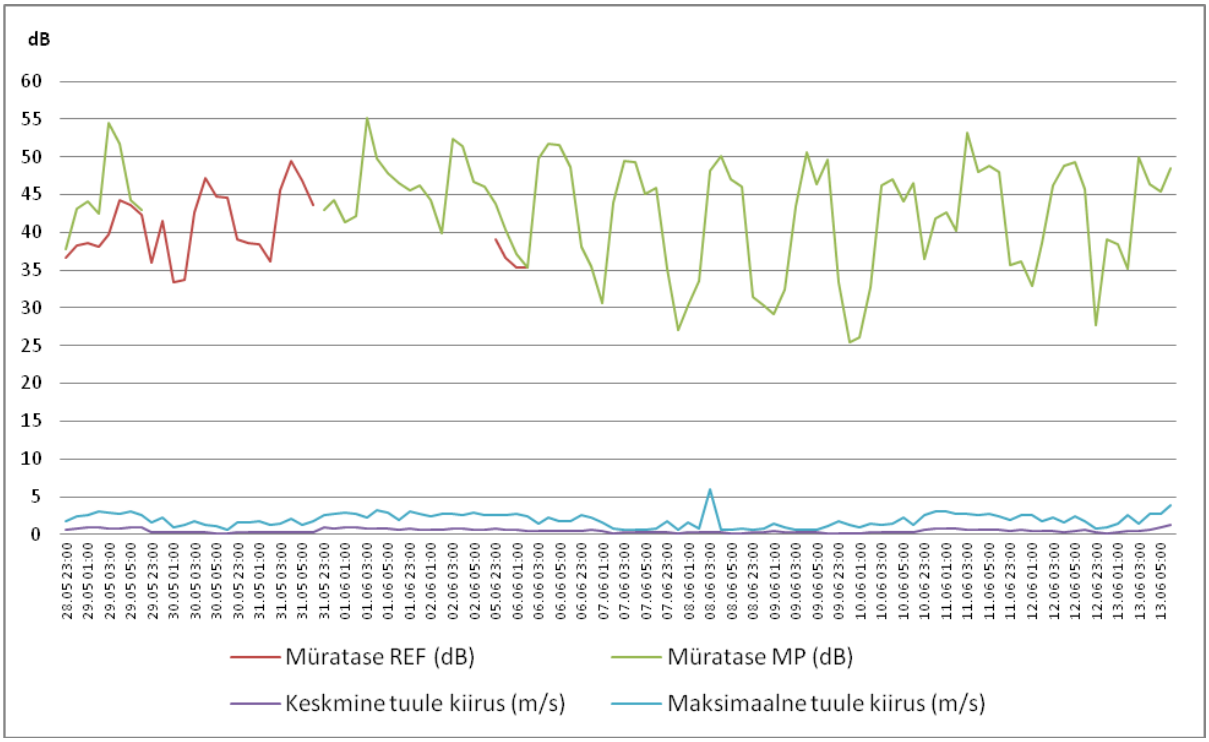
Mõõtmine toimus ajavahemikul, kui enamiku ajast oli tuule kiirus väike ning lähimad tuulikud ei töötanud või töötasid väikestel võimsustel. Kuigi mõõtmispunkti 1.1 kogu mõõtmisperioodi ekvivalenttase öisel ajal ületab 45 dB (vt tabel 5) ning kokku esines 86 üksiktundi, kus müratase oli üle 45 dB ei ole see põhjus-tagajärjena seostatav tuulikutest tuleneva müraga.

Tabel 5. Müratasemed mõõtmispunktides 1.1 ja 1.2 kevadisel mõõtmisperioodil

Mõõtmispunkt	Indikaator	Mõõtmisperiood (kokku)	Mõõtmisperiood (päev)	Mõõtmisperiood (öö)	Paralleelselt (kokku)	Paralleelselt (päev)	Paralleelselt (öö)
MP (1.1)	LpA,eq (dB)	47,8	48,3	46,7	48,2	47,5	47,5
	$L_{A95\ (dB)}$	29,3	32,6	26,5	33,9	34,0	33,9
REF (1.2)	LpA,eq (dB)	50,5	52,0	42,8	52,2	53,7	40,0
	$L_{A95\ (dB)}$	34,0	35,1	33,4	35,1	35,4	34,6

[23] OÜ Saar Poll ja OÜ Adepte Ekspert, 2010

Mõõtmiseaja öiste tasemete analüüsimisel järeldus, et öine müratase on väga suure amplituudiga. Ajavahemikul 23-3.00 on müratase madal jäädes mõnel ööl ka alla 30 dB. Peale kella 3.00 ekvivalentsed müratasemed suurenevad, mida mõjutavad suuresti maksimaalsete tasemete suurenemine. Tasemete suurenemine on selgitatav asjaoluga, et mõõtmine toimus mai lõpus-juuni alguses, kui päike tõuseb vara ning linnud on väga aktiivsed. Seega on kõrgemad müratasemed seotud pigem looduslikke allikatega kui tuulikute tegevusega. Alljärgneval joonisel[24] on esitatud mõõdetud müratasemed öisel ajal nii põhimõõtepunktis kui ka referentspunktis.



Joonis 8. Ühe tunni ekvivalentne müratase öösel mõõtmispunktides 1.1 ja 1.2 kevadisel mõõtmisperioodil

3.1.2 Mõõtmistsükkel 28.10.2013-04.11.2013

Teine mõõtmistsükkel Virtsu I tuulepargi mõjualas toimus ajal, kui piirkonnas valitsesid peamiselt mõõdukad või tugevad tuuled. Mõõtmise esimene öö kattus 28.10-29.10.2013 sügistormiga, kui maksimaalsed tuulekiirused ulatusid Virtsus kuni 24 m/s.

Mõõtmistsükli pikaajaline ekvivalenttase öisel ajal oli 54,75 dB põhimõõtepunktis ning 52,2 dB referentspunktis. Olulise osa pikaajalises müratasemes annab mõõtmise esimesel ööl valitsenud torm, mis mõjutas oluliselt müratasemeid. Nii on pikaajaline öine müratase kõrgem kui päevane. Mõõtmispunktis 1.1 esines öisel ajal kokku 27 ja mõõtmispunktis 1.2 28 tundi, kui müratase ületas ühe tunni ekvivalenttasemena 45 dB.

Alljärgnevas tabelis 6 on esitatud mõõdetud müratasemed.

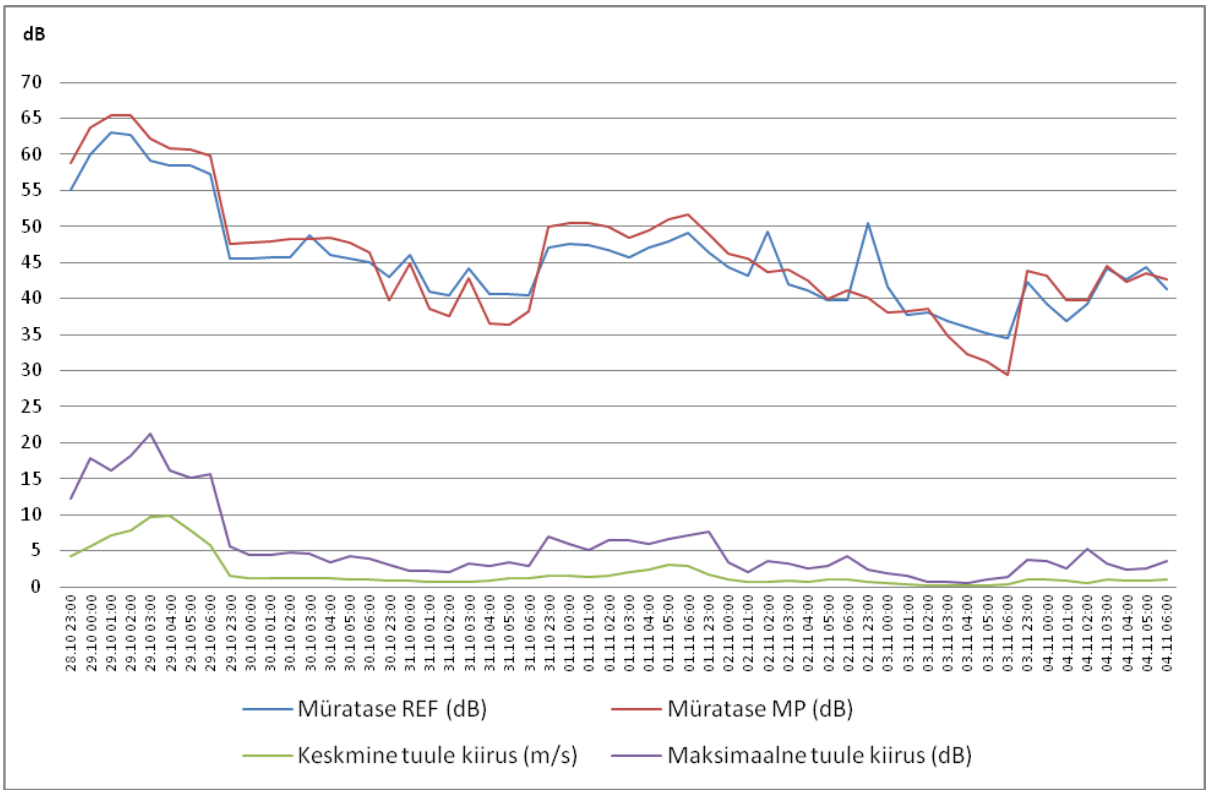
Tabel 6. Müratasemed mõõtmispunktides 1.1 ja 1.2 sügisesel mõõtmisperioodil

Mõõtmispunkt	Indikaator	Mõõtmisperiood (kokku)	Mõõtmisperiood (päev)	Mõõtmisperiood (öö)
MP (1.1)	LpA,eq	52,37	50,25	54,75

[24] Siin ja edaspidi joonistel esitatud kellaaeg näitab tunni algust. Näiteks 03.08 01.00 tähendab ajavahemikku 01.00-02.00.

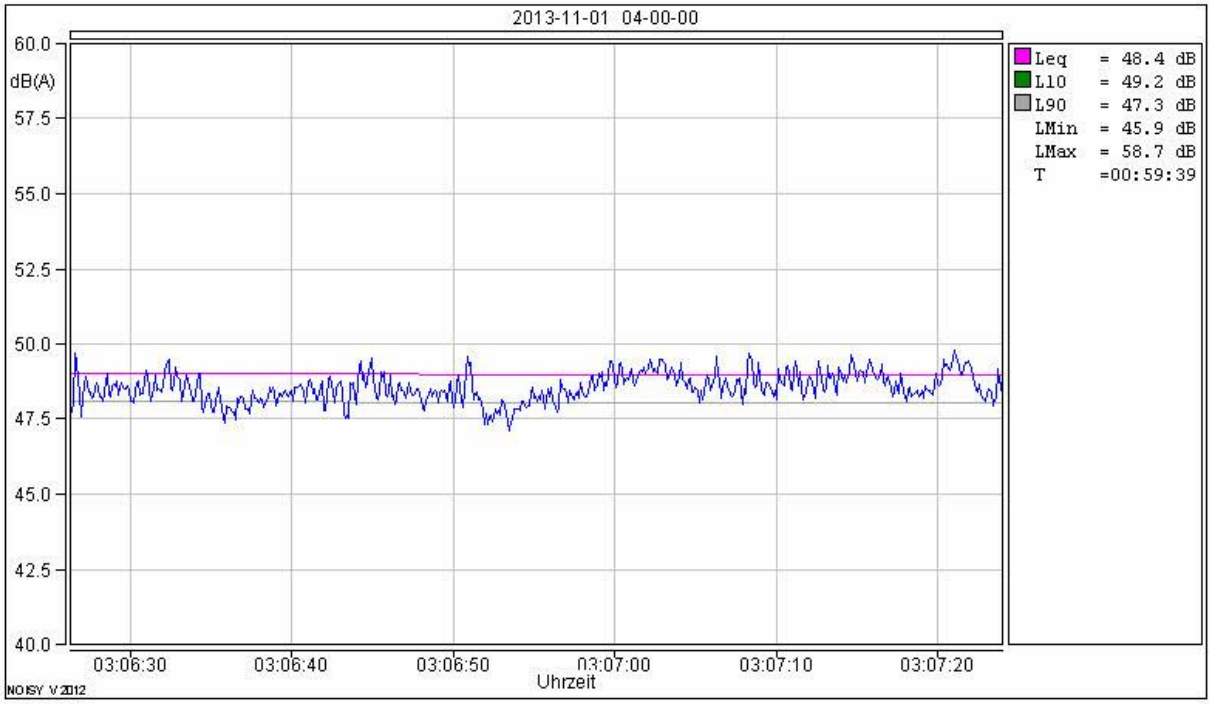
Mõõtmispunkt	Indikaator	Mõõtmisperiood (kokku)	Mõõtmisperiood (päev)	Mõõtmisperiood (öö)
	(dB)			
	$L_{A95\ (dB)}$	31,31	31,37	31,18
REF (1.2)	LpA,eq (dB)	50,1	48,7	52,2
	$L_{A95\ (dB)}$	35,3	35,3	35,4

Alljärgneval graafikul on näha (joonis 9), et üldjuhul on põhimõõtmispunkti ühe tunni ekvivalenttasemed kõrgematel müratasemetel öisel ajal olnud 2-3 dB võrra kõrgemad kui referentsmõõtmispunktis (va üksikud kõrgemad tasemed). Seega võib eeldada, et müra allikas on asunud lähemal põhimõõtmispunktile ning tõenäoliselt on tegemist lähima tuulikuga.



Joonis 9. Ühe tunni ekvivalentne müratase öösel mõõtmispunktides 1.1 ja 1.2 kevadisel mõõtmisperioodil

Joonisel 10 on toodud väljavõte müragraafikust 01.11.2013 öösel, kui ühe tunni keskmine müratase ületas 48 dB. Protsentiil 95 oli esitatud tunnil 47 dB ehk müratasemed olid kogu tunni vältel küllaltki stabiilsed. Kuigi puudub teave lähima tuuliku töötamise ning tootlikkuse osas võib eeldada selle olulist mõju müratasemetele.



Joonis 10. Müratasemе ajalise muutuse graafik 01.11.2013 öösel

Kõrvutades mõõtmispunkti 1 tulemusi mõõtmispunktiga 6 (Kadaka), mille puhul on lähim tuulik praktiliselt sama kaugel, siis on müratasemed sarnased. Mõlemal juhul võib eeldada tugevamate tuultega tuulikutest tuleneva müratasemе ühe tunni ekvivalenttasemete puhul 45 dB ületamist. Välistatud ei ole ka 50 dB ületamine ehk võib esineda oluliselt kõrgemaid tasemeid võrreldes modelleerituga.

3.2 Mõõtmispunkt 2 – Andruse

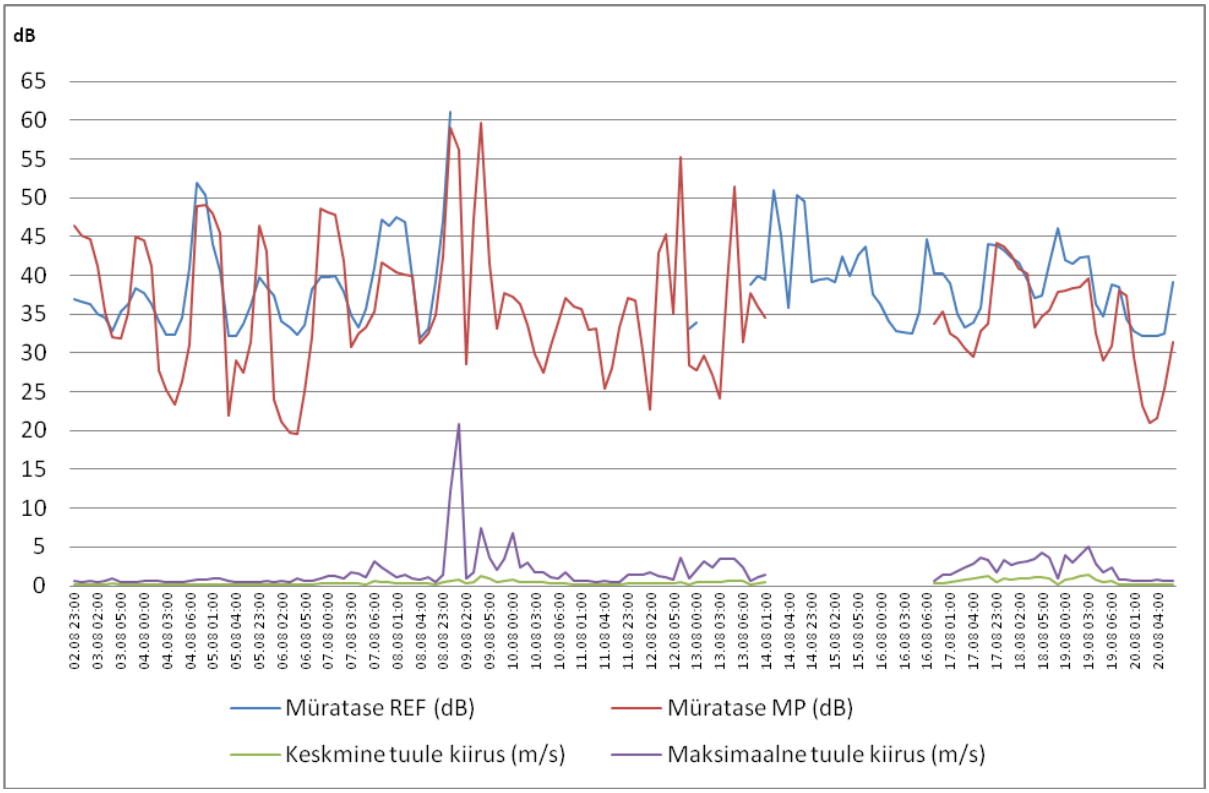
Mõõtmine toimus ajavahemikul, kui enamiku ajast oli tuule kiirus väike ning lähimad tuulikud ei töötanud või töötasid väikestel võimsustel. Andruse maaüksusel asus mõõtmispunkt lähimast tuulikust ligemale 1 km kaugusel ning varasemate modelleerimiste põhjal võis eeldada müra ekvivalenttaset umbes 35 dB kanti[25]. Seetõttu võis eeldada, et tuulikute mõju müratasemetele on minimaalne päevasel ajal, kui mõõtmispunkti läheduses toimusid mõõtmistele mõju avaldavad olmetegevused. Võttes arvesse ka asjaolu, et päevasel ajal on sotsiaalministri määrusega lubatud oluliselt kõrgemad müratasemed kui öösel, siis on asjakohane vaadelda pigem öiseid müratasemeid. Alljärgnevas tabelis 7 on esitatud mõõdetud müratasemed.

Tabel 7. Müratasemed mõõtmispunktides 2.1 ja 2.2

Mõõtmispunkt	Indikaator	Mõõtmisperiood (kokku)	Mõõtmisperiood (päev)	Mõõtmisperiood (öö)	Paralleelselt (kokku)	Paralleelselt (päev)	Paralleelselt (öö)
MP (2.1)	LpA,eq (dB)	49,3	50,5	44,9	50,0	51,4	43,2
	$L_{A95\ (dB)}$	15,8	17,6	15,8	22,2	28,2	18,2
REF (2.2)	LpA,eq (dB)	50,65	52,1	44,29	50,6	51,9	44,4
	$L_{A95\ (dB)}$	30,2	30,8	30,2	32,3	33,1	31,7

[25] Hendrikson & Ko, 2006

Eelpool toodud tabelist on näha, et mõõtmisperioodi ekvivalentsed müratasemed jäävad öisel ajal alla 45 dB. Mõõtmisperioodi jooksul esines sellised tunde põhimõõtmispunktis, kus müratase oli öisel ajal võrdne või suurem kui 45 dB, 18 korral. Seejuures oli müratase protsentsiil 95 juures üle 45 dB kaheksal korral. Kuigi kõrgemad müratasemed ühtivad suuremate tuulekiirustega, siis arvestades tuule suunda (lõuna kaartest), ei ole ühelgi juhul põhjus-tagajärg seost lähimate tuulikutega. Pigem on kõrgemad müratasemed mõjutatud olmetegevustest ning looduslikust foonist (sh äikesest). Alljärgneval joonisel on esitatud mõõdetud müratasemed öisel ajal nii põhimõõtepunktis kui ka referentspunktis.



Joonis 11. Ühe tunni ekvivalentne müratase öösel mõõtmispunktides 2.1 ja 2.2

3.3 Mõõtmispunkt 3 – Tinise

Mõõtmine toimus ajavahemikul, kui enamiku ajast oli tuule kiirus väike ning lähimad tuulikud ei töötanud või töötasid väikestel võimsustel. Siiski esines mõõtmise jooksul ka suurema tuulega hetki. Tinise maaüksusel asus mõõtmispunkt lähimast tuulikust ligemale 720 m kaugusel ning varasemate modelleerimiste põhjal võis eeldada ühe tunni müra ekvivalenttaset üle 40 dB[26]. Seetõttu võis eeldada, et tuulikute mõju müratasemetele on minimaalne päevasel ajal, kui mõõtmispunkti läheduses toimusid mõõtmistele mõju avaldavad olmetegevused. Seetõttu on asjakohane põhiliselt analüüsida öiseid müratasemeid.

Alljärgnevas tabelis 8 on esitatud mõõdetud müratasemed.

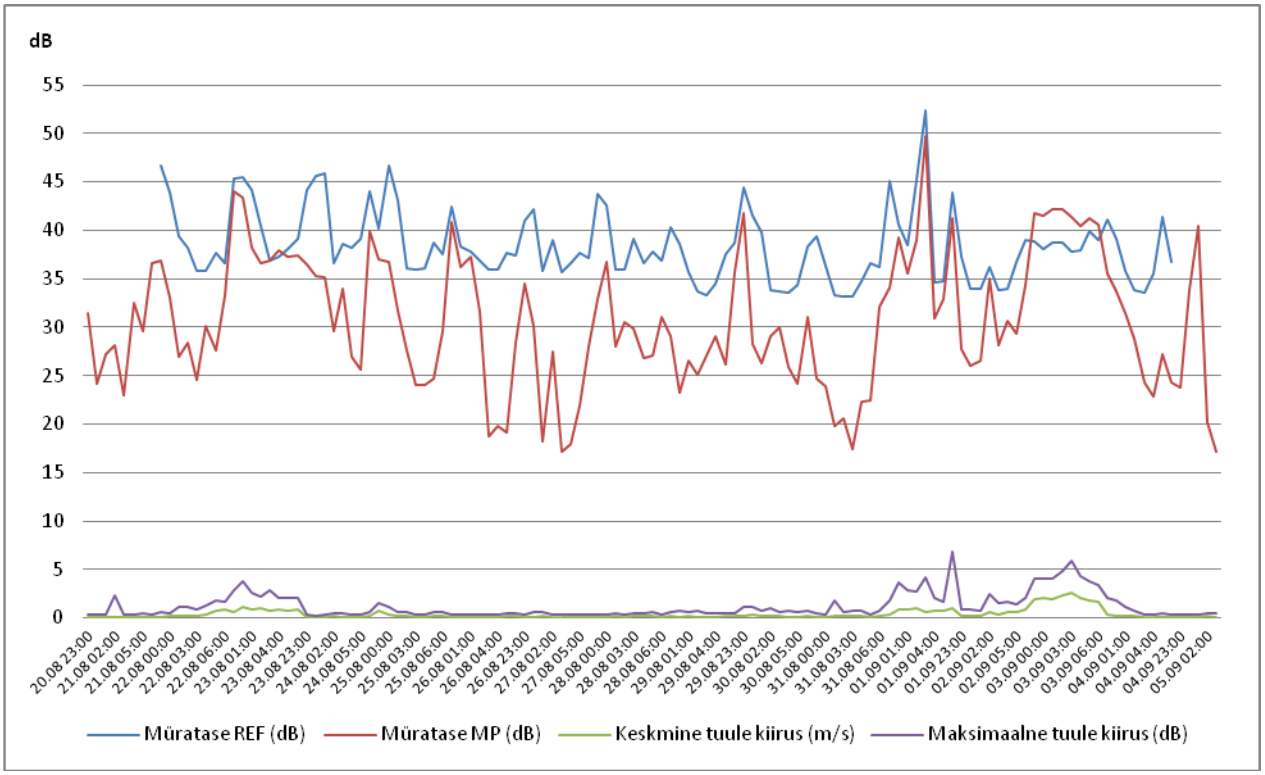
Tabel 8. Müratasemed mõõtmispunktides 3.1 ja 3.2

Mõõtmispunkt	Indikaator	Mõõtmisperiood (kokku)	Mõõtmisperiood (päev)	Mõõtmisperiood (öö)	Paralleelselt (kokku)	Paralleelselt (päev)	Paralleelselt (öö)
MP (3.1)	LpA,eq	44,1	45,7	35,9	44,4	46,0	36,2

[26] Hendrikson & Ko, 2006

Mõõtmispunkt	Indikaator	Mõõtmisperiood (kokku)	Mõõtmisperiood (päev)	Mõõtmisperiood (öö)	Paralleelselt (kokku)	Paralleelselt (päev)	Paralleelselt (öö)
	(dB)						
	$L_{A95\ (dB)}$	19,21	25	16,87	20,3	25,4	17,1
REF (3.2)	LpA,eq (dB)	49,6	51,2	40,5	49,6	51,2	40,5
	$L_{A95\ (dB)}$	33,2	33,4	33,0	33,2	33,4	33,0

Eelpool esitatud tabelist on näha, et mõõtmisperioodi ekvivalentne müratase öisel ajal jääb oluliselt allapoole 45 dB ning isegi alla 40 dB. Seejuures selliseid öiseid üksiktunde, kus müratase mõõtmispunktis 3.1 oli suurem kui 45 dB esines kogu mõõtmisperioodi jooksul korra (01.09.2013 öösel ajavahemikul 3.00-4.00). Võrreldes omavahel referentsmõõtja ning põhimõõtejaama tulemusi (joonis 12) on näha, mõlemad seadme puhul oli müratase üle 45 dB. Seejuures põhimõõtepunktis kõrgem kui referentspunktis. Võib väita, et nimetatud ajavahemiku kõrgem müratase ei ole põhjustatud tuulikute töötamisest. Enamiku mõõtmisperioodist ületasid referentmõõtmispunkti müratasemed põhimõõtepunkti omi. Erandiks on 03.09.2013 öö, kui mõõtepunkti 3.1 müratasemed olid kogu ajaperioodi vältel kuni kolme dB võrra kõrgemad. Kõrgeim ühe tunni ekvivalenttase mõõdeti kella 1.00-2.00 vahel (42,2 dB).

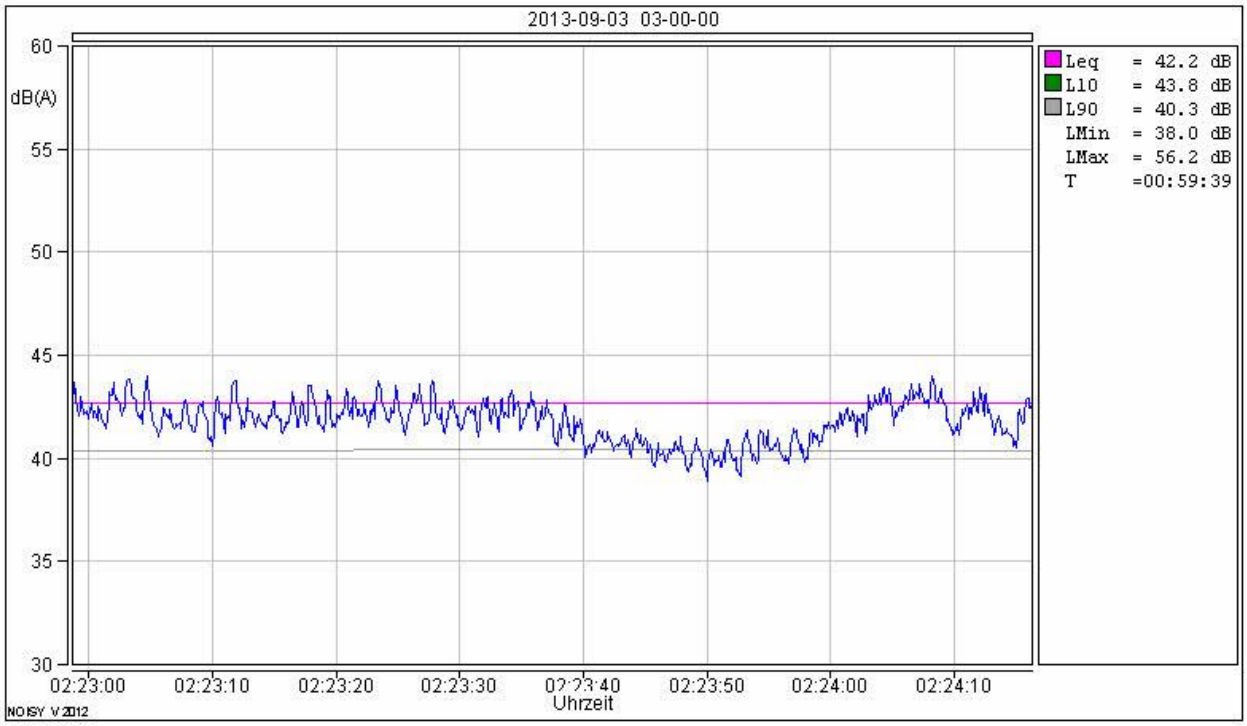


Joonis 12. Ühe tunni ekvivalentne müratase öösel mõõtmispunktides 3.1 ja 3.2

Graafikult (joonis 12) on näha seost tuule kiiruse ning müratasemete osas. Keskkonnaagentuuri ilmateenistuse[27] Dirhami hüdroloogiajaama mõõtmisandmete kohaselt puhus antud perioodil põhjakaarte tuuled keskmise kiirusega 7,1-10,3 m/s ning maksimaalsed tuule kiirused ulatusid 19 m/s. Seega puhus tuulikute töötamiseks sobiv tuul ning tuule suund on nende poolt mõõtepunkti suunas. Mõõtmistulemuste ajalise muutuse graafikut (joonis 13) vaadates on näha, et müratasemete korrapärast muutlikust. Võib eeldada, et esitatud ajaperioodil on müratase mõjutatud Aulepa tuulepargi tuulikute

[27] www.emhi.ee

poolt. Täpsemate hinnangute andmine eeldaks tuulepargi tootlikkuse graafikuid antud ajaperioodi kohta.



Joonis 13. Müratasemе ajalise muutuse graafik 03.09.2013 öösel

Kuigi öisel ajal ei ületanud mõõdetud müratase tuulikute tegevusest 45 dB on tõenäoline, et tuulikute mõjul võis ühe tunni ekvivalenttase ületada 40 dB.

3.4 Mõõtmispunkt 4 – Roosi

Sarnaselt mõõtmispunktidele 2 ja 3 toimus osa mõõtmisest perioodil, kui valitses tuulevaikne või nõrga tuulega ilm. Mõõtmiste teises pooles tuule kiirus suurenes ning esines enam tunde, kus valitsesid soodsad tingimused tuulikute töötamiseks. Roosi maaüksusel asus mõõtmispunkt lähimast tuulikust ligemale 570 m kaugusel ning varasemate modelleerimiste põhjal võis eeldada ühe tunni müra ekvivalenttaset pisut alla 35 dB[28]. Maaüksusel toimusid päevasel ajal ehitustegevused, mis mõjutasid nimetatud ajavahemiku müratasemeid. Seetõttu on asjakohane põhiliselt analüüsida öiseid müratasemeid.

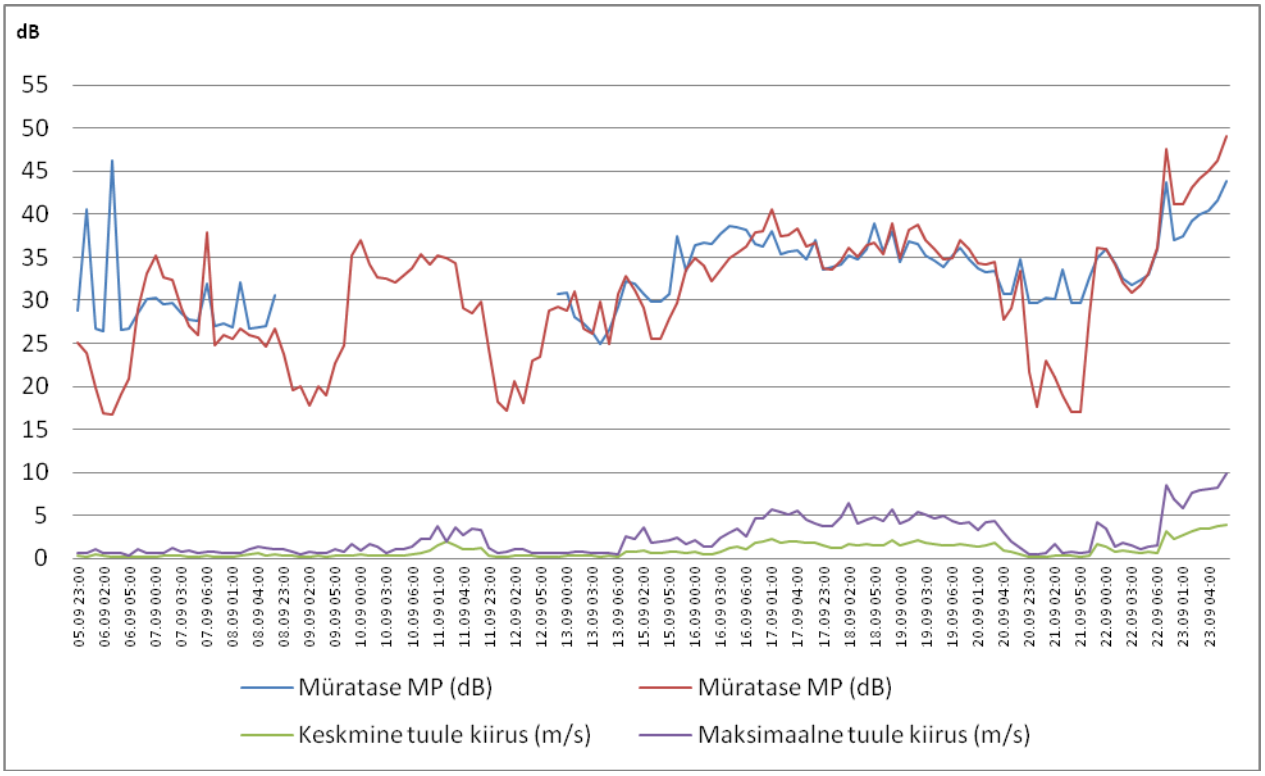
Alljärgnevas tabelis 9 on esitatud mõõdetud müratasemed.

Tabel 9. Müratasemed mõõtmispunktides 4.1 ja 4.2

Mõõtmispunkt	Indikaator	Mõõtmisperiood (kokku)	Mõõtmisperiood (päev)	Mõõtmisperiood (öö)	Paralleelselt (kokku)	Paralleelselt (päev)	Paralleelselt (öö)
MP (4.1)	LpA,eq (dB)	54,6	56,6	35,6	47,3	49,3	35,6
	$L_{A95\ (dB)}$	26,4	27,6	26,1	26,4	27,8	26,0
REF (4.2)	LpA,eq (dB)	44,0	45,7	36,0	39,9	46,9	36,9
	$L_{A95\ (dB)}$	19,2	25,0	16,9	19,4	23,6	16,4

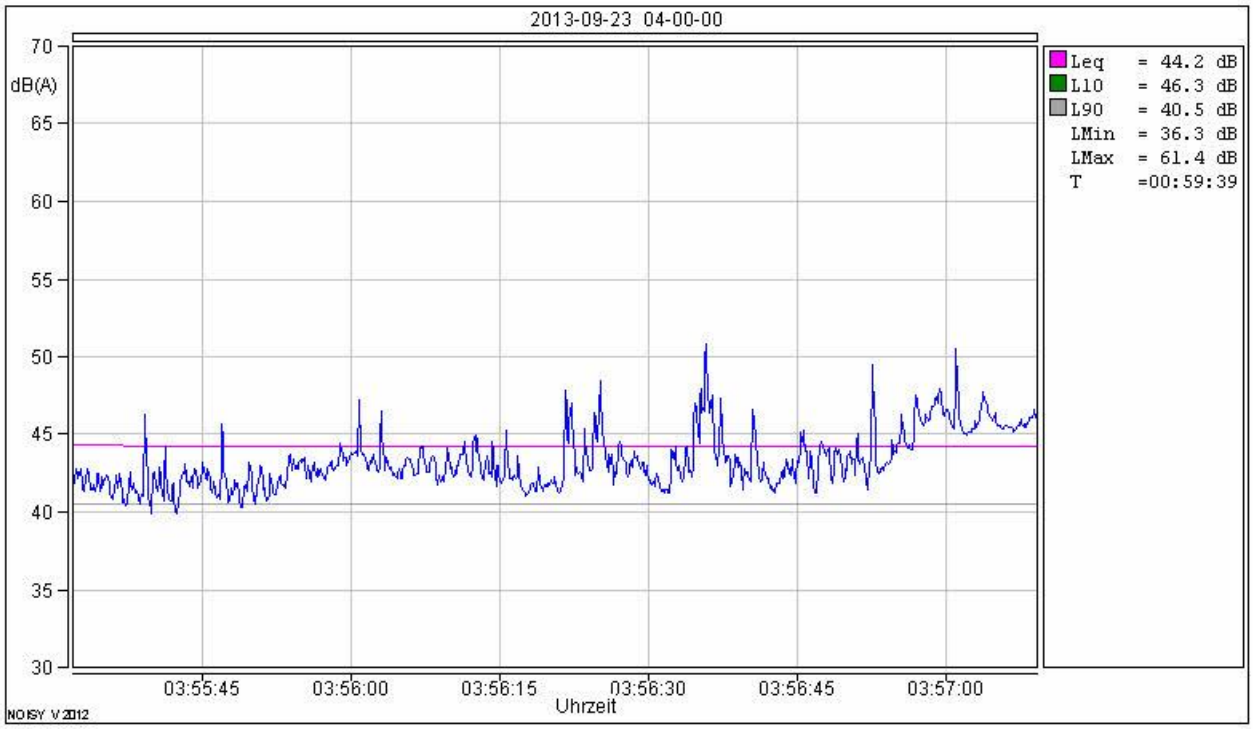
[28] OÜ Saar Poll ja OÜ Adepte Ekspert, 2010

Eelpool esitatud tabelist on näha, et mõõtmisperioodi ekvivalentne müratase öisel ajal jääb oluliselt allapoole 45 dB ning isegi alla 40 dB. Seejuures selliseid öiseid üksiktunde, kus müratase mõõtmispunktis 4.1 oli suurem kui 45 dB esines kogu mõõtmisperioodi jooksul neli korda ning üle 40 dB oli ühe tunni ekvivalenttase öisel ajal mõõtepunktis 4.1 üheksal korra. Kõik üle 45 dB tunnid esinesid mõõteperioodi kahel viimasel ööl (22.09-23.09.2013), kui puhusid mõõtmise aja tugevamad tuuled. Keskkonnaagentuuri ilmateenistuse andmetel oli keskmine tuule kiirus Dirhami hüdroloogiajaamas 10-15 m/s ning esines tuulepuhanguid kuni 22 m/s. Võrreldes omavahel referentsmõõtja ning põhimõõtejaama tulemusi (joonis 14) on näha, mõlema seadme puhul müra tasemete kasvu sarnasust. Seejuures olid kõrgemad tasemed põhimõõtepunktist. Mõõtmine toimus ajal, kui lehtpuud olid veel lehtedes ning seetõttu mõjutas müratasemeid muuhulgas tuule mõjul puulehtede liikumine. Eeldatavasti mõjutades maksimaalseid müratasemeid. Vaadates kõrgemate müratasemete protsentiili 95 väärtusi, siis need jäävad üldjuhul 5 dB võrra madalamaks. Võib eeldada, et tuulikupargi ühe tunni öine ekvivalentne müratase põhimõõtmispunktis võis mõõtmiste ajal olla kõrgem kui 40 dB. Täpsemalt oleks võimalik tuulikute mõju hinnata kõrvutades mõõdetud müratasemeid tuulikute tootlikkusega samal ajahetkel.



Joonis 14. Ühe tunni ekvivalentne müratase öösel mõõtmispunktides 4.1 ja 4.2

Mõõtmine toimus ajal, kui lehtpuud olid veel lehtedes ning seetõttu mõjutas müratasemeid muuhulgas tuule mõjul puulehtede liikumine. Eeldatavasti mõjutades maksimaalseid müratasemeid. Vaadates kõrgemate müratasemete protsentiili 95 väärtusi, siis need jäävad üldjuhul 5 dB võrra madalamaks. Võib eeldada, et tuulikupargi ühe tunni öine ekvivalentne müratase põhimõõtmispunktis võis mõõtmiste ajal olla kõrgem kui 40 dB. Täpsemalt oleks võimalik tuulikute mõju hinnata kõrvutades mõõdetud müratasemeid tuulikute tootlikkusega samal ajahetkel. Näide hetkelistest müratasemetest 22.09.2013 öösel on esitatud alljärgneval joonisel (joonis 15).



Joonis 15. Müratasemе ajalise muutuse graafik 23.09.2013 öösel

3.5 Mõõtmispunkt 5 – Sepamaa-Kaarli

Mõõtmisperioodil valdasid pigem vaikse või mõõduka tuulega ilmad. Tugevamad tuuled valitsesid mõõtmisperioodi lõpuosa, kui põhimõõtejaam tehnilistel põhjustel lakkas töötamast. Lähimad tuulikud jäävad põhimõõtmispunktist umbes 470-770 m kaugusele ning varasemate modelleerimiste põhjal võis eeldada ühe tunni müra ekvivalenttaset pisut alla 40 dB[29]. Mõõtmise ajal teised olulised müraallikad puudusid ning seetõttu kajastavad mõõdetud müratasemed peamiselt looduslikku fooni ning tuulikutest tulenevat müra. Sarnaselt teistele mõõtmiskohtadele on mõõtmispunkti 5 puhul analüüsitud peamiselt öiseid müratasemeid.

Alljärgnevas tabelis 10 on esitatud mõõdetud müratasemed.

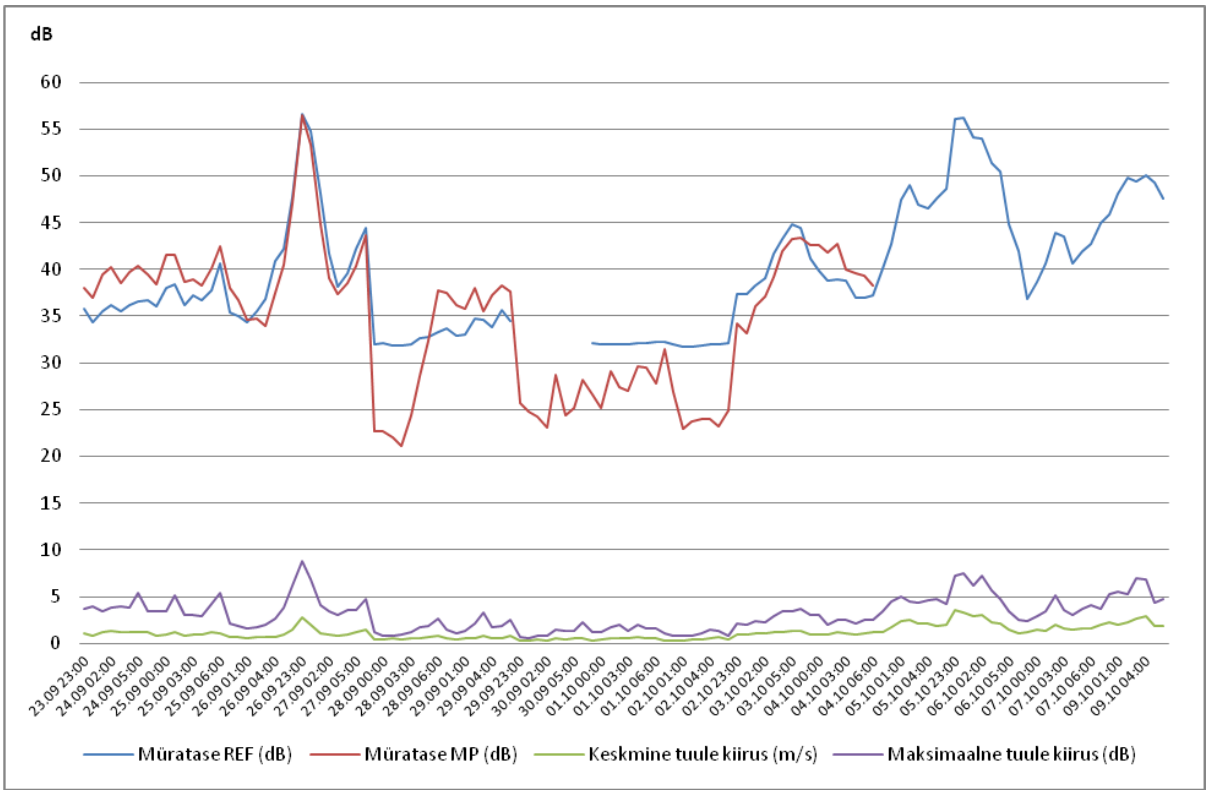
Tabel 10. Müratasemed mõõtmispunktides 5.1 ja 5.2

Mõõtmispunkt	Indikaator	Mõõtmisperiood (kokku)	Mõõtmisperiood (päev)	Mõõtmisperiood (öö)	Paralleelselt (kokku)	Paralleelselt (päev)	Paralleelselt (öö)
MP (5.1)	LpA,eq (dB)	45,0	44,7	45,5	42,5	42,7	42,1
	$L_{A95\ (dB)}$	31,8	31,9	31,7	31,7	31,8	31,6
REF (5.2)	LpA,eq (dB)	41,9	42,2	41,4	42,1	42,3	41,8
	$L_{A95\ (dB)}$	22,1	22,9	21,4	22,1	22,7	21,7

Eelpool esitatud tabelis on näha, et mõõtmisperioodi ekvivalentne müratase öisel ajal jäi põhimõõtmispunktis alla 45 dB, ent referentspunktis ületas 45 dB. Seejuures selliseid öiseid üksiktunde, kus müratase mõõtmispunktis 5.1 oli suurem kui 45 dB esines kogu mõõtmisperioodi jooksul põhimõõtmispunktis kolm (kõik ületamised 26.09.2013 öösel ning tasemed väga sarnades mõlemas mõõtmispunktis) ning referentspunktis 23 korda (vt joonis 16). Seejuures on enamik referentspunkti kõrgemad müratasemed mõõdetud

[29] OÜ Saar Poll ja OÜ Adepte Ekspert, 2010

mõõteperioodi viimasel kolmandikul, kui põhimõõteseade müra ei mõõtnud. Arvestades, et üldjuhul olid mõõtmispunktis 5.1 öised müratasemed kõrgemad kui mõõtmispunktis 5.2 ning kogu paralleelselt mõõdetud perioodi tasemed samuti suuremad, võib eeldada, et põhimõõtepunktis oleks perioodi lõpuks samuti müratase ületanud 45 dB. Kõrged müratasemed võivad olla põhjustatud looduslikust foonist, sest kõige kõrgemad tasemed on esinenud mõõduka lääne või edela tuulega. Tuulikud jäävad pigem idasuunda ehk pärituult. Täpsemalt oleks võimalik tuulikute mõju hinnata kõrvutades mõõdetud müratasemeid tuulikute tootlikkusega samal ajahetkel.



Joonis 16. Ühe tunni ekvivalentne müratase öösel mõõtmispunktides 5.1 ja 5.2

3.6 Mõõtmispunkt 6 – Kadaka

Kadaka maaüksuse mõõtmispunkt oli Mere pst 19 maaüksuse kõrval teine, mille puhul lähim tuulik jäi vähem kui 300 m kaugusele. Peamine erinevus kahe mõõtmispunkti vahel seisneb tuulikute arvus ning nende võimsuses. Samuti asjaolus, et Kadaka maaüksusel puudusid olmemüraallikad nii päeval kui ka öösel. Võib väita, et tuulikud on ainsad mõõtmistulemusi mõjutanud tööstusmüra allikad. Kogu müratase on põhjustatud looduslikust foonist (peamiselt puulehtede liikumine) ning tuulikutest.

Mõõtmiste ajal varieerus tuule tugevus vaiksest tugevani, andes nii ülevaate müratasemetest erinevate tuulekiiruste juures. Mõõtmiste algul olid lehtpuud enamasti lehtes ning lõpus peamiselt lehtedeta. Seega mõjutas lehtede liikumine müratasemete rohkem mõõtmiste esimese pooles. Kokku kestis mõõtmine põhimõõtepunktis kolm nädalat. Referentspunktis oli lehtede liikumise mõju müratasemetele minimaalne.

Varasemalt teostatud müra modelleerimise põhjal võis eeldada müratasemeid põhimõõtepunktis pisut alla 40 dB.

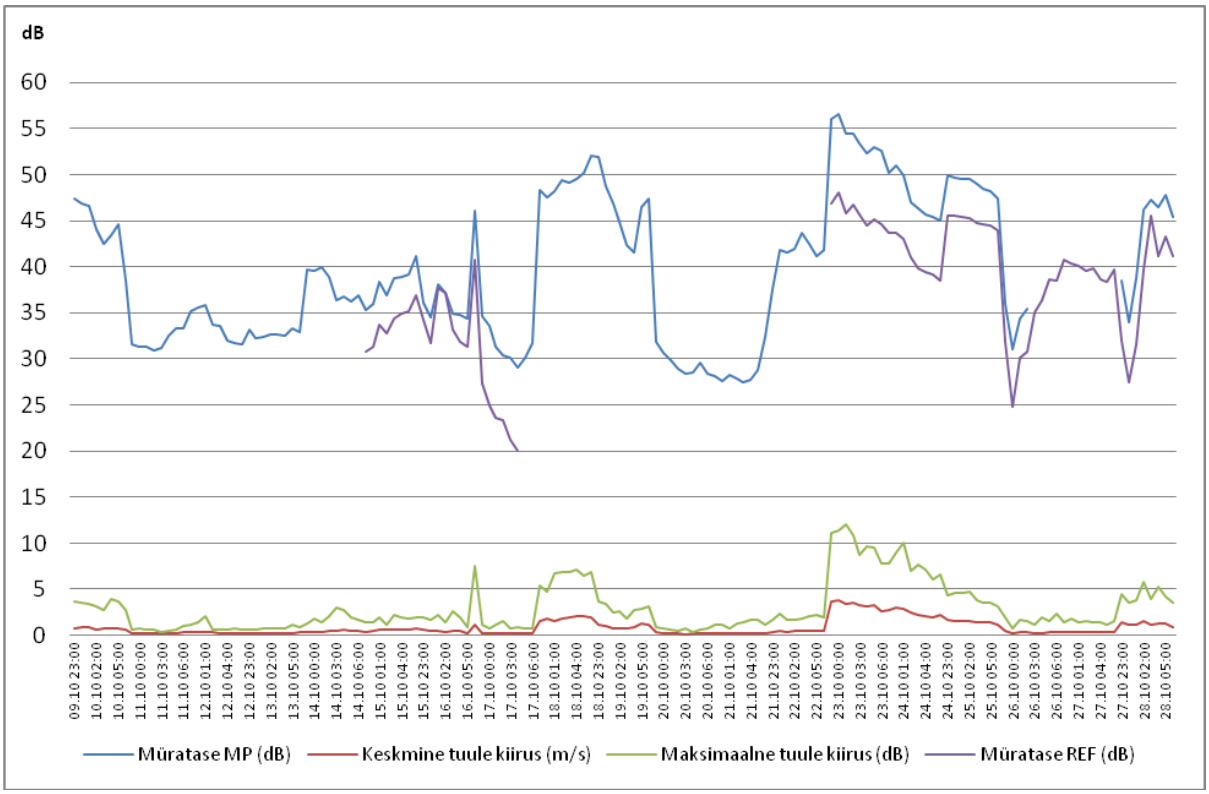
Alljärgnevas tabelis (tabel 11) on esitatud mõõdetud müratasemed.

Tabel 11. Müratasemed mõõtmispunktides 6.1 ja 6.2

Mõõtmispunkt	Indikaator	Mõõtmisperiood (kokku)	Mõõtmisperiood (päev)	Mõõtmisperiood (öö)	Paralleelselt (kokku)	Paralleelselt (päev)	Paralleelselt (öö)
MP (5.1)	LpA,eq (dB)	46,0	46,1	45,8	48,1	48,3	48,1
	$L_{A95\ (dB)}$	28,8	29,9	27,8	31,3	33,1	29,8
REF (5.2)	LpA,eq (dB)	41,3	41,4	41,3	41,49	41,63	41,62
	$L_{A95\ (dB)}$	25,8	27,6	22,8	24,9	28,2	22,1

Eelpool esitatud tabelis on näha, et mõõtmisperioodi ekvivalentne müratase öisel ajal oli põhimõõtmispunktis üle 45 dB, ent referentspunktis oluliselt alla 45 dB. Seejuures paralleelselt mõõdetud perioodi öine ekvivalentne müratase on oluliselt üle 45 dB. Teiste müraallikate puudumist näitab ka asjaolu, et nii päevaseid kui ka öised müratasemed on peaaegu võrdsed.

Mõõtepunktis 6.1 esines üle 45 dB ekvivalenttasemega tunde kogu mõõtmisperioodi jooksul 46 (sh 30 paralleelselt referentspunktiga) ning punktis 6.2 oli 11 taolist tundi. Alljärgneval graafikul (joonis 17) on näha öise ajavahemiku ühe tunni keskmised ekvivalenttasemed.

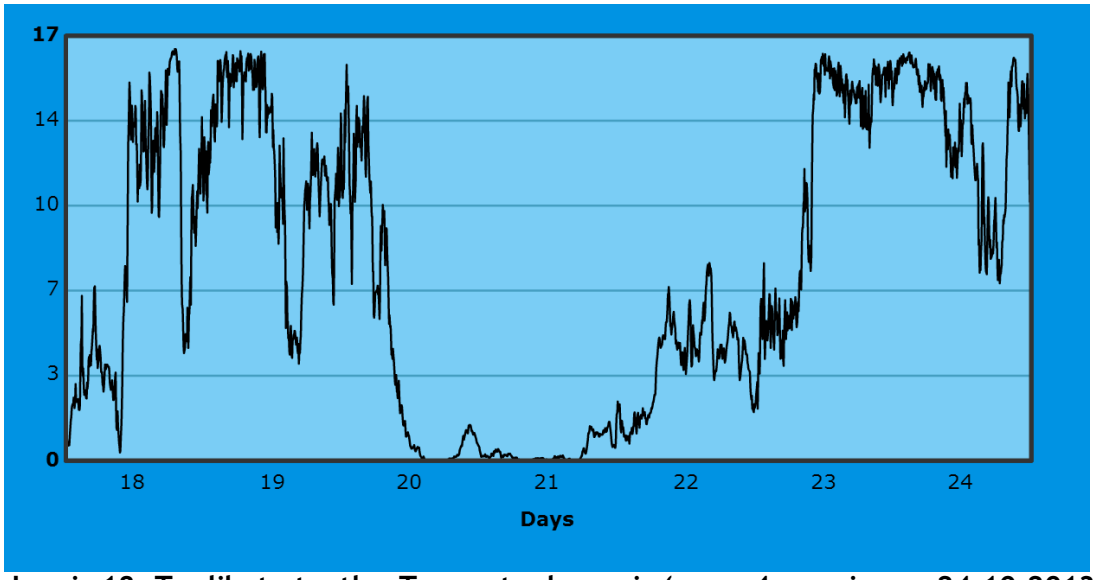


Joonis 17. Ühe tunni ekvivalentne müratase öösel mõõtmispunktides 6.1 ja 6.2

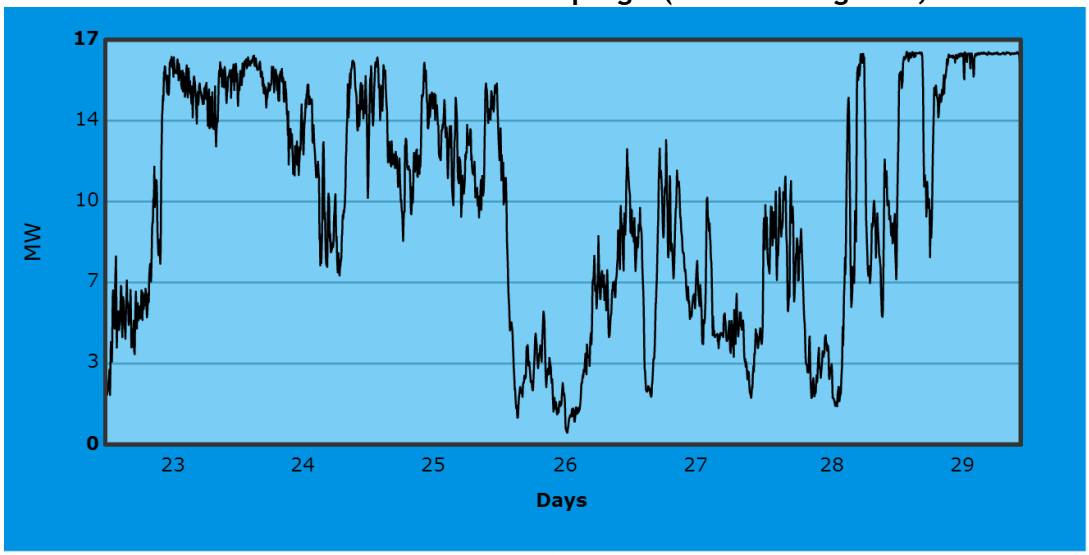
Graafikul on näha müratasemete otsene soes tuule kiirusega. Kõige kõrgemate müratasemete puhul (22.10-25.10.2013) avaldas mõju ka puulehtede liikumine, ent mitte selliselt, et tuulikutest tulenev müratase jääks alla poole 45 dB. Seda enam, et referentspunkti müratase on samuti kõrgem kui 45 dB.

Järgnevalt on esitatud tuulikute tootluse graafikud (joonis 20 ja 21) Tooma tuulepargis. [30]

[30] Graafikud on salvestatud tuulepargi omaniku, AS Nelja Energia kodulehelt.

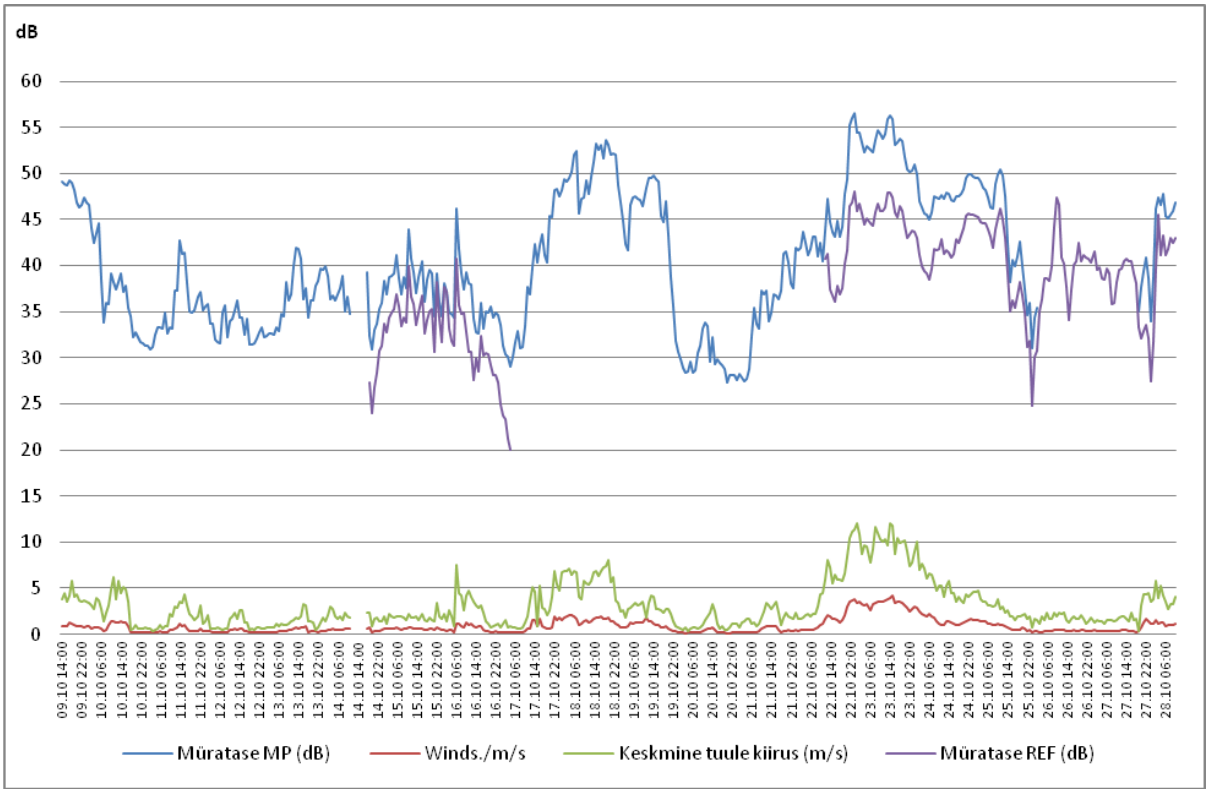


Joonis 18. Tuulikute tootlus Tooma tuulepargis (www.4energia.ee, 24.10.2013)



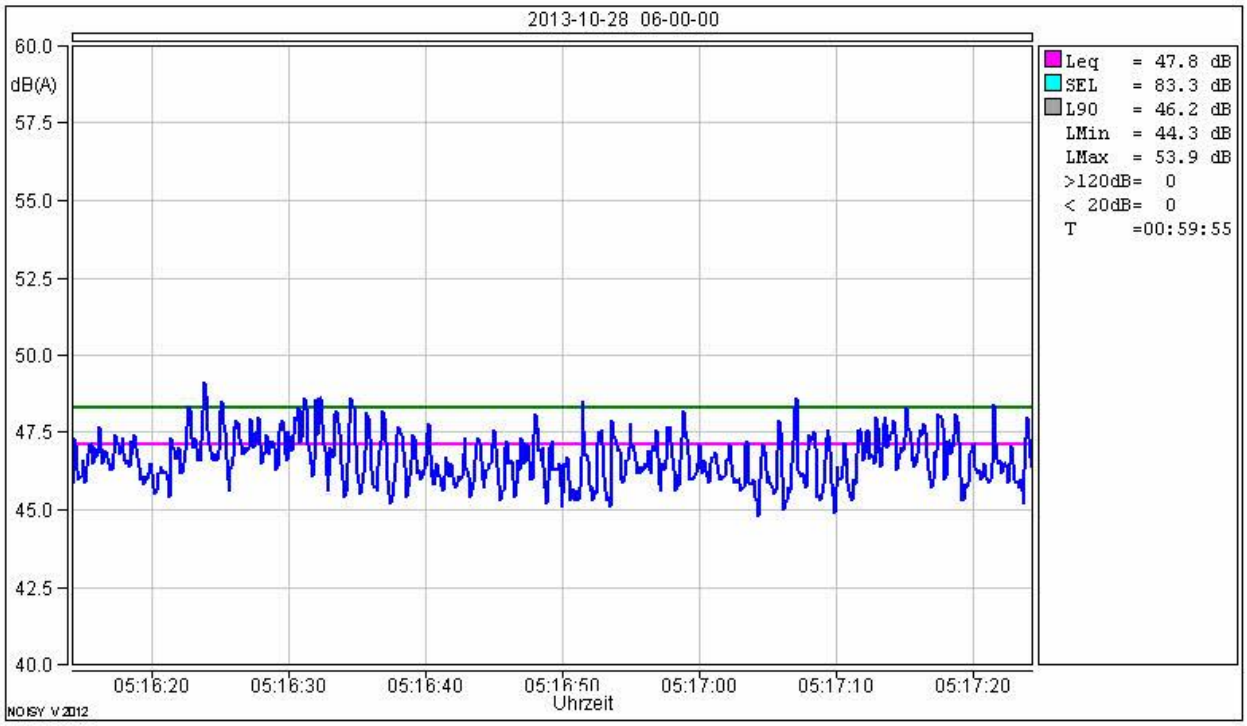
Joonis 19. Tuulikute tootlus Tooma tuulepargis (www.4energia.ee, 29.10.2013)

Graafikutelt on näha tuulikute tootlus ajalises lõikes. Võrreldes tuulepargi tootlust samal ajal mõõdetud müratasemetega (joonis 17), siis müra tasemete muutused on sarnased tuulepargi tootluse muutustega. Samas tuleb arvestada, et tuulikute tootlus on otseselt seotud tuule kiirusega ehk suureneb ka looduslik foon.

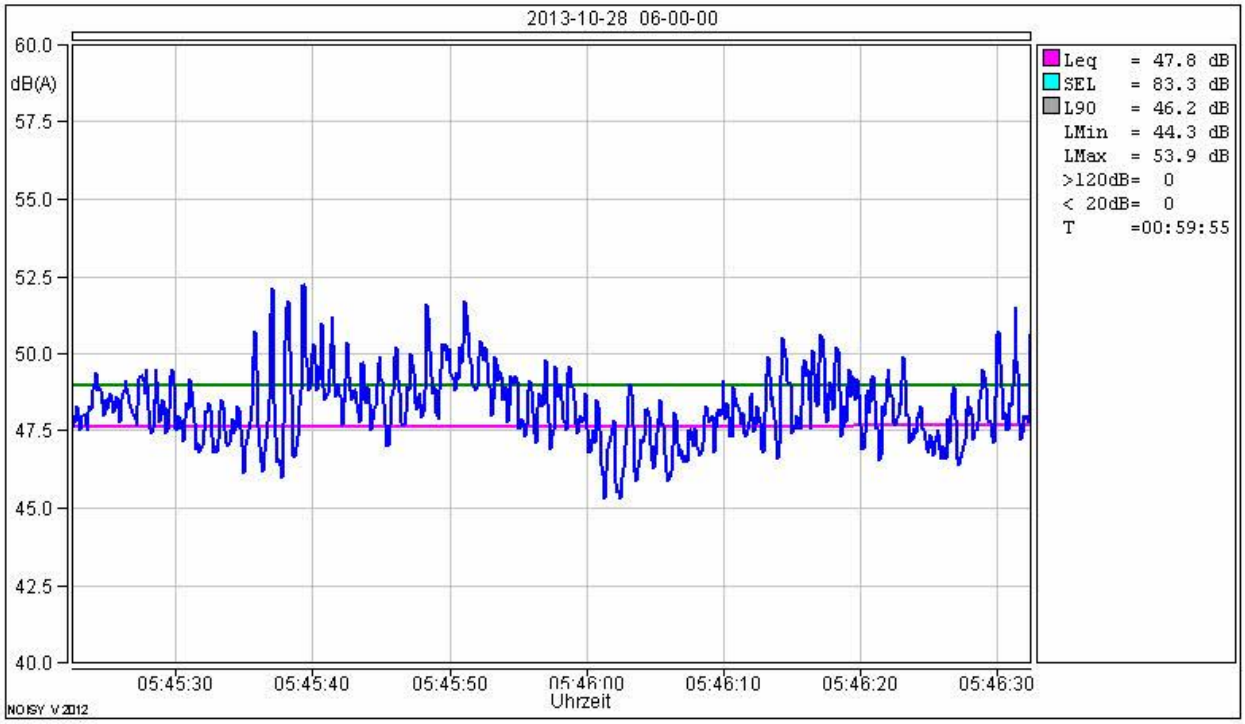


Joonis 20. Ühe tunni ekvivalentne müratase kogu mõõtmisperioodil mõõtmispunktides 6.1 ja 6.2

Vaadates müratasemete ajalise muutuse graafikuid (joonised 21 ja 22) on näha müratasemete korrapärast muutust, mis tuleneb tuulikute töötamisest. Seejuures on maksimaalsete ja minimaalsete müratasemete erinevus alla 10 dB ning protsentiil 95 alla 4 dB (44,5 dB) võrra väiksem ekvivalenttasemest.



Joonis 21. Müratasteme ajalise muutuse graafik 28.10.2013 öösel



Joonis 22. Müratseme ajalise muutuse graafik 28.10.2013 öösel

Graafikutelt on näha, et müratase on püsivalt üle 45 dB lähenedes 47 dB. Seejuures Keskkonnaagentuuri ilmateenistuse Virtsu meteoroloogia- ja hüdroloogiajaama andmetel puhus 28.10.2013 kella 5-6 vahel öösel edela tuul keskmise kiirusega 5,8 m/s. Maksimaalsed tuulekiirused ulatusid 11 m/s. Tuulikud jäävad mõõtmispunktist kirdesse ehk tuule suund oli tuulikute suunas.

Eelnevast tulenevalt võib väita, et Kadaka maaüksuse õuealal esineb tuulikute poolt põhjustatud müratasemeid, mis ületavad 45 dB ehk sotsiaalministri määrusega kehtestatud müra taotlustaseme arvsuurust olemasolevatel III kategooria aladel. Samuti on mõõdetud müratase oluliselt kõrgem varasemalt modelleeritust[31].

[31] OÜ Saar Poll ja OÜ Adepte Ekspert, 2010

4. KOKKUVÕTE JA SOOVITUSED

Käesoleva töö eesmärgiks oli müra mõõtmine Hanila ja Noarootsi valdade tuuleparkide tehnoseadmete poolt tekitatud helirõhu tasemete määramiseks nendega piirnevatel elamualadel. Eesmärgi saavutamiseks teostati 2013 a. kevadest-sügiseni pikaajalist (vähemalt 14 järjestikust päeva) müra mõõtmist kolmes Hanila ja kolmes Noarootsi valda jäävas mõõtmispunktis. Mõõtmiste tulemusena tekkis müratasemete aegrida kokku 3971 tunni ulatuses. Kõikidest andmetest ligemale 2600 tundi moodustavad müratasemed, mis on mõõdetud põhimõõtepunktist ehk tuuleparkide eeldatavast mõjualast.

Mõõtmispunktid asusid tuulikutest erineval kaugusel, jäädes 250-980 m kaugusele lähimast tuulikust. Erinevad vahemaad tuuliku ja mõõtmispunkti vahel annavad võimaluse hinnata tuulikute mõju erinevatel kaugustel ning anda informatsiooni otsustajatele tulevaste tuuleparkide rajamise üle otsustamisel.

Teostatud mõõtmistulemused iseloomustavad mõõtmisperioodil valitsenud kogu müratasemed, sisaldades lisaks tuulikute tekitatud mürale ka olmemüra, liiklusmüra, muud tööstusmüra ning looduslikku fooni. Seetõttu ei saa mitmel juhul kindlalt väita, et kõrgemad müratasemed on otseselt seotud tuulikutest tuleneva müraga. Eriti olukorras, kus lähima tuuliku ning vastuvõtja vaheline kaugus on suurem kui 500 m.

Kogutud mõõtmistulemustele toetudes võib väita, et tuulikupargist kuni 500 m kaugusel ei pruugi olla tagatud öise müra ühe tunni ekvivalenttaseme normtase III kategooria olemasolevatel aladel ehk 45 dB. Suurematel distantsidel jäävad müratasemed eeldatavasti alla 45 dB. Uute tuuleparkide rajamisel tuleb arvestada planeeritavate alade taotlustasemetega, mis öisel ajal on 40 dB ehk veelgi karmimate nõudmistega. Kuigi teostatud mõõtmiste alusel ei saa kindlalt väita, et Tinise maaüksusel öisel ajal mõõdetud üle 40 dB müratasemed on põhjustatud tuulikutest, võib erinevaid aspekte arvesse võttes see nii olla. Seejuures Tinise maaüksus jääb 720 m kaugusele lähimast tuulikust. Kaugemate distantside kohta läbi viidud mõõtmiste alusel hinnanguid anda ei saa.

Selleks, et tekkinud kahtlustele kinnitust saada tuleks edaspidi taolisi mõõtmisi korrata. Seejuures on oluline paralleelselt koguda infot tuulikute töörežiimi ja tootlikkuse kohta. Müratasemete analüüsimine koos tuulikute töörežiimiga annab võimaluse asetada need ühisele ajaskaalale ning määrata põhjus-tagajärg seoseid. Müra tuleks edaspidi mõõta vähemalt iga tuulepargi juures, millest 500 m kaugusele jääb tundlikke objekte, vähemalt ühe kuu pikkusel ajaperioodil. Mõõtmisi peaks korraldama ning nende eest tasuma tuuleparkide omanikud ning parim oleks vähemalt ühe statsionaarse mõõteseadme paigaldamine tuulepargist 500 m kaugusele.

5. KASUTATUD MATERJALID

Õigusaktid:

Sotsiaalministri 04.03.2002 määruse nr 42 "Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja müratasemе mõõtmise meetodid"

Avalikud andmebaasid ja registrid:

Eesti Keskkonnagentuuri (KAUR) Ilmateenistus, http://www.emhi.ee/ (11.11.2013)

Maa-ameti Geoportaal, http://geoportaal.maaamet.ee/ (seisuga: 07.10.2013)

Muu:

Adepte Ekspert OÜ, 2011. Mürakaart: Hanila vald, Esivere, Tooma-Rõuste tuulepark: olemasolev olukord + 2 Enercon E 70 2,3 MW tuulikut

Hanila Vallavalitsuse valduses olevad tuuleparkide andmed

Hendrikson & Ko, 2012. Hanila vallas Esivere külas Tooma II tuulepargi detailplaneeringu keskkonnamõju strateegiline hindamine

Hendrikson & Ko, 2006. Aulepa tuulepargi teemaplaneeringu mürakaart

Nelja Energia AS, http://www.4energia.ee/ (seisuga: 07.10.2013)

Noarootsi Vallavalitsuse valduses olevad tuuleparkide andmed

OÜ Saar Poll ja OÜ Adepte Ekspert, 2010. Läänemaa tuulikuparkide mõjud lähialade inimestele

Sotsiaalministri 04.03.2002 määruse nr 42 "Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja müratasemе mõõtmise meetodid"

6. LISAD

Lisa 1. Mõõteprotokollid

Lisa 2. Kaardid