TUTKIMUSRAPORTTI

HN-07032023-36128

# Tuulivoimaloiden synnyttämän melun ja tärinän terveysriskit - esitutkimus


Kirjoittaja: Hannu Nykänen


Luottamuksellisuus: julkinen

| | |
|---|---|
| Raportin nimi<br>Tuulivoimaloiden synnyttämän melun ja tärinän terveysriskit - esitutkimus | |
| Rahoittaja ja rahoittajan yhteyshenkilö<br>Avohoidon Tutkimussäätiö<br>Toimitusjohtaja Kalle Öhman | Rahoittajan ilmoitus<br>Sähköpostiviesti, K. Öhman<br>27. tammikuuta 2021 |
| Projektin nimi<br>Tuulivoimaloiden synnyttämän melun ja tärinän terveysriskit - Esitutkimus | Projektin lyhytnimi<br>TUVOTERRI |
| Raportin laatija<br>Hannu Nykänen | Sivujen / liitesivujen lukumäärä<br>48 / 11 |
| Avainsanat<br>Tuulivoimamelu, infraääni | Raportin numero<br>HN-07032023-36128 |

Tiivistelmä

Tässä esitutkimusraportissa kuvataan tuulivoimaloiden aiheuttamaa meluhaittaa tuulivoima-alueiden lähellä olevissa asuinrakennuksissa. Raportissa analysoidaan ja arvioidaan asuinrakennuksissa yöaikana makuuhuoneessa tehdyissä mittauksissa todettuja, tuulivoimaloiden synnyttämiä A-painotettuja kokonaistasoja sekä lineaarisia pienitaajuisia melun ja infraäänen tasoja ja ominaisuuksia erilaisissa tuuliolosuhteissa asukkaiden ollessa poissa asunnosta (tai nukkumiseen käytetystä tilasta asunnon niin salliessa).

Tavoitteena on ollut kartoittaa alustavin melumittauksin tuulivoimaloiden synnyttämän kuultavan melun ja infraäänen voimakkuutta ja kehittää mittaus- ja arviointimetodiikkaa tuulivoimaloiden synnyttämän melun asianmukaiseen arviointiin, Samalla on pyritty luomaan osaamispohjaa mahdolliselle laajemmalle kansainvälisenä yhteistyönä toteutettavalle hankkeelle.

Mittaukset on toteutettu STM:n asumisterveysasetuksen edellyttämällä tavalla noudattaen Valviran sisätiloissa tehtäville tuulivoimamelumittauksille laatimia erityisohjeita. STM:n ja Valviran ohjeistuksen lisäksi on tehty kuuloaluetta pienemmille taajuuksille ulottuvia infraäänimittauksia noin 0,1 Hz:n alarajataajuuteen asti.

**Tärkeimpänä tuloksena on tuotu esiin aiemmin Suomessa tehtyjen infraäänimittausten olennaisin virhe eli infraäänen analysointi terssikaista-analyysina. Tämä analyysitapa johtaa täysin virheelliseen arvioon infraäänen haitallisuudesta hävittäessään mahdollisuuden tuulivoimaloiden lapataajuisen melun (ääneksen) ja lapataajuisen ääneksen harmonisten komponenttien analysointiin.**

| | |
|---|---|
| Luottamuksellisuus | julkinen |

Tampere, 7.3.2023
Laatija

Hannu Nykänen,
projektipäällikkö

Hannu Nykänen, Majakkakatu 22 D 13, 33410, 040 511 6633, hannu.j.nykanen@outlook.com,

Jakelu (hankkeen rahoittaja, hankkeen toteuttajat ja raportissa kuvattujen mittauskohteiden asukkaat)

Avohoidon Tutkimussäätiö: Kai Öhman, Helena Öhman ja Kalle Öhman
Suomen Akustiikkasuunnittelu: Denis Siponen
Huittinen, Pahkionvuori: Marja-Leena ja Seppo Rintala
Leppävirta, Niittysmäki-Konkanmäki: Ari Kärkkäinen ja Marja-Leena Jolkkonen
Luhanka, Latamäki: Hannu Heinonen (mittauskohteen järjestäjä ja yhteyshenkilö)
Jämsä, Ratiperä: Jaana Vuorenpää (Vuorenpää) ja Aimo Jyräkoski (Kovelahti)
Tuulivoima–kansalaisyhdistys TV-KY: Riitta Lindgren

# Alkusanat

Avohoidon Tutkimussäätiö rahoittajana käynnisti tammikuussa 2021 hankkeen, jonka tulosten pohjalta olisi mahdollista arvioida toiminnassa olevien tuulivoima-alueiden synnytttämän A-painotetun melun, pienitaajuisen kuuluvan melun ja infraäänen haittavaikutuksia tuulivoima-alueiden lähistöllä sijaitsevien asuinrakennusten nukkumiseen käytettävissä tiloissa yöaikana. Hankkeesta käytetään nimilyhennettä TUVOTERRI.

Hankkeen ovat pääosin toteuttaneet DI Denis Siponen melumittausten tekijänä, raakadatan käsittelijänä ja melumittausten kuvauksen laatijana ja DI Hannu Nykänen raakadatan jalostajana, mittaustulosten muokkaajana ja raportin kirjoittajana. Hankkeen toteutukseen on osallistunut merkittävällä tavalla myös Hannu Heinonen järjestämällä mittauslaitteiston ja mittausmenetelmien kehittämiseen soveltuvan loma-asunnon Luhangan Latamäen tuulivoima-alueen lähistöltä tutkijoiden käyttöön ja toimimalla yhteyshenkilönä Avohoidon Tutkimussäätiön ja tutkijoiden välillä. Merkittävää on ollut myös eri tuulivoima-alueiden asukkaiden tuki, kun he ovat mahdollistaneet häiriintymättömät melumitaukset tuulivoimaloiden melulle altistuvien asuinrakennusten nukkumiseen käytettävissä tiloissa.

Tässä TUVOTERRI-tutkimushankkeen esitutkimusvaiheen raportissa kuvataan alustavasti suunnitellun, suuremman ja kansainvälisin tutkijavoimin toteutettavaksi tarkoitetun hankkeen esivaihetta, kansallista valmisteluprojektia, joka mahdollistaisi laajemman kansaivälisen hankkeen toteuttamisen myöhemmin.

Tampereella, 7.3.2023

Hannu Nykänen

# Sisällysluettelo

Alkusanat ..... 2

TUVOTERRI-tutkimushankkeen suunniteltu kokonaisuus ..... 4

1 Tutkimushankkeen ensimmäisen vaiheen toteutus ..... 6

1.1 Tuulivoimarakentamisen melumallinnusohjeiden merkittävimmät puutteet ..... 6

1.1.1 Tuulivoimaloiden keskinäinen sijainti tuulivoima-alueella ..... 6

1.1.2 Tuulivoimaloiden erityispiirteet melumallinnuksessa ..... 7

1.1.3 Melun suunnnan huomiotta jättäminen melumallinnuksessa ..... 7

1.2 Vuoden 2021 ja kevään 2022 mittausten ja analyysien toteutukset ..... 7

1.3 Tutkimushankkeen ensimmäisen vaiheen toteuttajat ..... 8

2 Mittausjärjestelyt ja mittalaitteet ..... 9

2.1 Mittausjärjestelyt ..... 9

2.2 Mittausasetelmat ..... 9

2.3 Mittauslaitteisto ..... 9

3 Tutkimushankkeen ensimmäien vaiheen tuulivoima-aluekohtaiset tulokset ..... 10

3.1 Huittisten Pahkionvuoeren tuulivoima-alue ..... 10

3.1.1 Tuulivoima-alueen kuvaus ..... 10

3.1.2 Yöaikaiset A-painotetut tasot ja lineaariset terssikaista-analyysit ..... 10

3.1.3 Infraäänen kapeakaista-analyysit ..... 15

3.2 Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alue ..... 18

3.2.1 Tuulivoima-alueen kuvaus ..... 18

3.2.2 Yöaikaiset A-painotetut tasot ja lineaariset terssikaista-analyysit ..... 19

3.2.3 Infraäänen kapeakaista-analyysit ..... 26

3.3 Luhangan Latamäen tuulivoima-alue ..... 30

3.3.1 Tuulivoima-alueen kuvaus ..... 30

3.3.2 Yöaikaiset A-painotetut tasot ja lineaariset terssikaista-analyysit ..... 34

3.3.3 Infraäänen kapeakaista-analyysit ..... 36

3.4 Jämijärven Ratiperän tuulivoima-alue ..... 36

3.4.1 Tuulivoima-alueen kuvaus ..... 36

3.4.2 Yöaikaiset A-painotetut kokonaistasot ..... 37

3.4.3 Infraäänen kapeakaista-analyysit ..... 40

4 Johtopäätökset ..... 45

Lähdeviitteet ..... 48

LIITTET 1 – 4: Yhden tunnin yöaikaiset A-painotetut ulko- ja sisämelutasot tarkastelluilta tuulivoima-alueilta

## TUVOTERRI-tutkimushankkeen suunniteltu kokonaisuus

Useissa kansainvälisissä tutkimuksissa on todettu, että tuulivoimaloiden synnyttämä kuuluva ääni (erityisesti pienitaajuinen kuuluva ääni), infraääni ja joissain tapauksissa myös maaperän kautta asuinrakennuksiin etenevä tärinä ja tärinän synnyttämä sisämelu ovat tuulivoima-alueiden merkittävimmät haittatekijät ja riittävän voimakkaina esiintyessään muodostavat altistuville henkilöille selvän terveysriskin. Tuulivoimaloiden melun on todettu aiheuttavan terveyshaittoja myös Suomessa, erityisesti sen jälkeen, kun käyttöön on otettu yli 3 MW:n tehoisia, teollisuusluokan tuulivoimaloita. Tyypillisimmät itseraportoidut tuulivoimalan aiheuttamat terveyden haittavaikutukset ovat elämänlaadun huononeminen, uneen liittyvät häiriöt, kohonnut stressitaso sekä muun muassa epätyypillinen tinnitus, huimaus, tasapainohäiriöt, korvakipu ja päänsärky.

Kansainvälisesti on tehty useita kyselytutkimuksia, joissa on selvitetty tuulivoimaloiden melualtistuksen pitkäaikaisvaikutuksia. Tutkimuksissa on keskitytty erityisesti kuultavan tuulivoimamelun vaikutuksiin. Tuulivoimaloiden synnyttämän, ilmaäänenä etenevän infraäänen ja maaperän kautta rakennuksiin etenevän tärinän sekä tärinän synnyttämän infraäänen ja kuultavan melun mahdollisista terveysvaikutuksista on kuitenkin vielä vähän tutkittua tietoa ja saatavilla oleva tieto on kiistanalaista.

TUVOTERRI tutkimushankkeen keskeisiksi tavoitteiksi määriteltiin:

1. Kartoittaa tuulivoima-alueiden ympäristössä tehtävin mittauksin tuulivoimaloiden aiheuttaman melun voimakkuutta ja erityisominaisuuksia (kapeakaistaisuus, impulssimaisuus, merkityksellinen sykintä) ja tärinätasoja esimerkkikohteiksi valittujen asuinrakennusten sisätiloissa sekä ilmaäänenä tuulivoimaloista etenevän melun voimakkuutta altistuvien kohteiden ulkoalueella. Ulkomelumittaukset ovat täydentäviä mittauksia, joilla varmistetaan, että sisätiloihin syntyvä melu on peräisin tuulivoimaloista.

2. Selvittää yhden (tai mahdollisesti useamman) tuulivoima-alueen ympäristössä esiintyvän, tuulivoimaloiden aiheuttaman maaperän tärinän vaikutuksia esimerkkirakennuksen sisätiloihin syntyvään tärinään, infraääneen, pienitaajuiseen meluun (20 – 200 Hz) ja kuuluvaan ääneen.

3. Arvioida kirjallisuustutkimuksen ja kokeellisen tutkimuksen tuottaman tieteellisen aineiston tulosten perusteella tuulivoimaloiden meluvaikutukset lääketieteelliseltä kannalta ja arvioida suomalaisen tuulivoimameluun liittyvän ohjeistuksen ja määräysten korjaustarvetta.

Tutkimuksen suomalaisvoimin toteutetun ensimmäisen vaiheen tutkimuksessa selvitettiin tuulivoimaloiden melulle altistuvissa kohteissa tehtävin melumittauksin tuulivoimaloiden synnyttämän kuuluvan äänen (erityisesti pienitaajuisen kuuluvan äänen) ja infraäänen voimakkuutta asuinrakennusten nukkumiseen käytettävissä sisätiloissa ja melun kontrollimittauksin ulkoalueilla.

Tutkimuksen ensimmäiseen vaiheeseen liitettiin alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen myös osio, jossa tuotiin esiin ympäristöhallinnon julkaiseman tuulivoima-alueiden suunnitteluun liittyvän ohjeistuksen merkittävimmät puutteet ja korjaustarpeet. Nämä on esitetty kohtana 1.1 ennen mittaus ja analyysimenetelmien kuvausta. Näiden puutteiden esittelyllä ja korjaustarpeilla perustellaan osaltaan käytettyjä mittaus- ja analyysimenetelmiä. Kunkin tarkastellun tuulivoima-alueen osuudessa on tuotu esiin myös yksittäisten tuulivoimaloiden sijoittelun virheet ja tästä todennäköisimmin aiheutuneet, tuulivoima-alueen lähistöllä asuvien

asukkaiden kokemat meluhaitat, vaikka varsinaista meluhaittojen esiintymisen kyselytutkimusta ei olekaan tehty.

Tutkimuksen mahdollinen toinen vaihe pyritään toteuttamaan suomalais-saksalaisena yhteistyönä. Tutkimuksen toisen vaiheen ensimmäisenä osatutkimuksena pyritään lisäämään kenttätutkimusten kohteita ja mukaan otetaan altistuvien kohteiden sisätilojen tärinämittaukset. Lisäksi pyritään selvittämään yhden (tai useamman) tuulivoima-alueen ympäristön asuinrakennuksen ympäristössä esiintyvän, tuulivoimaloiden aiheuttaman maaperän tärinän vaikutuksia esimerkkirakennuksen sisätiloihin syntyvään tärinään ja meluun.

Toisen vaiheen toisena osatutkimuksena arvioidaan (mikäli mahdollista) aiempien tutkimusvaiheiden tulokset lääketieteellisestä näkökulmasta ja arvioidaan tulosten valossa Suomessa säädettyjen tuulivoimaloiden ulkomelun ohje- ja enimmäisarvojen sekä sisätilojen melutason toimenpiderajojen oikeellisuutta lääketieteellisen asiantuntemuksen pohjalta. Lisäksi verrataan suomalais-saksalaisena yhteistyönä saatuja tuloksia tuulivoimaloille asetettuihin ohje- ja toimenpideraja-arvoihin Suomessa ja Saksassa.

**Tämä loppuraportti käsittää Avohoidon Tutkimussäätiöltä saadulla apurahalla toteutetun ensimmäisen vaiheen (esitutkimuksen) tuloksia vuoden 2021 ja vuoden 2022 aikana tehdyistä tutkimusosuuksista.**

# 1 Tutkimushankkeen ensimmäisen vaiheen toteutus

## 1.1 Tuulivoimarakentamisen melumallinnusohjeiden merkittävimmät puutteet

### 1.1.1 Tuulivoimaloiden keskinäinen sijainti tuulivoima-alueella

Tuulivoimaloiden keskinäinen sijainti tuulivoima-alueella vaikuttaa olennaisesti voimaloiden melupäästön suuruuteen. Suomalaisessa tuulivoimarakentamisen yleisohjeistuksessa [1] tai tuulivoimaloiden melumallinnusohjeessa [2] ei kuitenkaan ole yksityiskohtaista ohjeistusta siitä, miten etäälle toisistaan tuulivoimalat tulee sijoittaa tuulivoima-alueen sisällä, jotta keskinäisvaikutusta ei esiintyisi. Ainoa maininta ympäristöministeriön julkaisemassa tuulivoimarakentamisen päivitetyssä suunnitteluoppaassa [1] on sivun 6 maininta isojen tuulivoimaloiden sijoitusetäisyyksistä (suora lainaus):

”Tuulivoimaloiden sijoitusetäisyys toisiinsa nähden on useita satoja metrejä muun muassa roottorin koosta, voimaloiden lukumäärästä ja sijoituskuviosta riippuen. Isojen tuulivoimaloiden luokkaan kuuluvien voimaloiden (3-5 megawattia) välillä sijoitusetäisyydet vaihtelevat tavallisesti 400-1000 metrin välillä.”

On kuitenkin huomattava, että ohjeessa minimiksi mainittu 400 metriä on aivan liian lyhyt välimatka kahden suuren tuulivoimalan väliseksi etäisyydeksi. Suomen tuulivoimayhdistys suosittelee kahden tuulivoimalan väliseksi etäisyydeksi vähintään viisi kertaa roottorin halkaisija (lavan kärjestä viereisen lavan kärkeen) [3, suora lainaus]:

”Tuulivoimalan lapojen pyöriminen aiheuttaa ilman virtaukseen häiriön, jota voitaisiin verrata esim. moottoriveneen tai laivan aiheuttamaan peräaallokkoon. Tästä johtuen tuulivoimaloita ei tule sijoittaa tuulipuistossa liian lähelle toisiaan. Koska tuulen suunta vaihtelee, on joka suunnassa jätettävä riittävästi tilaa tuulivoimaloiden väliin tuotantohäviöiden ja liiallisten kuormitusten välttämiseksi. Harvinaisemmissa tuulensuunnissa voi välimatka olla hieman pienempi.

Nyrkkisääntönä tulisi yksittäisten voimaloiden väliin jättää vähintään noin viisi kertaa roottorin halkaisijan verran tilaa, eli yhden lavan kärjestä vastakkaisen lavan kärkeen. Hyvin suurissa tuulipuistoissa etäisyyksien on oltava suuremmat. Vastaavasti yhdessä rivissä tai kaaressa sijaitsevat tai hyvin pienen ryhmän muodostavat voimalat voivat olla lähempänä toisiaan.”

Viisi kertaa roottorin halkaisija on eräiden maiden ohjeistus ja Suomen tuuliolosuhteet huomioon ottaen kuitenkin myös liian lyhyt välimatka kahden suuren tuulivoimalan välillä. Australiassa New South Walesin osavaltion tuulivoimarakentamisen oppaassa [4, s. 53] on jo vuonna 2002 ohjeistettu, että tuulen suuntaan rinnakkaisissa tuulivoimaloissa välimatkan pitää olla vähintään 5 x roottorin halkaisija lavan kärjestä lavan kärkeen ja tuulen suuntaan peräkkäisissä voimaloissa 8 x roottorin halkaisija. **Suomen tuuliolosuhteissa, joissa tuulen suunta vaihtelee 360 astetta, tulisi edellä mainitun australialaisen ohjeen mukaan kaikissa tapauksissa noudattaa tuulivoimaloiden välisenä minimietäisyytenä siten kahdeksan kertaa roottorin halkaisija.**

Suomen tuulivoimayhdistys perustelee voimaloiden välistä riittävää välimatkaa ”tuotantohäviöiden ja liiallisten kuormitusten välttämisellä”. Syynä ”tuotantohäviöihin ja liialliseen kuormitukseen” on tuulen yläpuolella olevan tuulivoimalan synnyttämän jättöpyörteen vaikutus tuulen alapuolella olevaan voimalaan. Tuotantohäviön ja kohonneen kuormituksen lisäksi tuulen alapuolella olevan tuulivoimalan toiminta tuulen yläpuolella olevan voimalan aiheuttamassa turbulenttisessa tuulikentässä (jättöpyörrekentässä) kohottaa tuulivoimalan melupäästöä, jolloin melumallinnuksessa käytetty tuulivoimalatyypin melupäästö ylittyy erityisesti pienillä taajuuksilla. Melupäästön kohoamista kahdessa erilaisessa turbulenssitilanteessa on tutkittu mm. Tanskassa [5], ja keskeinen johtopäätös melupäästön suhteen on se, että (käännös HN) ”kun tarkastellaan melu-

päästöä alavirrassa, jättöpyörre saa aikaan merkittävän nousun (alavirran) voimalan synnyttämän melun pienitaajuisessa osassa ja merkittävin vaikutus tähän on turbulenttisella tulovirtauksella”.

### 1.1.2 Tuulivoimamelun erityispiirteet melumallinnuksessa

Toinen merkittävä puute vuoden 2014 tuulivoimamelun mallinnusohjeistuksessa [2] on se, että tuulivoimamelun erityispiirteistä impulssimaisuutta tai merkityksellistä sykintää (amplitudimodulaatiota) ei tarvitse ottaa mallinnusvaiheessa lainkaan huomioon. Melun kapeakaistaisuuskin otetaan huomioon vain, jos tuulivoimalatyypin valmistaja on ilmoittanut ko. tuulivoimalatyypin tuottavan kapeakaistaisia tai erillistaajuisia melukomponentteja.

On kuitenkin huomattava, että erityisesti merkityksellinen sykintä liittyy enemmän sääolosuhteisiin kuin tuulivoimalatyypin rakenteeseen. Merkityksellistä sykintää esiintyy lähes poikkeuksetta tilanteessa, jossa tuulen nopeus lähellä maanpintaa pienenee, mutta pysyy suurena tuulivoimaloiden lapojen yläasennon korkeudella. Tällöin tuulivoimalan yksittäiseen lapaan syntyy taivuttava voima tuulen ollessa lavan yläasennossa voimakasta ja lapa oikenee lavan alaasennossa tuulen ollessa heikkoa. Tällainen sääolosuhde syntyy Suomessa erityisesti syyskesällä, syksyllä ja talvella ilta- ja yöaikaan, kun auringon säteilykulma pienenee ja aurinko lakkaa lämmittämästä maanpintaa, jolloin tuuli tyyntyy lähellä maanpintaa, mutta on voimakasta voimalan napakorkeuden yläpuolella.

### 1.1.3 Melun suunnan huomiotta jättäminen melumallinnusvaiheessa

Kolmas merkittävä puute vuoden 2014 tuulivoimameluohjeistuksessa on se, että tuulivoimamelun vuorokautista suunnan vaihtelua ei oteta melumallinnuksessa huomioon. Mallinnusohjeen mukaan tuulivoimalan synnyttämän melun oletetaan etenevän suoraviivaisesti lähteestä vastaanottopisteeseen.

Tuulivoimamelu, kuten muukin ympäristömelu, taipuu kuitenkin aina kylmemmän ilman suuntaan. Päiväaikaan tuulivoimalan säteilemä ääni taipuu tavallisesti ylöspäin, koska ilman lämpötila tavallisesti pienenee ylöspäin mentäessä. Yöaikana tilanne on erityisesti syyskesällä, syksyllä ja talvella toinen eli lämpötila maan pinnalla on alhaisempi kuin ylempänä. Tällaisessa inversiotilanteessa myös tuulivoimalan säteilemä ääni kaartuu alaspäin ja voi olla maanpinnan lähellä olennaisesti voimakkaampaa kuin päiväsaikaan. Tuulivoimaloiden melu voidaan tällöin kokea erityisen häiritseväksi, koska se voi vaikeuttaa tuulivoimaloiden melulle altistuvien asukkaiden nukahtamista.

## 1.2 Vuoden 2021 ja kevään 2022 mittausten ja analyysien toteutus

Tämän tutkimushankkeen ensimmäisen vaiheen (= esitutkimuksen) toteutuksessa on selvitetty tuulivoimaloiden asuinrakennusten sisätiloihin yöaikana (klo 22.00 - 07.00) synnyttämän, erityisesti pienitaajuisen kuultavan äänen (melun) ja infraäänen voimakkuutta. Tuulivoimaloiden synnyttämää melua on tallennettu ja analysoitu muutamissa esimerkkirakennuksissa, joissa on koettu meluhaittaa. Mittausmetodiikka ja mittausdatan analyysimetodiikkaa on kehitetty ja esimerkkirakennusten kuuluvan äänen ja infraäänen mittaustulokset on analysoitu A-painotettuina kokonaistasoina, lineaarisina terssikaistatasoina ja infraääniä esimerkinomaisesti myös kapeakaista-analyyseina.

Tuulivoimamelutallennuksia on tehty Huittisten Pahkionvuoren, Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäen, Luhangan Latamäen, Jämijärven Ratiperän sekä Salon Märynummen ja Siikajoen Vartinoja I tuulivoima-alueiden läheisissä asuinrakennuksissa.

Tässä raportissa on kuvattu neljän ensin mainitun tuulivoima-alueen aiheuttaman melun analyyseja. Kahden viimeksi mainitun tuulivoima-alueen melutallenteet eivät täyttäneet sisätilojen melumittauksille asetettuja vaatimuksia, joten ne on jätetty kokonaan analysoimatta.

## 1.3 Tutkimushankkeen ensimmäisen vaiheen toteuttajat

Tutkimushankkeen ensimmäisen vaiheen toteuttajat ovat DI Hannu Nykänen (eläkkeellä oleva entinen VTT:n johtava tutkija) ja DI Denis Siponen (Suomen Akustiikkasuunnittelu).

Tutkimushankkeen ensimmäisen vaiheen toteutukseen on omalla panostuksellaan osallistunut merkittävästi myös Hannu Heinonen. Hän on toiminut yhteistyölinkkinä Avohoidon Tutkimussäätiön ja tutkijoiden välillä ja vaikuttanut merkittävästi mittauskohteiden valintaan ja erityisesti Luhangan Latamäen tuulivoima-alueen saamiseen ensimmäisen vaiheen laitteiston kehittämisen ja testaamisen pitkäaikaismittauksiin.

# 2 Mittausjärjestelyt ja mittalaitteet

## 2.1 Mittausjärjestelyt

Tuulivoima-alueiden ympäristössä tehdyt mittaukset pyrittiin toteuttamaan siten, että ne täyttävät Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysasetuksessa asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista [6] ja Valviran laatimassa asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa [7] esitetyt vaatimukset tuulivoimamelumittauksille. Tuulivoimaloiden aiheuttaman melun ja infraäänen voimakkuutta on mitattu ja analysoitu asuinrakennusten sisätiloissa yöaikana.

Ulkomelumittaukset ovat olleet täydentäviä mittauksia, joilla varmistetaan, että sisätiloihin syntyvä melu on peräisin tuulivoimaloista, kuten Valviran soveltamisohjeistus [7] edellyttää. Tuulivoimamelun erityisominaisuuksia (kapeakaistaisuus, impulssimaisuus, merkityksellinen sykintä) ja tärinätasoja esimerkkikohteiksi valittujen asuinrakennusten sisätiloissa ei ole kuitenkaan TUVOTERRI-esitutkimusvaiheen puitteissa kyetty resurssien vähäisyyden vuoksi mittaamaan tai analysoimaan.

## 2.2 Mittausasetelmat

Ulkomelumittauksissa mitattiin sekä ääni (A-taajuuspainotettu kokonaisäänitaso), että säädataa (tuulen nopeus, tuulen suunta, lämpötila). Kaikissa mittauskohteissa ulkomittarit sijoitettiin kiinteistöjen pihojen reunaan lähimmän tuulivoimalan suuntaan ja mahdollisimman lähelle tuulivoimala-aluetta. Mittareiden sijoittelussa huomioitiin myös mahdollisten heijastusten minimointi. Mittauskorkeus oli 1.5 m.

Sisätilamittauksissa äänisignaalit tallennettiin kahden vierekkäin asetetun mikrofonin tuottamista signaaleista. Mikrofonit sijoitettiin asuntojen makuuhuoneisiin joko oikean tai kuvitteellisen sängyn tyynyn kohdalle, tyypillisen korkeuden ollessa 0,5 m sängystä, etäisyys sivuseinästä 1 m ja etäisyys päätyseinästä 0,4 m (kuvitteellisen tyynyn etäisyys seinästä). Toisen mikrofonin (infraäänimikrofoni) tuottamasta signaalista tallennettiin 0,1 - 200 Hz:n taajuusaluetta ja toisen mikrofonin signaalista 0,5 – 10 000 Hz:n taajuusaluetta. Kaikki mittaussignaalit tallannettiin 24 bitin resoluutiolla ja 24 kHz näytteenottotaajuudella jatkoanalyysejä varten. Tallennetuista mittausignaaleista määritettiin A-taajuuspainotetut kokonaisäänitasot, lineaariset terssikaistatasot ja lineaariset kapeakaista-analyysit erilaisille aikajaksoille (minuutti, tunti, ja yöaika 22 – 07).

## 2.3 Mittauslaitteisto

Mittauslaitteisto koostui seuraavista mittaus ja tallennuslaitteista:

- Ulkomelumittaus: Svantek SV307, sarjanumero 101038
- Sään mittaus: Maximet GMX-600, sarjanumero 20510015
- Sisämelumittaus:
  - Mikrofoni 1: G.R.A.S. 47AC, sarjanumero 291999 (tallennetun signaalin taajuusalue 0,1 – 200 Hz)
  - Mikrofoni 2: MG MK250, sarjanumero 20869 (tallennetun signaalin taajuusalue 0,5 – 10 000 Hz)
- Datakeräin: Data Translation DT9837A, sarjanumero 1F56F87
- Kalibraattori: Rion NC-74, sarjanumero 34857303, kalibrointiajankohta: 7.7.2020

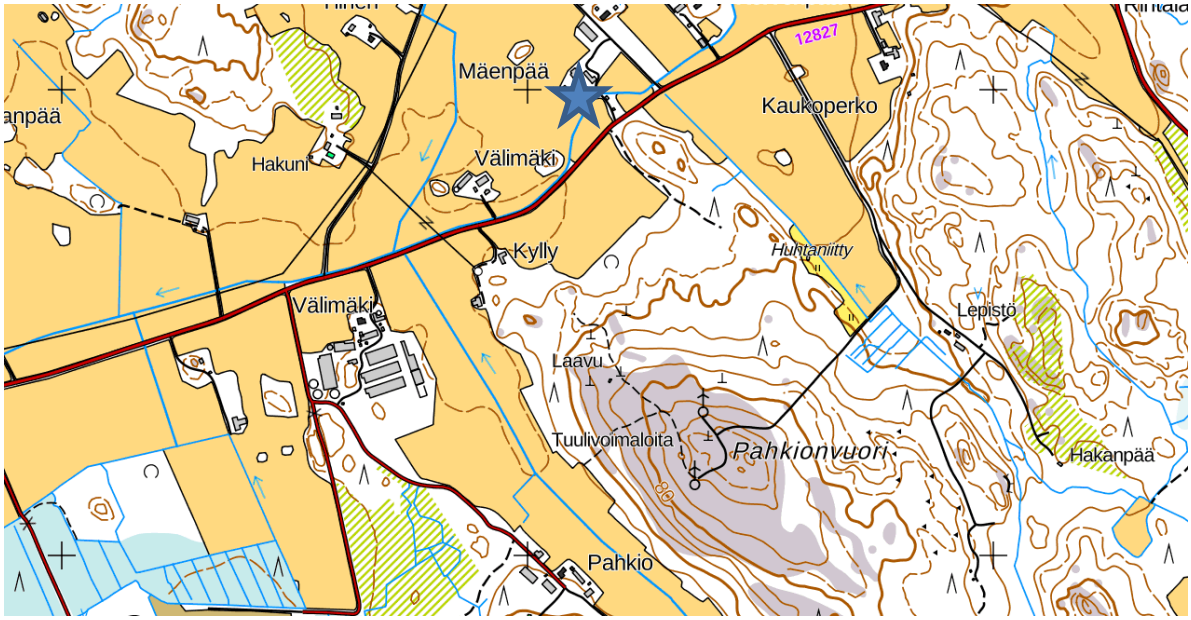
# 3 Tutkimushankkeen ensimmäisen vaiheen tuulivoima-aluekohtaiset tulokset

Tutkimushankkeen ensimmäisen vaiheen keskeisinä tuloksina esitetään eri tuulivoima-alueiden tuulivoimaloiden melulle altistuvissa kohteissa yöaikana esiintyneet ulko- ja sisämelun kuuluvan melun voimakkuuksien A-painotetut kokonaistasot, pienitaajuisen melun ja infraäänen sisätiloihin synnyttämät lineaariset tasot ja analyysit terssikaistoittain (viimeksi mainittua ei Ratiperän tuulivoima-alueen osalta) sekä esimerkinomaiset infraäänen kapeakaista-analyysit.

## 3.1 Huittisten Pahkionvuoren tuulivoima-alue

### 3.1.1 Tuulivoima-alueen kuvaus

Huittisten Pahkionvuoren tuulivoima-alue muodostuu kahdesta Enercon E66 tuulivoimalasta, joiden napakorkeus on 80 m ja roottorin halkaisija 70 m (kuva 1). Tuulivoimaloiden tornien välinen etäisyys on 157 m ja lähimmän voimalan tornin etäisyys mittauspisteestä Mäenpää (merkitty sinisellä tähdellä kuvaan 1) 712 m.




*Kuva 1. Huittisten Pahkionvuoren tuulivoima-alue. Kaksi Enercon E66 tuulivoimalaa, joiden napakorkeus on 80 m ja roottorin halkaisija 70 m. Tuulivoimaloiden tornien välinen etäisyys on 157 m ja lähemmän voimalan (Pahkio 1) tornin etäisyys mittauspisteestä Mäenpää (sininen tähti) 712 m.*

Pahimpien meluhaittojen on todettu esiintyvän mittauspisteessä Mäenpää (sininen tähti, luoteeseen tuulivoima-alueesta) tuulen suunnan ollessa kaakosta (välillä itä - etelä). Kun voimaloiden Pahkio 1 (lähempänä mittauskohdetta) ja Pahkio 2 tornien välinen etäisyys on vain 2,2 kertaa roottorin halkaisija, on selvää, että erityisesti kaakon puoleisella tuulella toimiessaan Pahkio 1 voimala toimii Pahkio 2 voimalan jättöpyörteessä aiheuttaen melumallinnuksessa ennakoitua olennaisesti voimakkaamman pienitaajuisen melun ja voimakkaan infraäänikomponentin sinisellä tähdellä merkittyyn melulle altistuvaan asuinrakennukseen Mäenpää.

### 3.1.2 Yöaikaiset A-painotetut kokonaistasot ja lineaariset terssikaista-analyysit

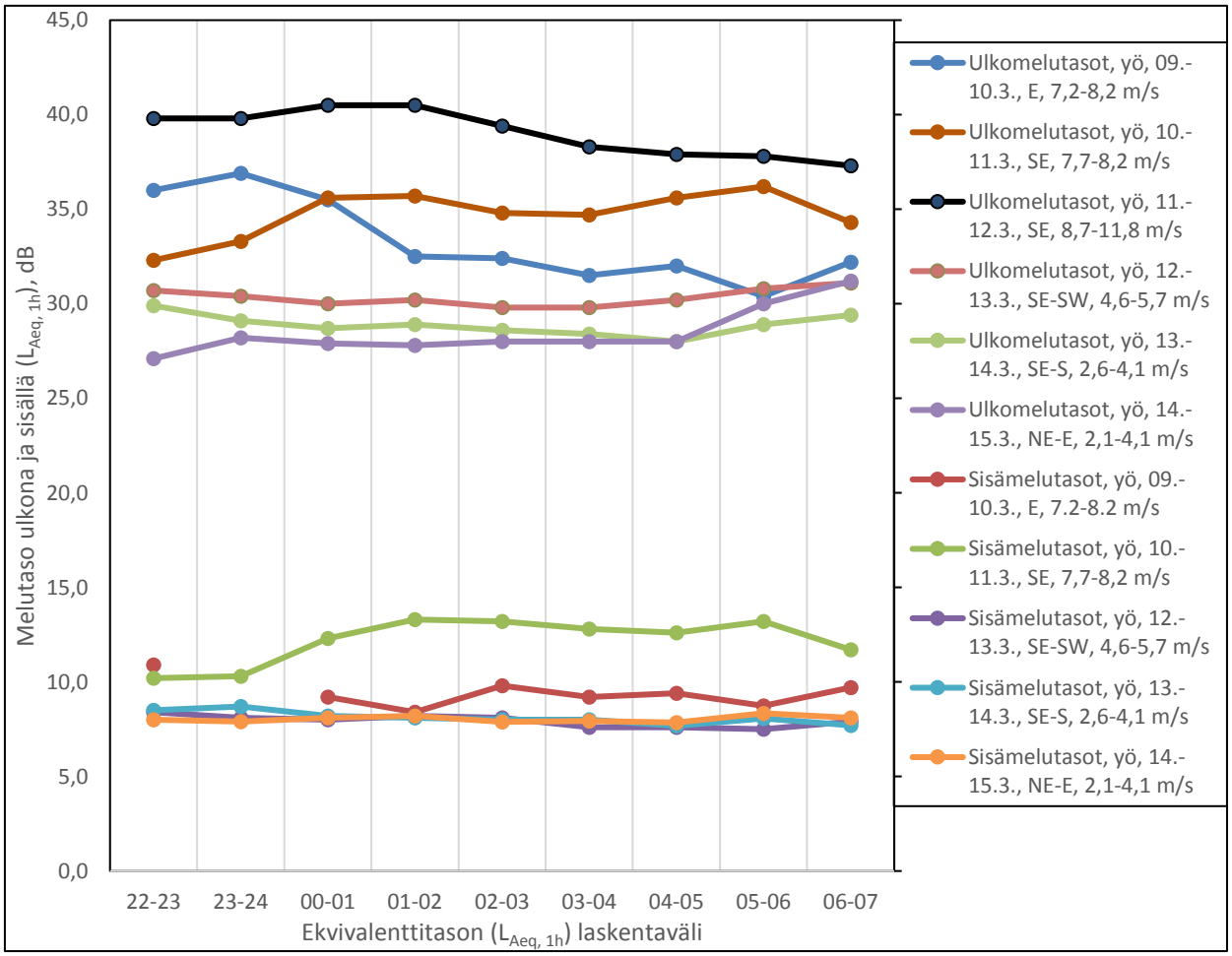
TUVOTERRI-projektin Huittisten Pahkionvuoren yöaikaiset ulko- ja sisämelumittaukset kuvan 1 mittasupisteessä Mäenpää tehtiin vuoden 2021 maaliskuun alkupuolella (9.-15.3.) ja

näiden mittausten tuntikohtaiset tulokset on esitetty liitteessä 1. Yöaikaisten melumittausten yleistulokset on esitetty taulukossa 1 ja kuvassa 2.

*Taulukko 1. Huittisten Pahkionvuoren tuulivoima-alueen melumittausten yöaikaiset A-painotetut ekvivalenttitasot mittausjaksolta 9.-15.3.2021. Ulko- ja sisämelutasot sekä ennakoitu tuulensuuntaväli (TS, englanninkieliset suunnat) ja tuulennopeusväli (TN) 100 m:n korkeudella Windy tuulisuusohjelmalla ennakoituna.*

| **Mittaus-yö n:o** | **Pvm** | **Tunti-väli** | **$L_{Aeq,22-07}$ (dB)** (ulkomelu) | **Sisämelun %-osuus** [1] | **$L_{Aeq,22-07}$ (dB)** (sisämelu) | **TS** | **TN** (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 09.-10.3. | 22-07 | **33,8** | 36,1 | **9,3** | E | 7,2-8,2 |
| **2** | 10.-11.3. | 22-07 | **34,9** | 44,8 | **12,2** | SE | 7,7-8,2 |
| **3** | 11.-12.3. | 22-07 | **39,2** | 0,0 | - | SE | 8,7-11,8 |
| **4** | 12.-13.3. | 22-07 | **30,4** | 60,7 | **7,9** | SE-SW | 4,6-5,7 |
| **5** | 13.-14.3. | 22-07 | **28,9** | 81,5 | **8,1** | SE-S | 2,6-4,1 |
| **6** | 14.-15.3. | 22-07 | **28,7** | 52,6 | **8,0** | NE-E | 2,1-4,1 |

[1] Sisämelumittauksessa analyysikelpoisen meludatan prosenttiosuus.

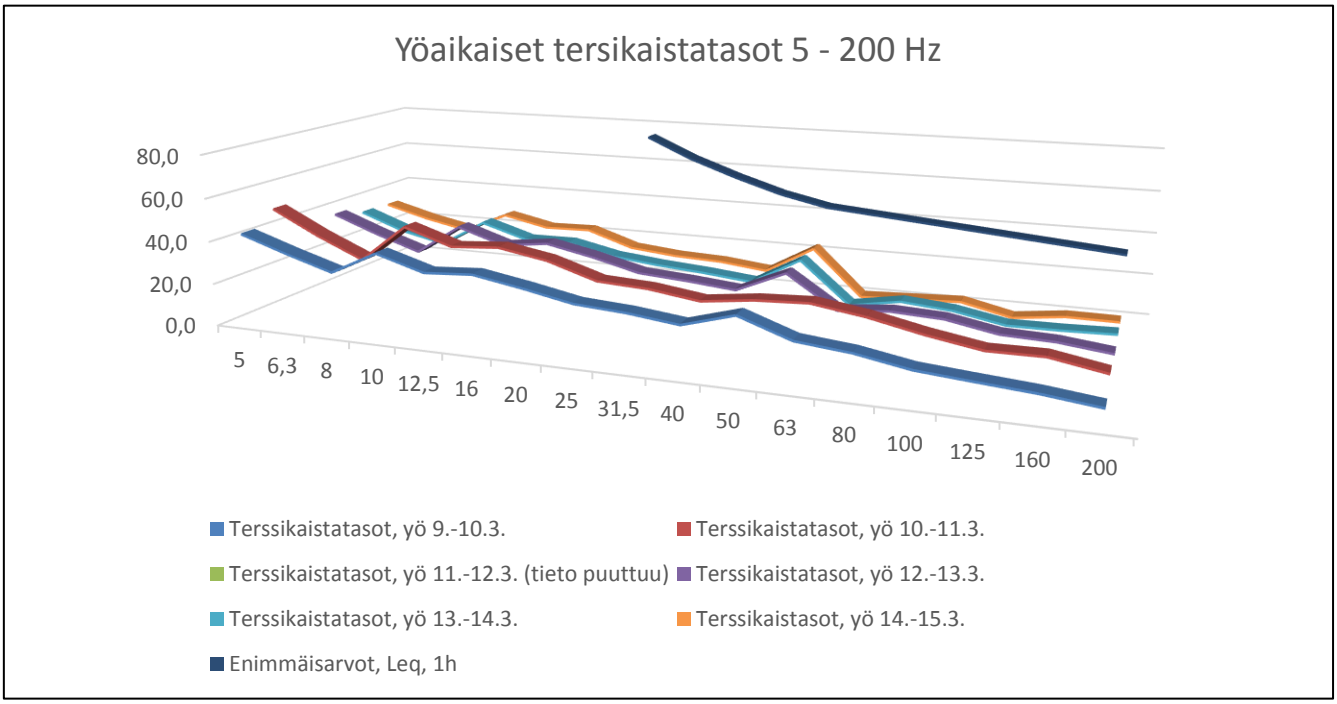



*Kuva 2. Huittisten Pahkionvuoren tuulivoima-alueen yöaikaiset tuntikohtaiset A-painotetut ulko- ja sisämelutasot mittauspisteessä Mäenpää koko mittausjakson 9.–15.3.2021 ajalta .*

Ennakoitu tuulensuunta on ollut mittausyön 1 (9.-10.3.) idästä (E) ja mittausyöt 2 ja 3 (10.-11.3. ja 11.-12.3.) kaakosta (SE). Tuulen voimakkuus on näinä öinä ollut myös kohtalainen, joten yöt 10.-12.3. täyttävät melumittauksille asetettavat vaatimukset. Erityisesti yön 11.-12.3. aikana tuulen nopeus on ollut varsin suuri (ennakoitu nopeus 8,7 – 11,8 metriä sekunnissa 100 m:n korkeudella) ja mitatut ulkomelutasot aamuyön tunteihin asti lähellä tai yli 40 dB(A), joten tämä yöjakso olisi todennäköisesti edustanut myös sisämelun osalta pahinta koko mittausjaksolla esiintynyttä melutilannetta. Sisämelun tallenteita ei tältä jaksolta voitu kuitenkaan analysoida voimakkaan tuulen rakennukseen aiheuttaman häiriön takia.

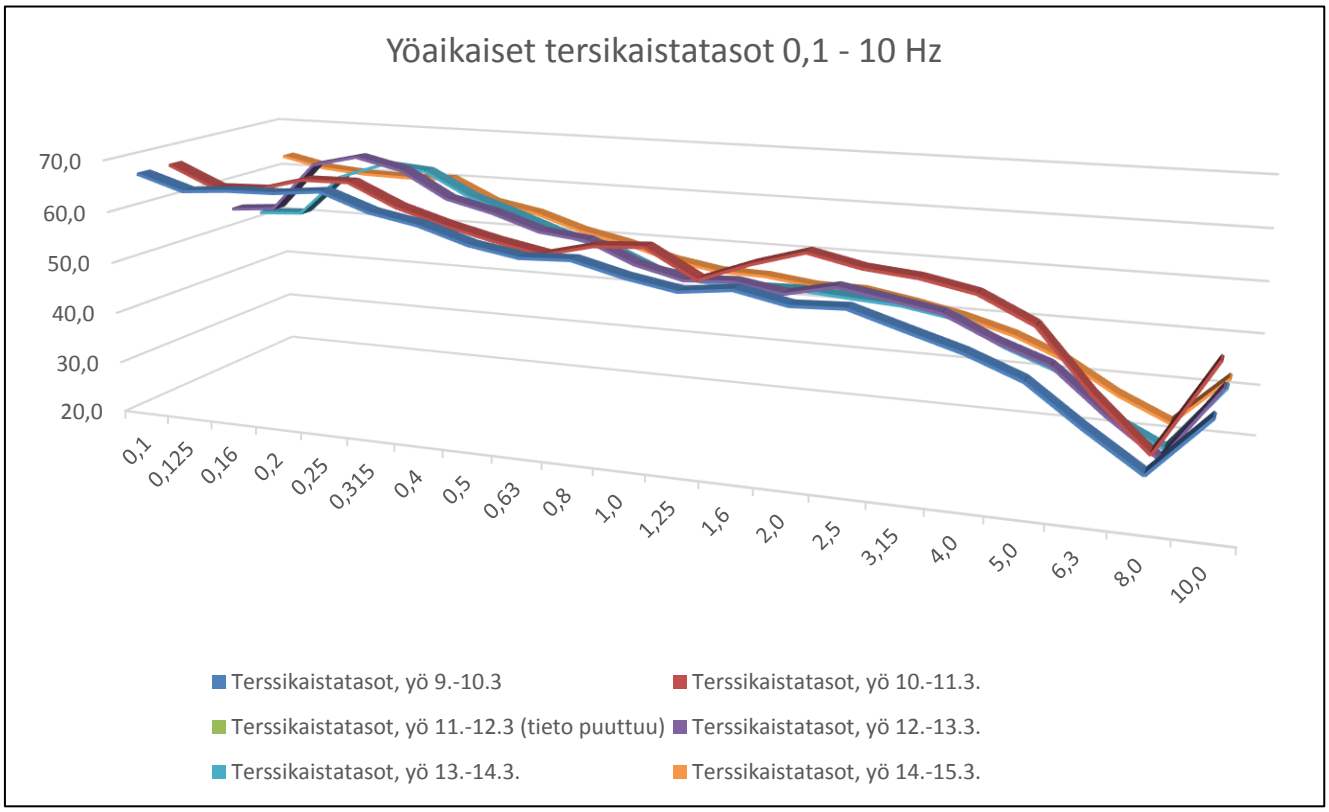
Lähes vastaava tuulisuustilanne esiintyi myös edellisenä yönä (10.-11.3.), mutta tuulen nopeuden ollessa hieman alhaisempi, myös sisämelutasojen analyysi oli mahdollinen. Sisämelutasot ovat kuitenkin hyvin alhaiset, yöaikainen kokonaistaso välillä 22 – 07 vain 12,2 dB(A) ja tunnin A-painotetut ekvivalenttitasot, $L_{Aeq,1h}$) vain 10,2 – 13,3 dB(A) koko yön ulkomelutason ollessa niinkin korkea kuin 34,9 dB(A) ja tuntikohtaisten ulkomelutasojen ollessa 32,3 – 36,2 dB(A) (Kuva 2 ja Liite 1).

Kun tarkastellaan yöaikaisia sisämelun tasoja terssikaistoittain, voidaan todeta taajuusalueen 20 – 200 Hz enimmäisarvojen alittuvan jokaisena mittausyönä (Kuva 3).

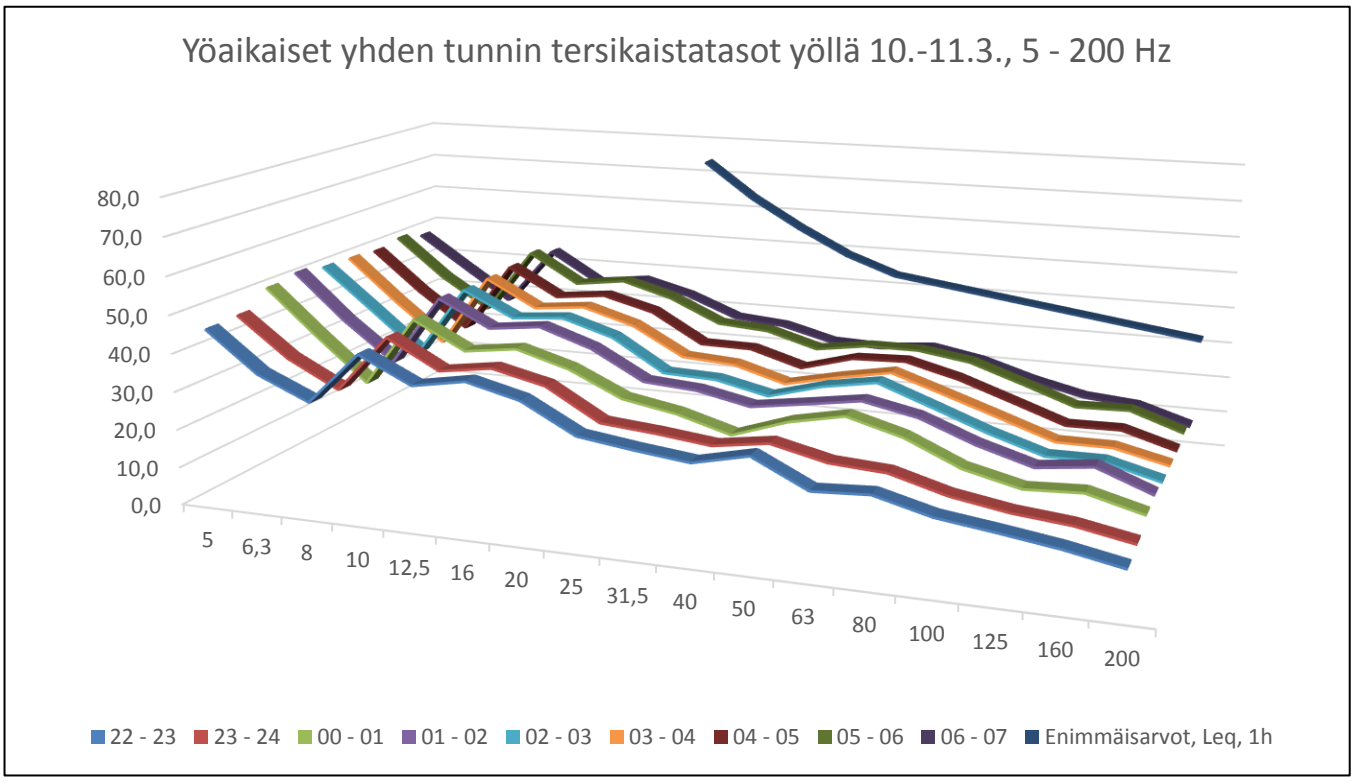



*Kuva 3. Huittisten Pahkionvuoren tuulivoima-alueen yöaikaisten sisämelumittausten terssikaistatasot taajuusalueella 5 – 200 Hz mittausjaksolta 9.-15.3.2021.*

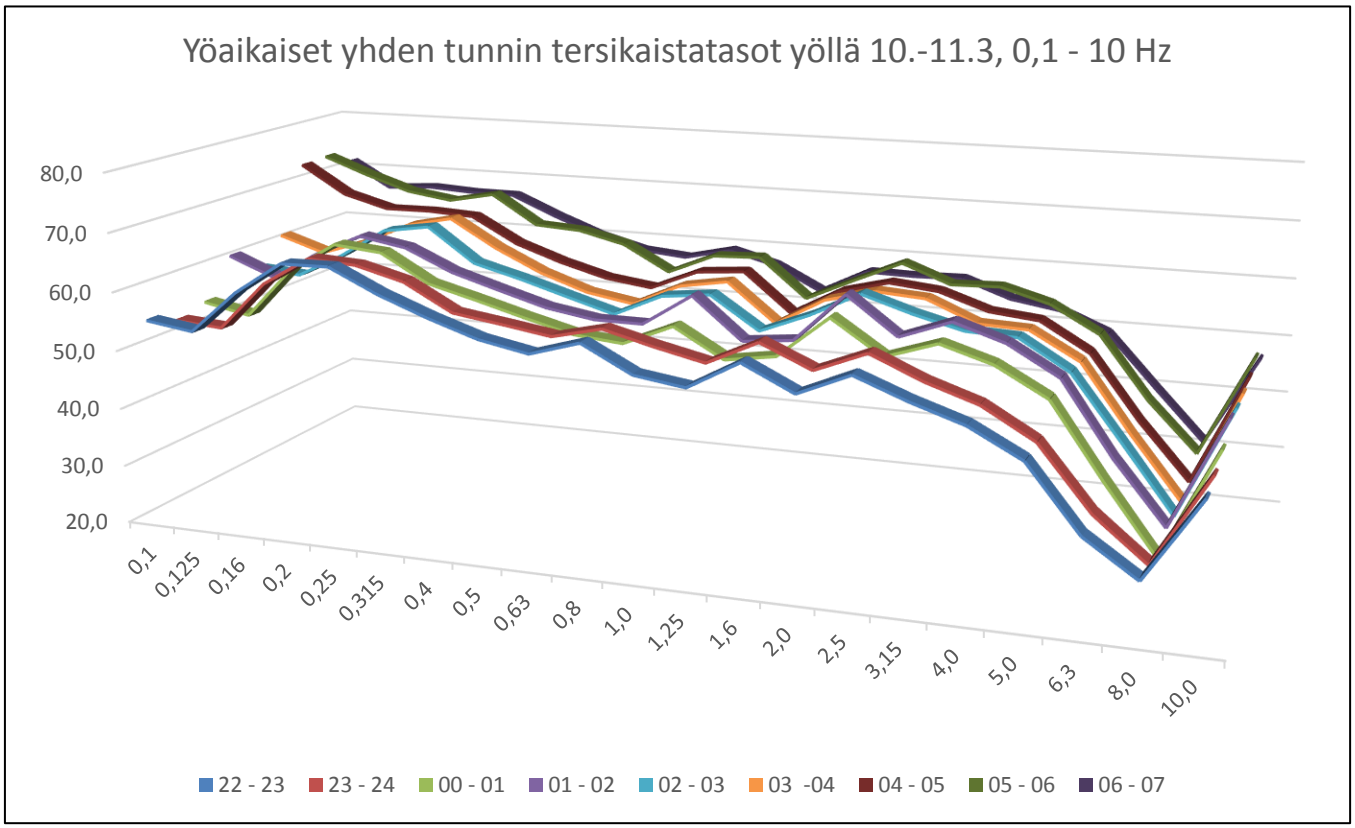
Kuvassa 3 on koko mittausjakson yöajan terssikastitasot taajuusalueella 5 – 200 Hz ja kuvassa 4 vastaavat tasot taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Kuvan 3 perusteella on kuitenkin mahdotonta arvioida tuulivoimaloiden sisätiloihin synnyttämän melun häiritseviä tai haitallisia vaikutuksia, koska koko yön ajalta tehty logaritminen keskiarvoistus poistaa melun häiritsevyyteen mahdollisesti vaikuttavat yksityiskohdat. Myöskään kuvan 4 hyvin pieniin taajuuksin (0,1 – 10 Hz) ulottuva lineaarinen terssikaista-analyysi ei logaritmisen kesiarvotuksen takia paljasta kovin olennaisia yksityiskohtia yöaikaisen infraäänen vaihtelusta, vaikka pienimmillä taajuuksilla eri öiden tasoissa joitain eroja onkin.




*Kuva 4. Huittisten Pahkionvuoren tuulivoima-alueen yöaikaisten sisämelumittausten terssikaistatasot taajuusalueella 0,1 – 10 Hz mittausjaksolta 9.-15.3.2021.*



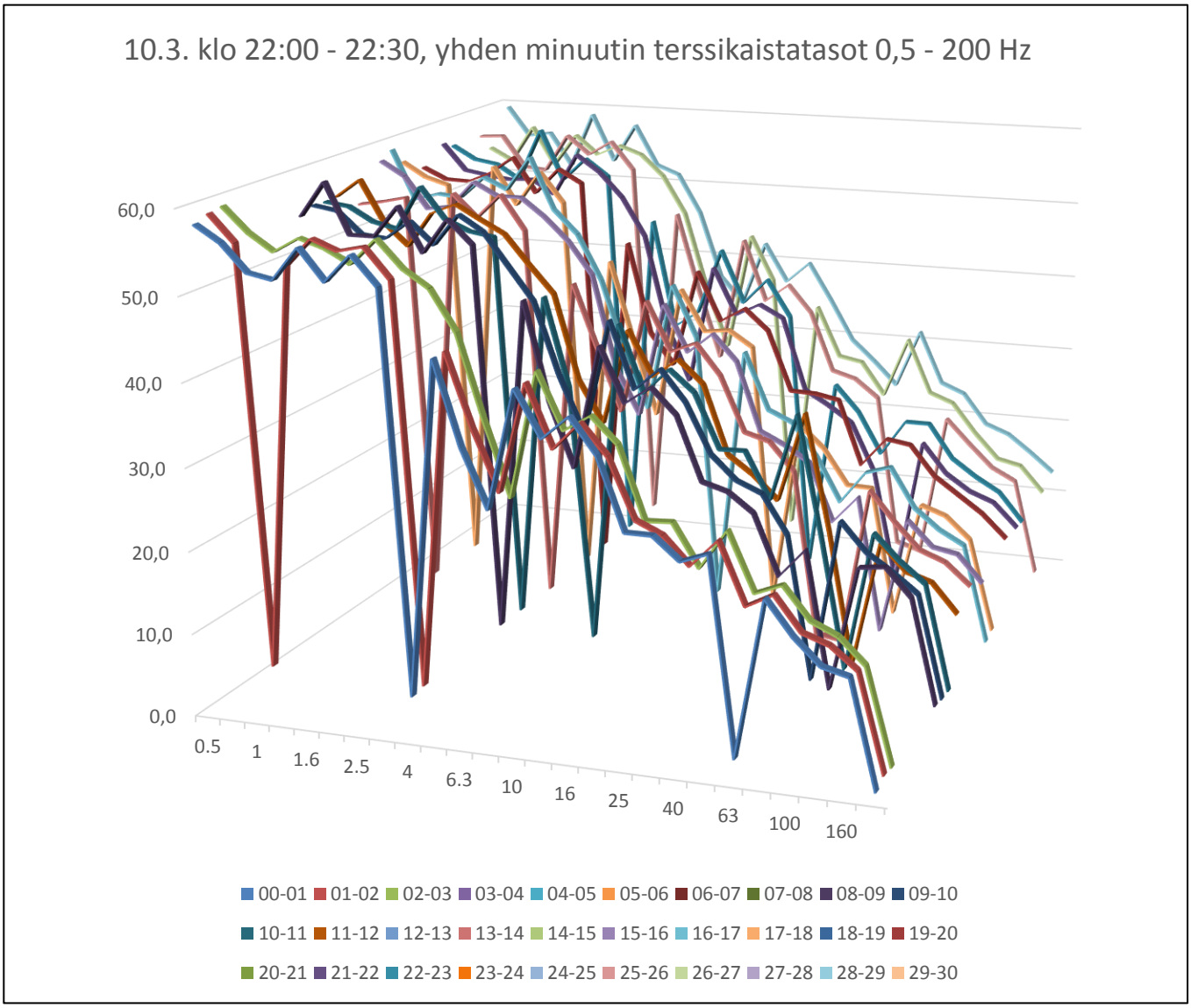

*Kuva 5. Huittisten Pahkionvuoren tuulivoima-alueen yöajan 10.-11.3.2021 sisämelumittausten tuntikohtaiset terssikaistatasot taajuusalueella 5 – 200 Hz.*




*Kuva 6. Huittisten Pahkionvuoren tuulivoima-alueen yöajan 10.-11.3.2021 sisämelumittausten tuntikohtaiset terssikaistatasot taajuusalueella 0,1 – 10 Hz.*

Kuvissa 5 ja 6 on esimerkinomaisesti kuvattu korkeimman analysoidun sisämelutason yön 10.-11.3.2021 tuntikohtaiset terssikaistatasot taajuusalueella 5 – 200 Hz (kuva 5) ja taajuusalueella 0,1 – 10 Hz (kuva 6). Kuten kuvista voidaan havaita, myös tuntikohtaiset terssikaistatasot yhden yön ajalta ovat varsin samankaltaisia. Näin tosin voisi olettaakin, kun ennakoitu tuulen suunta ja tuulen nopeus eivät 100 m:n korkeudella vaihdelleet kovin paljon. Erityisesti 5 Hz:n terssikaistaa suuremmilla terssikaistoilla tasot ovat koko yön olleet lähes samanlaisia. Eniten vaihtelua terssikaistatasoissa on hyvin pienillä taajuuksilla (alle 0,2 Hz), jossa iltayön ja aamuyön tuntien välillä on lähes 20 dB:n tasoero.

Olennaista tietoa tuulivoimamelun häiritsevyydestä saadaan, kun tarkastellaan melun lyhytaikaista vaihtelua. Kuvassa 7 on esitetty toisen mittausyön mittausten ensimmäisen puolen tunnin (22:00 – 22:30) ajalta tehtyjä minuutin jaksojen terssikaista-analyyseja. Kuten kuvasta voidaan havaita, kunkin minuutin ajalta tehty terssikaista-analyysi osoittaa erittäin huomattavaa vaihtelua terssikaistatasoissa. Vierekkäisten terssikaistojen välillä voi olla lähes 50 dB:n ero.

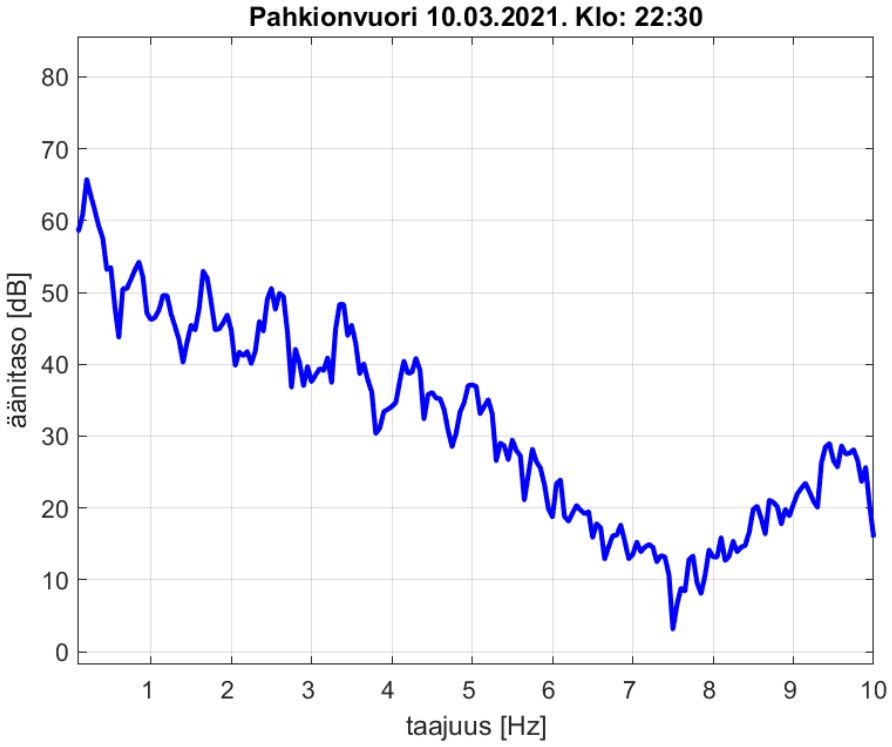



*Kuva 7. Huittisten Pahkionvuoren tuulivoima-alueen yöajan 10.-11.3.2021 melumittausten ensimmäisen puolen tunnin (22:00 – 22:30) minuuttikohtaiset terssikaistatasot taajuusalueella 0,5 – 200 Hz.*

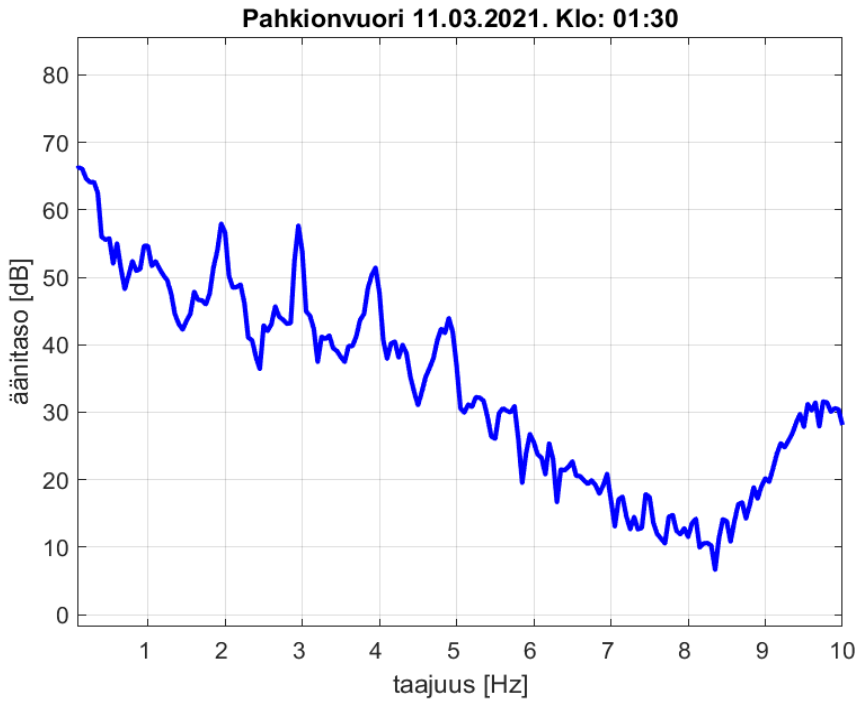
Menemättä tässä yhteydessä syvemmälle tuulivoimamelun lyhyen aikavälin todellisiin ominaisuuksiin, voidaan kuitenkin todeta, että tuulivoimalamelun todellista häiritsevyyttä arvioitaessa on ilmeistä, että edes asumisterveysasetuksen [6] ja sen soveltamisohjeen [7] mukaiset yhden tunnin lineaariset yöaikaiset terssikaistatasot taajuusalueella 20 – 200 Hz eivät kuvaa tuulivoimamelun todellista häiritsevyyttä oikein. Kuten kuvasta 7 voidaan päätellä, tuulivoimamelun todellista häiritsevyyttä arvioitaessa melun vaihtelua tulisi tarkastella olennaisesti lyhyemmältä kuin tunnin pituiselta jaksolta.

### 3.1.3 Infraäänen kapeakaista-analyysit

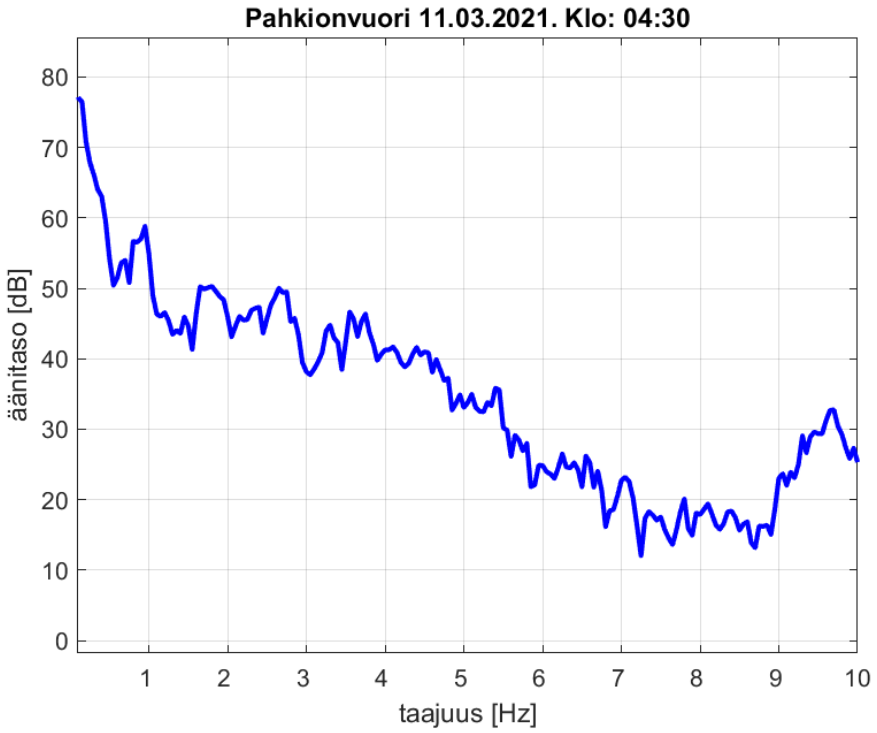
Kun tarkastellaan tuulivoimaloiden mittauskohteen sisätiloihin synnyttämää infraääntä taajuusalueella 0 – 10 Hz kapeakaista-analyysina, saadaan kuvan 7 terssikaistaesitystä selvemmin esiin voimaloiden synnyttämän lapataajuisen ja lapataajuuden harmonisten komponenttien esiintyminen. Kuvissa 8 - 10 on esitetty yhden minuutin ajalta 22:30 – 22:31, 01:30 – 01:31 ja 04:30 – 04:31 kapeakaista-analyysi vastaten likimain kuvan 6 vastaavia tuntikohtaisia terssikaista-analyyseja.




*Kuva 8. Huittisten Pahkionvuoren tuulivoima-alueen yöajan 10.-11.3.2021 klo 22:30 – 22:31 sisämelun infraäänen kapeakaistainen esimerkkikuva taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Tuuli kaakosta 6,4 m/s (Windy 100 m).*




*Kuva 9. Huittisten Pahkionvuoren tuulivoima-alueen yöajan 10.-11.3.2021 klo 01:30 – 01:31 sisämelun infraäänen kapeakaistainen esimerkkikuva taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Tuuli kaakosta 7,1 m/s (Windy 100 m).*




*Kuva 10. Huittisten Pahkionvuoren tuulivoima-alueen yöajan 10.-11.3.2021 klo 04:30 – 04:31 sisämelun infraäänen kapeakaistainen esimerkkikuva taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Tuuli kaakosta 7,1 m/s (Windy 100 m).*

Kapeakaista-analyyseista on olennaisesti helpompi arvioida lapataajuisten infraäänikomponenttien esiintyminen verrattuna terssikaista-analyyseihin. Mielenkiintoista on myös kapeakaista-analyysin taajuusalueen alimman ”piikin” vertaaminen vastaavaan terssikaista-analyysin kuvan 6 alimpiin, alle 1 Hz:n taajuuksiin. Kapeakaista-analyysin alin ”piikki” ei ole tuulivoimalan lapataajuisen melun komponentti eikä ilmeisesti myöskään roottorin pyörimistaajuisen melun komponentti, vaan todennäköisimmin tuulen rakennukseen aiheuttama, hyvin pienitaajuinen melukomponentti. Kuvan 6 terssikaista-analyysissa alimmat taajuudet 0,25 … 0,315 Hz:iin asti eivät siten todennäköisesti myöskään edusta tuulivoimaloiden tuottamaa melua, vaan jo edellä mainittua tuulen rakennuksiin aiheuttamaa melua. Tämän voi päätellä vertaamalla kuvan 6 pienimpien taajuuksien tasoja kapeakaista-analyysien alimpaan ”piikkiin”, joka alkuyön tunteina (kuva 8) on olennaisesti matalampi verrattuna loppuyön tunteihin (kuva 10).

Kapeakaista-analyysit kertovat myös terssikaista-analyyseja huomattavasti selkeämmin tuulivoimalan lapataajuisen melun ja lapataajuisen melun harmonisten komponenttien esiintymisestä. Pahkionvuoren tapauksessa lapataajuinen komponentti (kolme kertaa roottorin pyörimistaajuus) on hieman alle 1 Hz eli roottori pyörähtää täyden kierroksen hieman yli kolmessa sekunnissa. Kuvan 8 tapauksessa lapataajuinen komponentti on voimakkain ja lapataajuuden harmoniset komponentit näkyvät selvästi viidenteen harmoniseen asti. Kuvan 9 tapauksessa lapataajuinen komponentti ei ole enää voimakkain, vaan ensimmäisen ja toisenkin harmonisen taso on korkeampi. Kuvan 10 tapauksessa lapataajuinen ja sen alimmat harmoniset erottuvat vielä, mutta ilmeisesti tuulen nopeuden vaihtelu saa aikaan epäsäännöllisyyttä harmonisten komponenttien syntyyn.

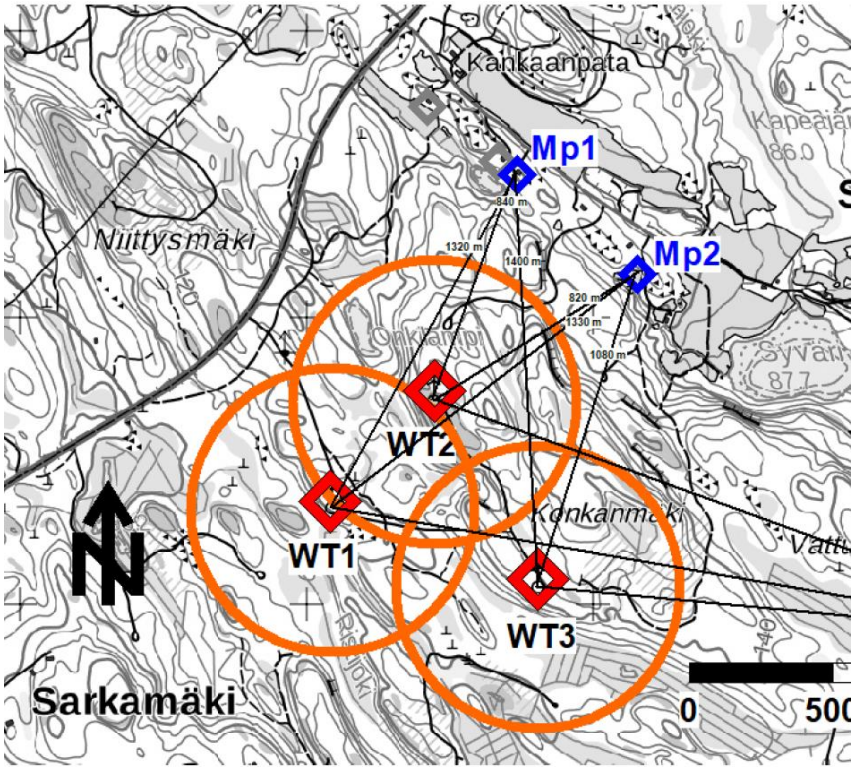
Lisäksi voidaan todeta, että tuulivoimamelun terssikaistainen tarkastelu voi antaa virheellisen kuvan lapataajuisen ja lapataajuuden harmonisten komponenttien tasoista ja tasoeroista sekä näiden harmonisten komponenttien välisillä taajuuksilla esiintyvästä pienitaajuisemmasta taustamelusta. Tämä ilmiö on todettu useissa tutkimuksissa ja siihen on kiinnitetty huomiota mm. erittäin

perusteellisessa australialaisessa tutkimuksessa [8], saksalaisten lääkäreiden ilmiön lääketieteellisiä vaikutuksia pohtivassa artikkelissa [9] ja viimeksi kansainvälisenä yhteistyönä toteutetussa tuulivoimaloiden infraääntä käsittelevässä artikkelissa [10].

Huittisten Pahkionvuoren tuulivoimaloiden on aiemmissa Pöyry Finland Oy:n tekemissä ulkomelumittauksissa [11] todettu synnyttävän myös amplitudimoduloitunutta ääntä, mutta tässä tutkimushankkeen ensimmäisen vaiheen raportissa esitettävät tulokset eivät resurssien vähyyden ja aikatason analyysimenetelmien puuttumisen takia sisällä tuulivoimaloiden erikoispiirteiden analyyseja.

## 3.2 Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alue

### 3.2.1 Tuulivoima-alueen kuvaus




*Kuva 10. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alue. Kolme Vestas V126-3,45 MW tuulivoimalaa, joiden napakorkeus on 147 m ja roottorin halkaisija 126 m. Tuulivoimaloiden WT1 ja WT2 tornien välinen etäisyys on 515 m ja lähimmän voimalan tornin etäisyys mittauspisteestä Mp1 noin 860 m ja mittauspisteestä Mp2 (SWECO) noin 810 m [12].*

Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alue muodostuu kolmesta Vestas V126-3,45 MW tuulivoimalasta, joiden napakorkeus on 147 m ja roottorin halkaisija 126 m (kuva 10). Tuulivoimaloiden WT1 ja WT2 tornien välinen etäisyys on 515 m ja lähimmän voimalan tornin etäisyys tässä raportissa kuvattujen mittausten mittauspisteestä (Mp1) noin 860 m. Näiden mittausten kanssa osittain samaan aikaan on tehty ulkomelumittauksia kuvan 10 mittauspisteessä Mp2 Sweco Denmark A/S:n toimesta [12] ja joiltain osin mittaustuloksia on tässä raportissa verrattu keskenään.

Pahimpien meluhaittojen on todettu esiintyvän mittauspisteissä MP1 ja MP2 tuulen suunnan ollessa lounaasta (välillä etelä – länsi). Kun voimaloiden WT1 ja WT2 tornien välinen etäisyys on vain 4,1 kertaa roottorin halkaisija, on selvää, että erityisesti tässä tuulensuunnassa toimiessaan WT2 voimala toimii WT1 voimalan jättöpyörteessä aiheuttaen melumallinnuk-

sessa ennakoitua olennaisesti voimakkaamman pienitaajuisen melun ja voimakkaan infraäänikomponentin melulle altistuvien rakennusten MP1 ja MP2 ja samalla suunnalla olevien muiden rakennusten sisätiloihin.

### 3.2.2 Yöaikaiset A-painotetut kokonaistasot ja lineaariset terssikaista-analyysit

TUVOTERRI-projektin yöaikaiset ulko- ja sisämelumittaukset kuvan 10 mittasupisteessä Mp1 tehtiin vuoden 2021 maaliskuun loppupuolella (22.-30.3.2021) ja näiden mittausten tuntikohtaiset tulokset on esitetty liitteessä 2. Yöaikaisten melumittausten yleistulokset on esitetty taulukossa 2 ja kuvassa 11. Kuten taulukosta 2 ja kuvasta 11 voidaan havaita, ulkomelumittauksissa on ollut runsaasti häiriöitä, eikä yöaikaisia tuloksia ole yhdeltäkään kokonaiselta yöltä (yksittäisten tuntien mittaustuloksia puuttuu jokaiselta yöltä) ja puolelta öistä ulkomelun mittaustulokset puuttuvat kokonaan.

*Taulukko 2. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen melumittausten yöaikaiset A-painotetut ekvivalenttitasot mittausjaksolta 22.-30.3.2021. Ulko- ja sisämelutasot sekä ennakoitu tuulensuuntaväli (TS, englanninkieliset suunnat) ja tuulennopeusväli (TN) 100 m:n korkeudella Windy tuulisuusohjelmalla ennakoituna.*

| **Mittaus-yö n:o** | **Pvm** | **Tunti-väli** | **$L_{Aeq,22\text{-}07}$ (dB)** (ulkomelu) | **Sisämelun %-osuus** [1] | **$L_{Aeq,22\text{-}07}$ (dB)** (sisämelu) | **TS** | **TN** (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 22.-23.3. | 22-07 | **39,4** | 46,7 | **12,4** | SW-NW | 3,6-6,7 |
| **2** [2] | 23.-24.3. | 22-07 | - | 58,3 | **14,3** | SW-W | 8,2-8,7 |
| **3** | 24.-25.3. | 22-07 | - | 48,3 | **14,9** | SW-W | 6,7-8,7 |
| **4** [2] | 25.-26.3. | 22-07 | **29,7** | 70,9 | **13,4** | SW | 5,1 |
| **5** | 26.-27.3. | 22-07 | - | 67,8 | **14,1** | S-SW | 5,1 |
| **6** | 27.-28.3. | 22-07 | **33,2** | 62,2 | **12,9** | S | 5,1-6,7 |
| **7** | 28.-29.3. | 22-07 | **37,9** | 53,3 | **16,4** | S | 5,7-8,7 |
| **8** | 29.-30.3. | 22-07 | - | 17,2 | **17,5** | S-W | 8,2-11,8 |

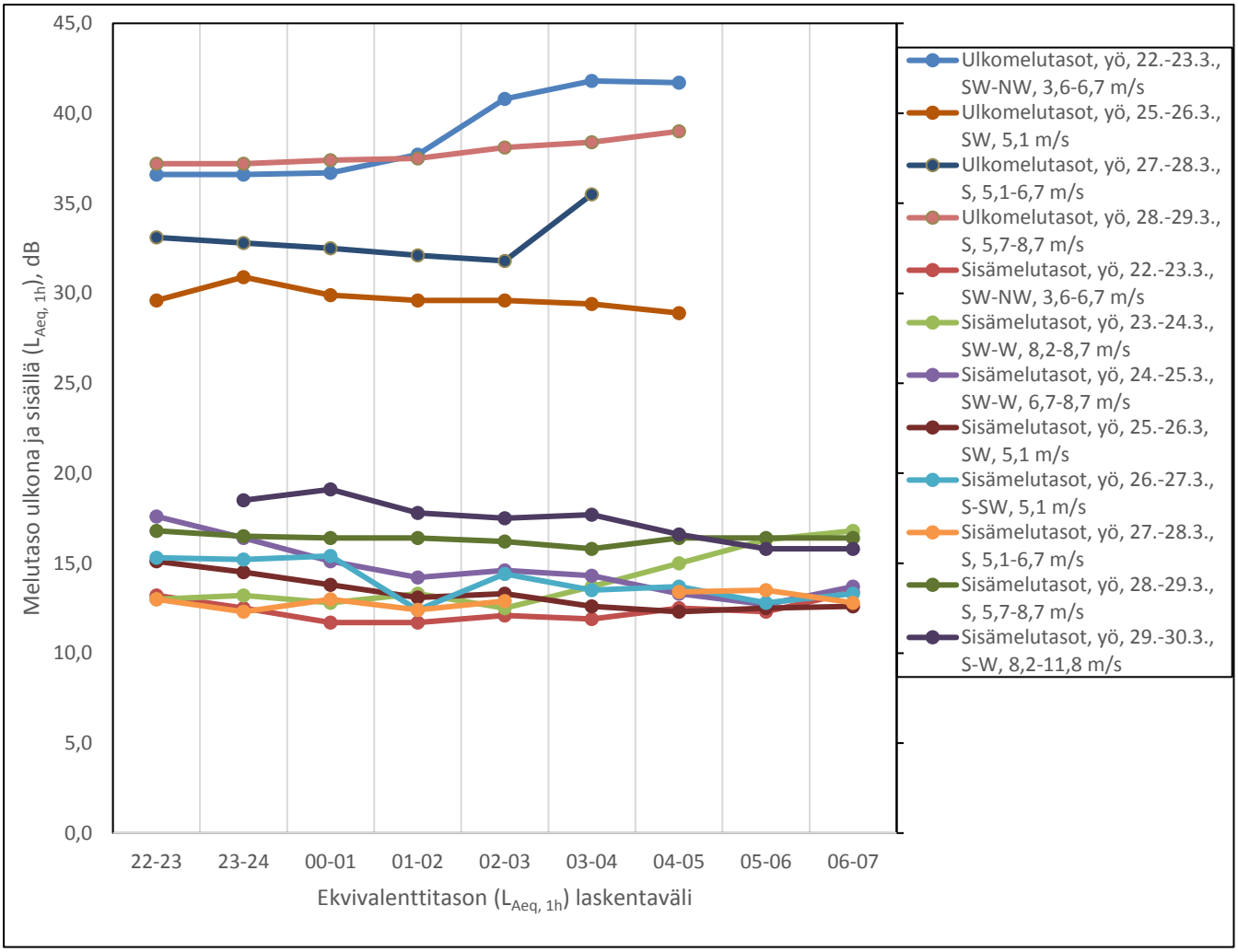
[1] Sisämelumittauksessa analyysikelpoisen meludatan prosenttiosuus.

[2] SWECOn mittausjaksot klo 22-04. Mittausyönä 2 (23.-24.3.) voimalat pysähdyksissä klo 00:15-01:15 ja 02:15-03:15 ja mittausyönä 4 (25.-26.3.) voimalat pysähdyksissä klo 23-24 ja 01-04 SWECOn taustamelumittauksen aikana. Jälkimmäisenä SWECO-mittausten yönä voimalat todennäköisesti pysähdyksissä myös 04-07.

Ennakoitu tuulensuunta on ollut lounaasta (SW) aamuyön tunteina 23.3. (03-07) ja 24.3. (02-07), ilta- ja puolenyön tunteina 24.-25.3. (22-02), koko mittausyön 25.-26.3. ja lisäksi 26.-27.3. välisenä yönä useita tunteja samoin kuin viimeisenä mittausyönä 29.-30.3. aamuyön ensimmäisinä tunteina. Ennakoitu tuulen voimakkuus on ollut kohtalainen (6,7 – 8,2 metriä sekunnissa 100 m:n korkeudella) öiden 23.3. ja 25.3. välillä ja vaikka tuulen suunta on vaihdellut lounaan (SW) ja lännen (W) välillä nämä kaksi yötä täyttävät parhaiten melumittauksille asetettavat vaatimukset. Valitettavasti tältä ajanjaksolta ei ole ulkomelumittauksen tuloksia käytettävissä.

Kun tarkastellaan sisämelumittausten tuloksia Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen mittauskohteessa, voidaan yleisesti ottaen todeta, että sisämelutasot ovat melko alhaiset, yöaikainen kokonaistasot välillä 22 – 07 vain 12,4 – 17,5 dB(A) (taulukko 2) ja tunnin A-painotetut ekvivalenttitasot, $L_{Aeq,1h}$) 11,7 – 19,1 dB(A) (kuva 11 ja liite 2). Kuten jo edellä todettiin, ulkomelutasojen mittauksia on vain puolelta öistä, tasojen ollessa näiden öiden osalta varsin

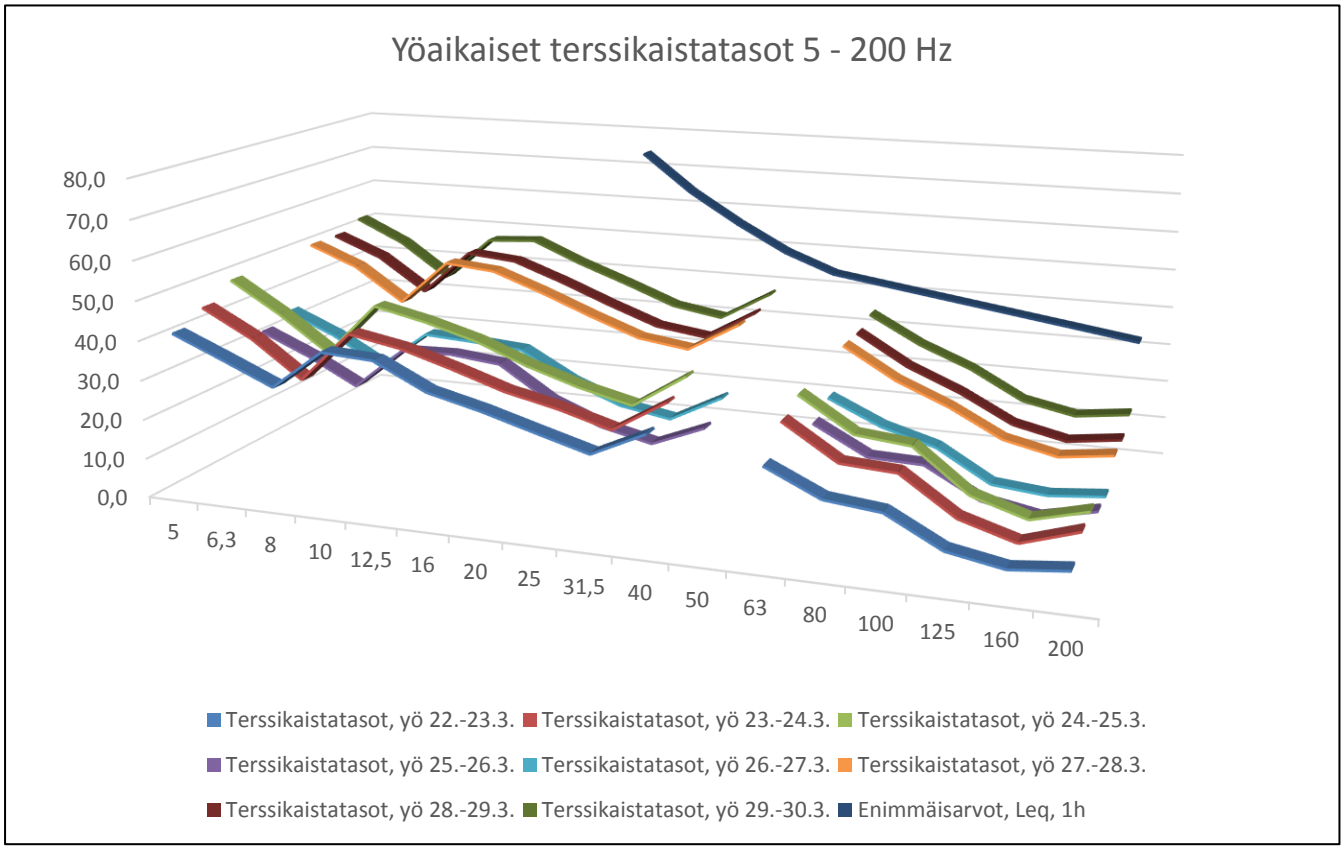
korkeita niinä öinä, jolloin tuulivoimalat ovat olleet käynnissä (33,2 – 39,4 dB(A) koko yöaikainen taso) ja olennaisesti alhaisempi yönä (25.-26.3.) jolloin voimalat ovat olleet lähes koko yön pysähdyksissä yöaikaisen tason ollessa tällöin vain 29,7 dB(A).



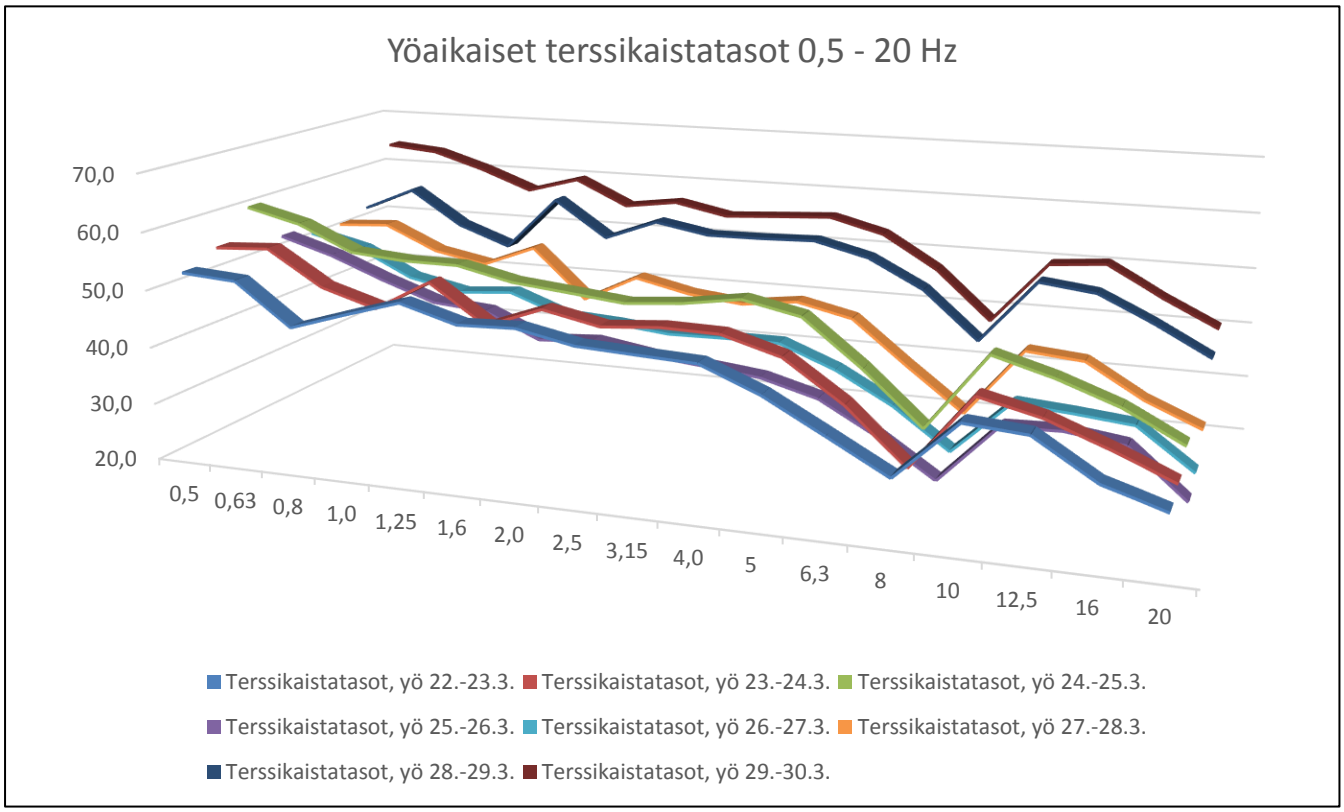

*Kuva 11. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen yöaikaiset tuntikohtaiset A-painotetut ulko- ja sisämelutasot mittauspisteessä MP1 koko mittausjakson 22.–30.3.2021 ajalta.*

Kun tarkastellaan yöaikaisia sisämelun tasoja terssikaistoittain (kuvassa 12 koko yöajan terssikaistatasot taajuusalueella 5 – 200 Hz ja kuvassa 13 vastaavat tasot taajuusalueella 0,5 – 20 Hz), voidaan todeta enimmäisarvojen alittuvan jokaisena mittausyönä. Tässä yhteydessä on tosin huomattava, että mittaustuloksista puuttuvat kokonaan 50 Hz:n terssikaistan tulokset, koska tällä terssikaistalla esiintyi voimakasta häiriööääntä, joka ei mitä ilmeisemmin ollut peräisin tuulivoimaloiden synnyttämästä melusta. Myöskään kuvan 13 pieniin taajuuksin (0,5 – 20 Hz) ulottuva lineaarinen terssikaista-analyysi ei logaritmisen kesiarvotuksen takia paljasta kovin olennaisia yksityiskohtia, vaikka pienimmillä taajuuksilla eri öiden tasoissa joitain eroja onkin.

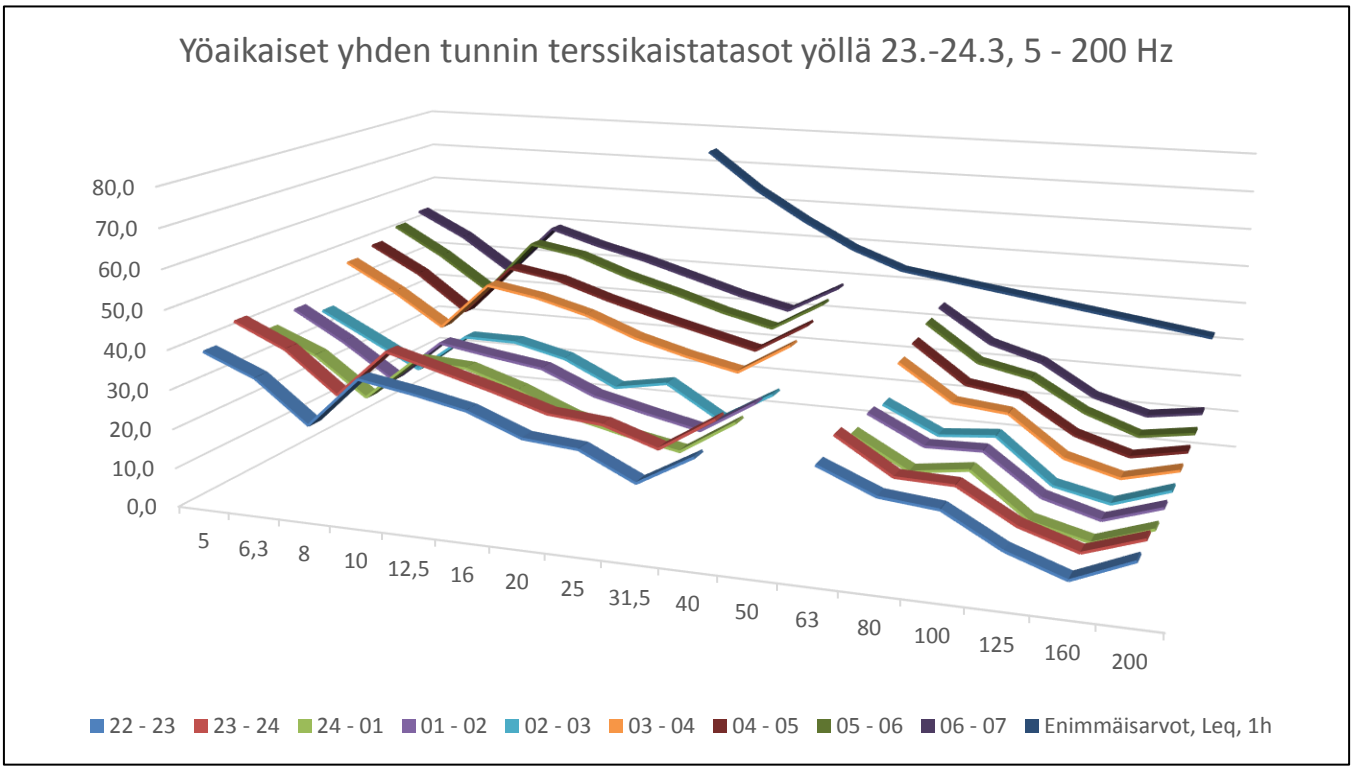
Kuvissa 14 ja 15 on esimerkinomaisesti kuvattu hyvin vaihtelevan sisämelutason yön 23.-24.3.2021 tuntikohtaiset terssipainetasot taajuusalueella 5 – 200 Hz (kuva 14) ja taajuusalueella 0,5 – 20 Hz (kuva 15). Kuten kuvista voidaan havaita, myös tuntikohtaiset terssikaistatasot yhden yön ajalta ovat varsin samankaltaisia huolimatta hyvin vaihtelevista sisämelun A-painotetuista tuntikohtaisista tasoista (12,5 – 16,8 dB(A)). Tähän ajanjaksoon sisältyvät myös SWECOn mittausten taustamelutasojen mittaukset (klo 00.15 – 01.15 ja 02.15 – 03.15), jolloin voimalat ovat olleet pysähdyksissä.



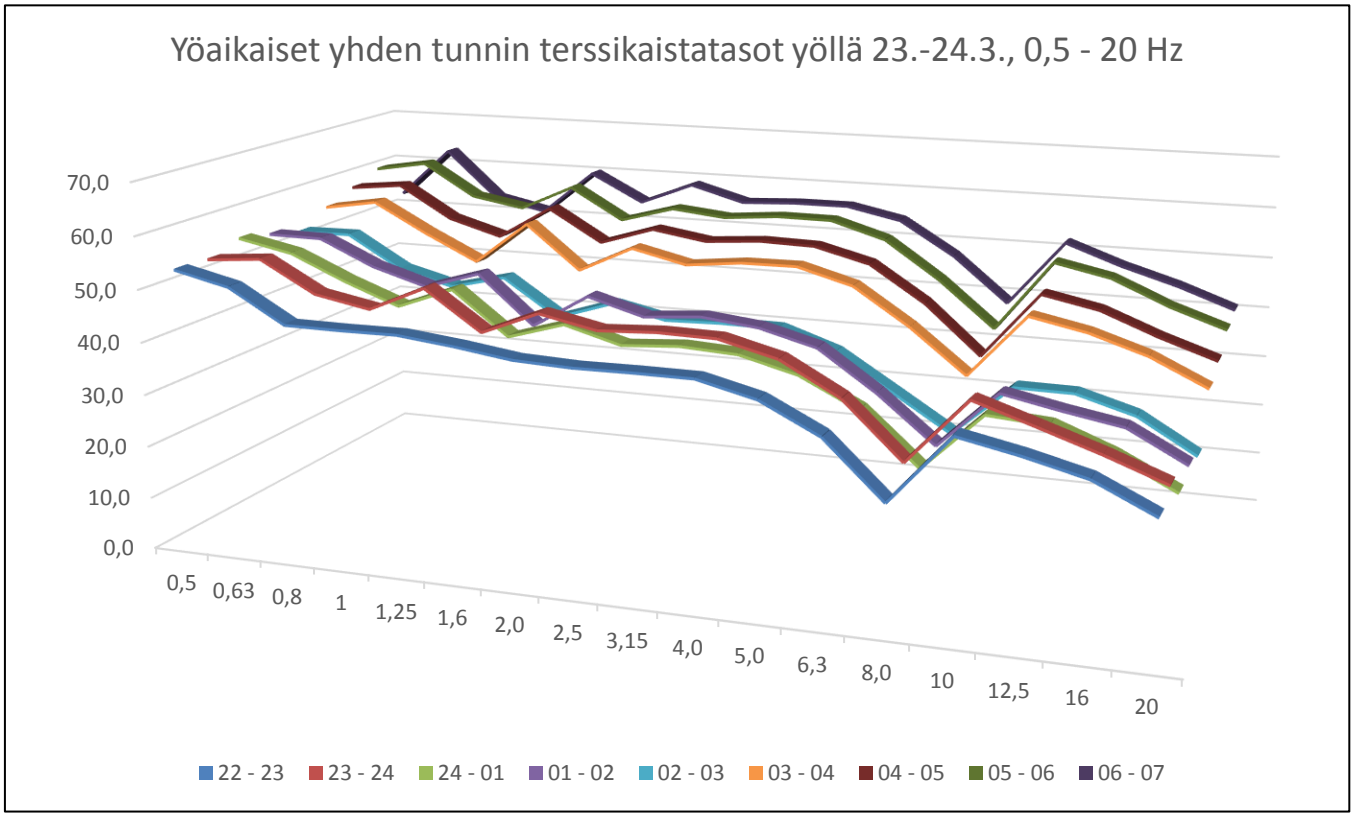

*Kuva 12. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen yöaikaisten sisämelumittausten terssikaistatasot taajuusalueella 5 – 200 Hz mittausjaksolta 22.-30.3.2021.*




*Kuva 13. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen yöaikaisten sisämelumittausten terssikaistatasot taajuusalueella 0,5 – 20 Hz mittausjaksolta 22.-30.3.2021.*



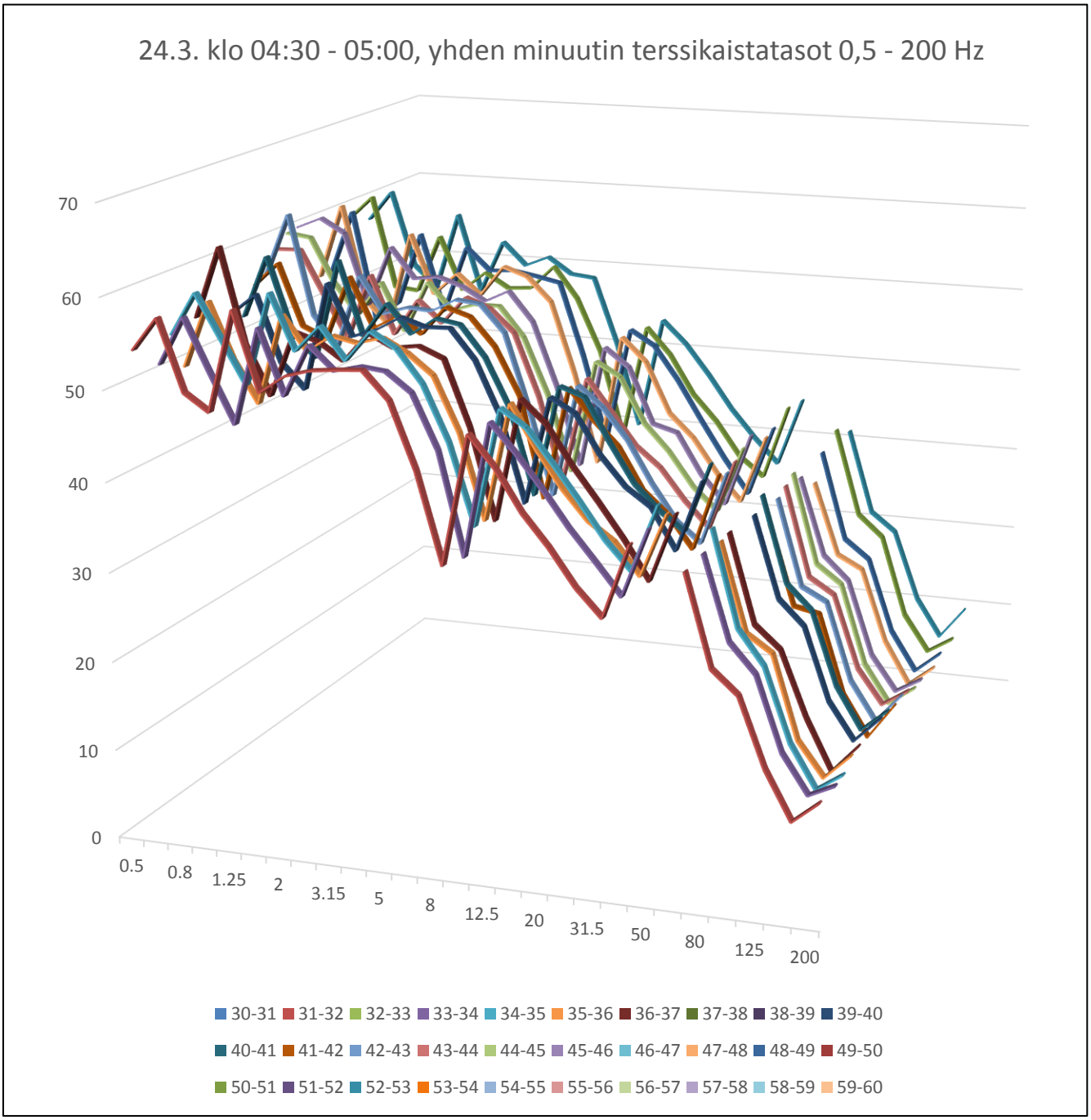

*Kuva 14. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen yöajan 23.-24.3.2021 melumittausten tuntikohtaiset terssikaistatasot taajuusalueella 5 – 200 Hz.*




*Kuva 15. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen yöajan 23.-24.3.2021 melumittausten tuntikohtaiset terssikaistatasot taajuusalueella 0,5 – 20 Hz.*

Kuvassa 16 on esitetty toisen mittausyön mittausten puolen tunnin (04:30 – 05:00) ajalta tehtyjä minuutin jaksojen terssikaista-analyyseja. Kuten kuvasta voidaan havaita (toisin kuin Huittisten

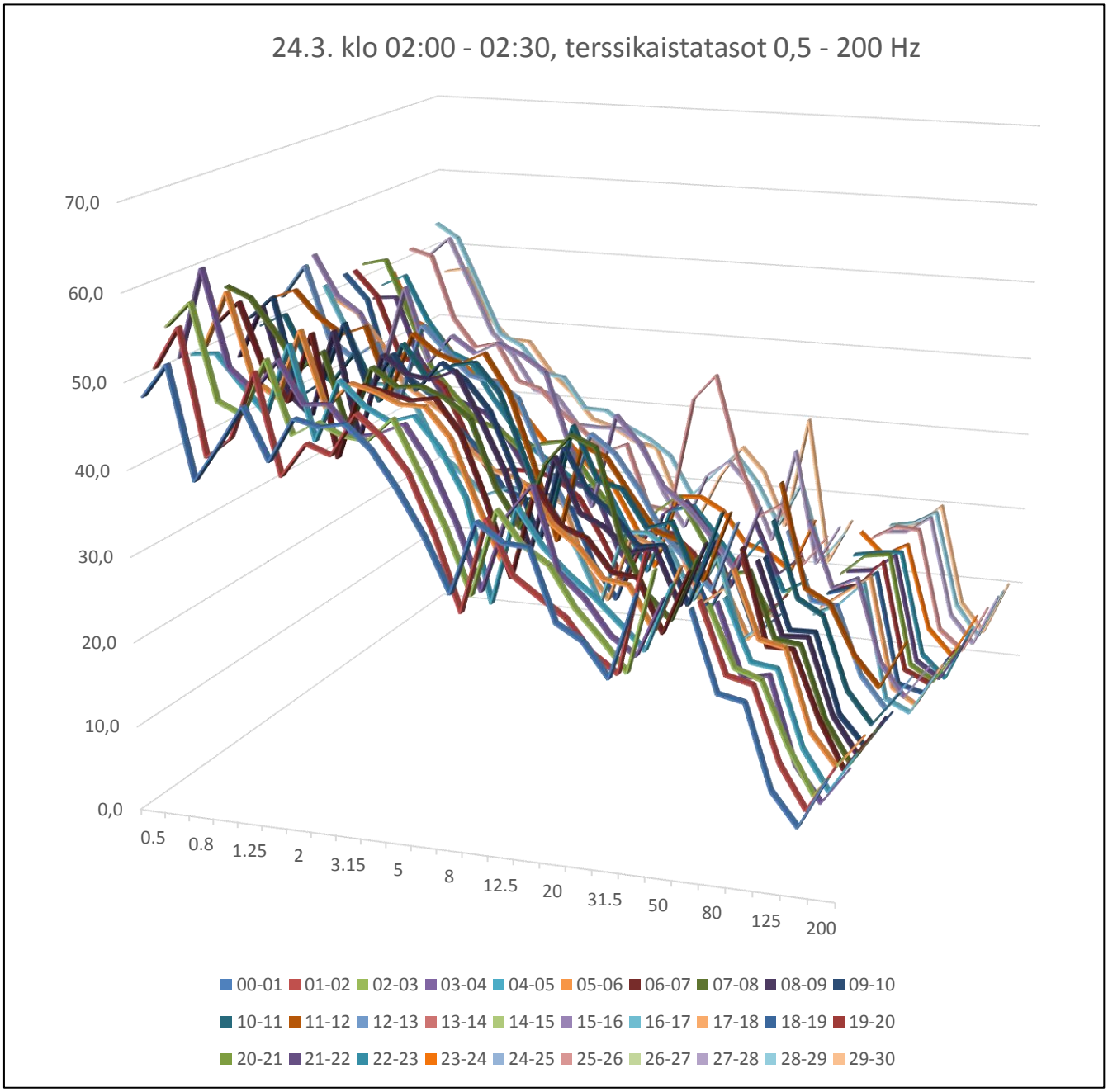
Pahkionvuoren mittauksissa) kunkin minuutin ajalta tehtyjen terssikaistojen muoto on erityisesti 2 … 2,5 Hz:n taajuuksia suuremmilla taajuuksilla melkoisen samanlainen. Vain pienimmillä taajuuksilla on enemmän vaihtelua yksittäisten minuuttien terssikaistatasojen välillä. Tarkempi analyysi mahdollisten lapataajuisten ja lapataajuuden harmonisten komponenttien esiintymisestä edellyttää kapeakaista-analyysia.




*Kuva 16. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen yöajan 23.-24.3.2021 melumittausten jakson 04:30 – 05:00 minuuttikohtaiset terssikaistatasot taajuusalueella 0,5 – 200 Hz.*

Kuten edellä on jo todettu, Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueella on tässä raportissa kuvattujen mittausten aikana tehty myös ulkomelumittauksia kuvassa 10 näkyvässä Mp2:ssa SWECOn toimesta. Näiden mittausjaksojen ajalta on raportoitu myös ulkomelutasoja voimaloiden ollessa pysähdyksissä taustamelutasojen toteamiseksi.

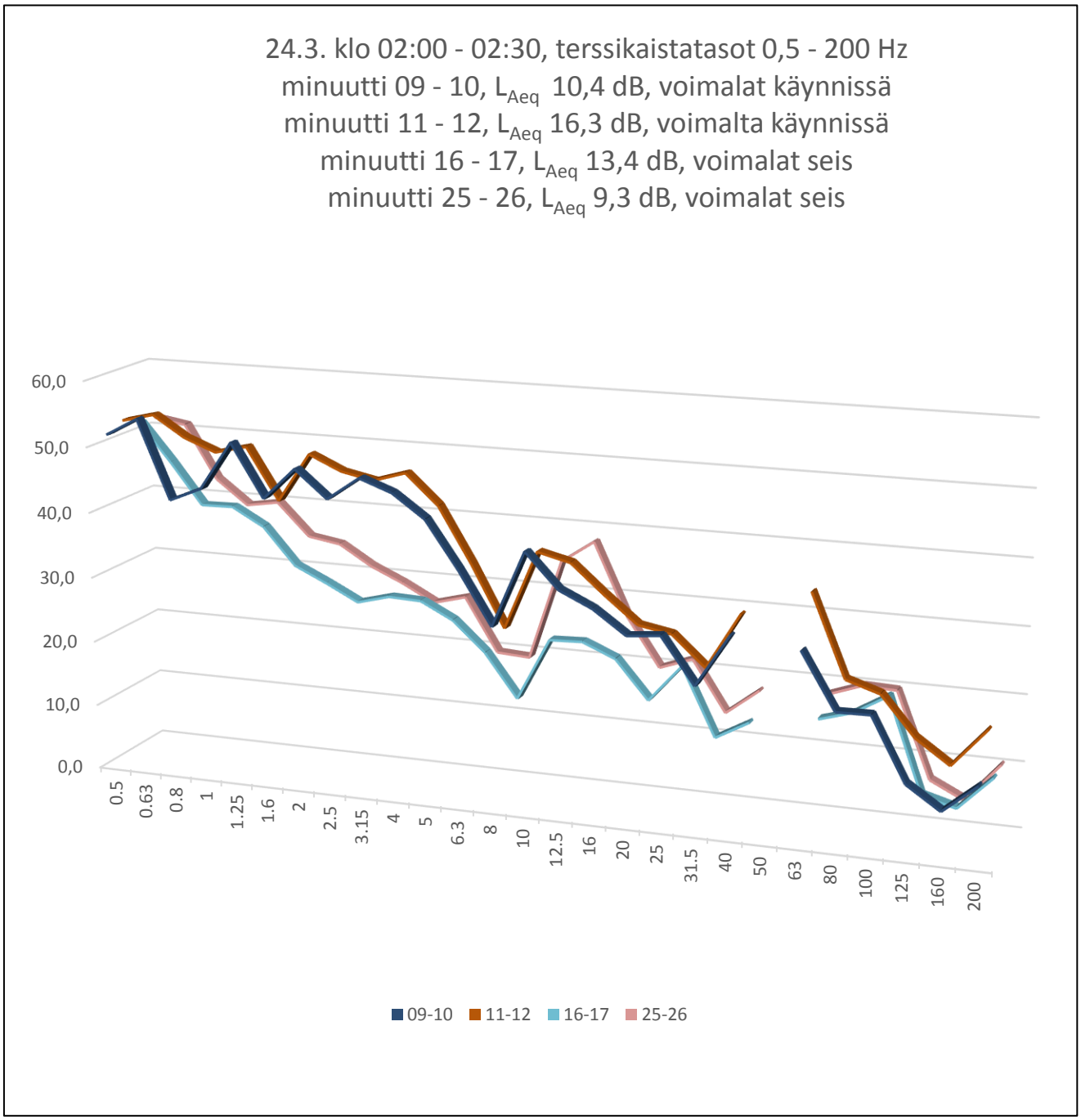
Kun muutama SWECOn taustamelutasojen mittaus on tehty samaan aikaan tässä raportissa kuvattujen mittausten kanssa, on mahdollista analysoida myös voimaloiden pysähdyksen aikaisia tasoja sisätiloissa. Kuvassa 17 on esitetty yöllä 24.3. tehdyn mittausjakson 02:00 – 02:30 ajalta analysoidut yhden minuutin terssispektrit. Mittausjakson minuutit 00 – 16 voimalat ovat olleet käynnissä ja minuutit 16 – 30 voimalat ovat olleet pysähdyksissä.




*Kuva 17. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen yöajan 23.-24.3.2021 melumittausten jakson 02:00 – 02:30 minuuttikohtaiset terssikaistatasot taajuusalueella 0,5 – 200 Hz. Aikavalin 02:00 – 02:16 voimalat ovat olleet käynnissä ja aikavälin 02:16 – 02:30 pysähdyksissä.*

Kuvan 17 tulkintaa hankaloittaa terssispektrien päällekkäisyys, joten käynnissä ja pysähdyksissä olevien tuulivoimaloiden terssispektreistä on otettu esimerkit kuvaan 18. Kuvassa 18 on esitetty kuvan 17 terssispektreistä ne, joissa A-painotettu ekvivalenttitaso on matalin ja korkein voima-

loiden ollessa käynnissä ja pysähdyksissä. Kuvan 18 tulkinta on olennaisesti helpompi kuin kuvan 17 ja voidaan todeta, että terssispektrien muoto poikkeaa olennaisesti tilanteessa, jossa voimalat ovat käynnissä tai pysähdyksissä. Sen sijaan A-painotettujen tasojen huomattavasta vaihtelusta huolimatta lineaariset terssispektrit ovat huomattavan samanmuotoiset, silloin kun voimalat ovat joko käynnissä tai pysähdyksissä.



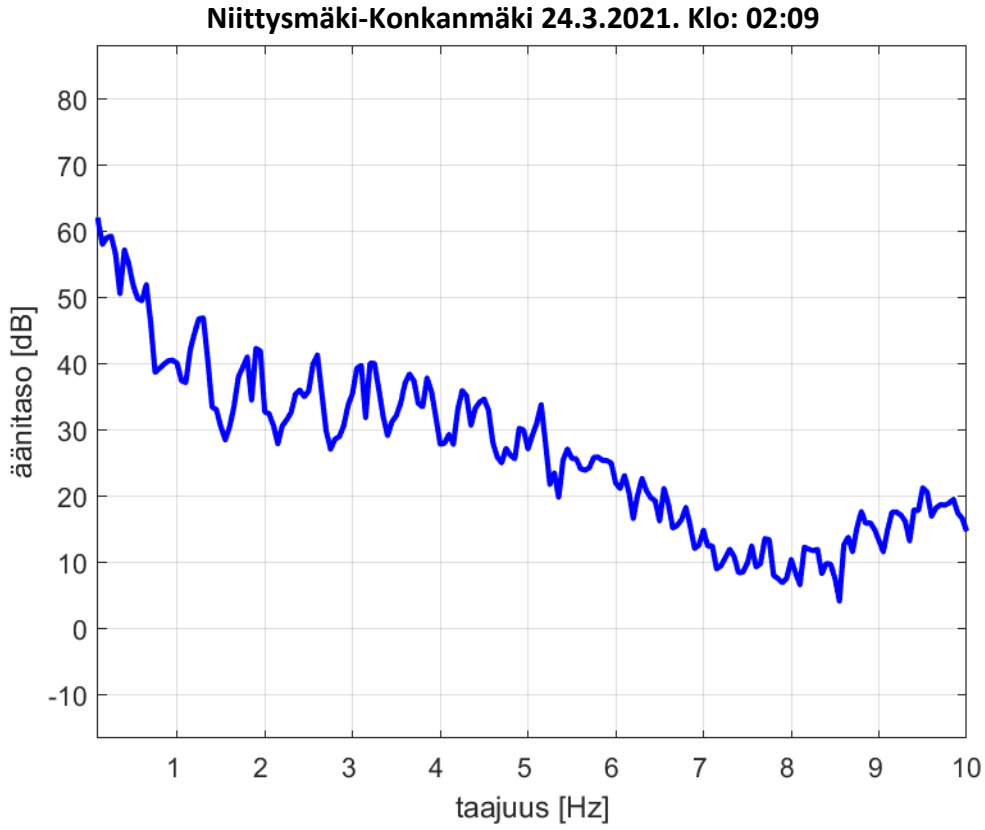

*Kuva 18. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen yöajan 23.-24.3.2021 melumittausten jakson 02:00 – 02:30 eräiden minuuttien minuuttikohtaiset terssikaistatasot taajuusalueella 0,5 – 200 Hz.*

Erityisesti taajuusalueen 0,8 – 8 Hz tasoissa on olennainen ero voimaloiden ollessa käynnissä tai pysähdyksissä. Tällä taajuusalueella esiintyy aiempien tuulivoimamelututkimusten mukaan selkeimmin tuulivoimamelun kapeakaistaspektreissä näkyvät lapataajuiset komponentit ja on lähes

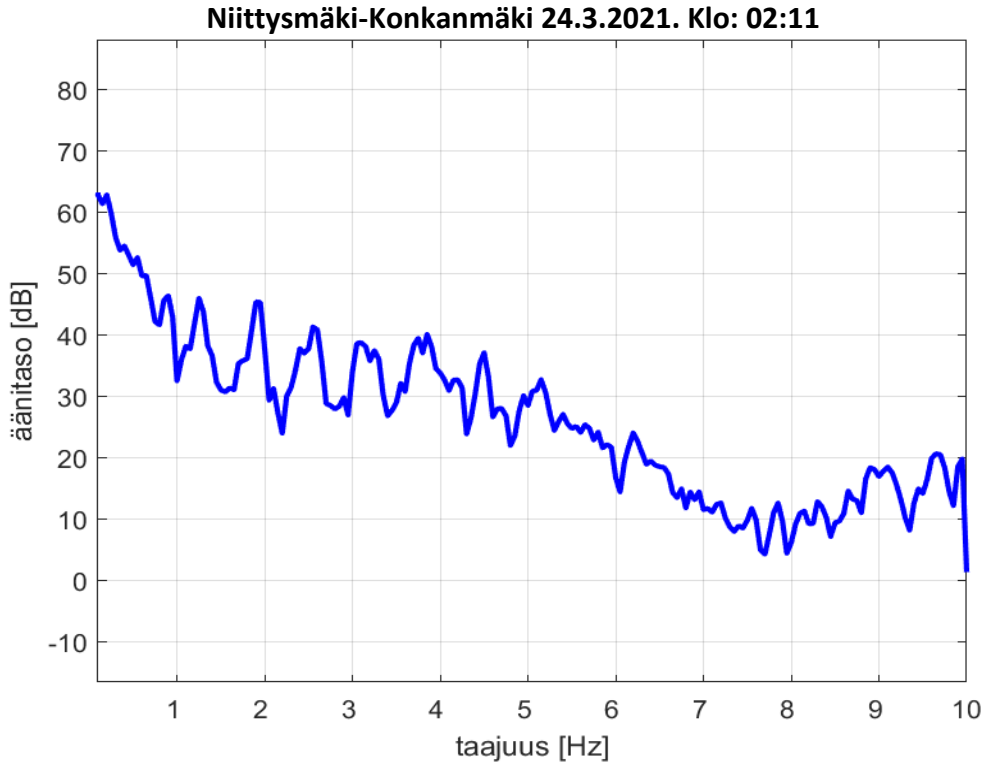
itsestään selvää, että tuulivoimaloiden käynnin aikaiset melutasot poikkeavat eniten pysähdyksissä olevin voimaloiden melutasoista juuri tällä taajuusalueella.

### 3.2.3 Infraäänen kapeakaista-analyysit

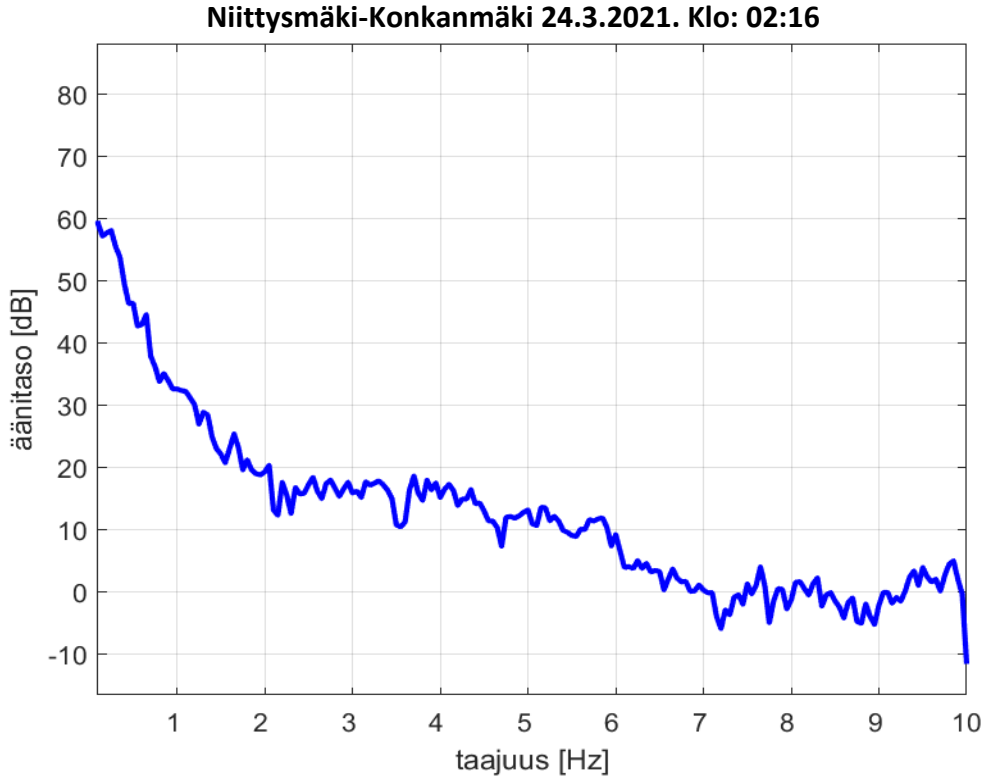
Kun tarkastellaan tuulivoimaloiden mittauskohteen sisätiloihin synnyttämää infraääntä taajuusalueella 0 – 10 Hz kapeakaista-analyysina, saadaan kuvien 17 ja 18 terssikaistaesitystä selvemmin esiin voimaloiden synnyttämien lapataajuisten ja lapataajuuden harmonisten komponenttien esiintyminen. Kuvissa 19 - 22 on esitetty yöllä 24.3.2021 yhden minuutin ajalta 02:09 – 02:10, 02:11 – 02:12, 02:16 – 02:17 ja 02:25 – 02:26 kapeakaista-analyysi vastaten likimain kuvan 18 vastaavia minuuttikohtaisia terssikaista-analyyseja. Kaksi aikaisinta esittää kapeakaista-analyysia, kun voimalat ovat käynnissä ja kaksi viimeistä kapeakaista-analyysia, kun voimalat ovat pysähdyksissä.



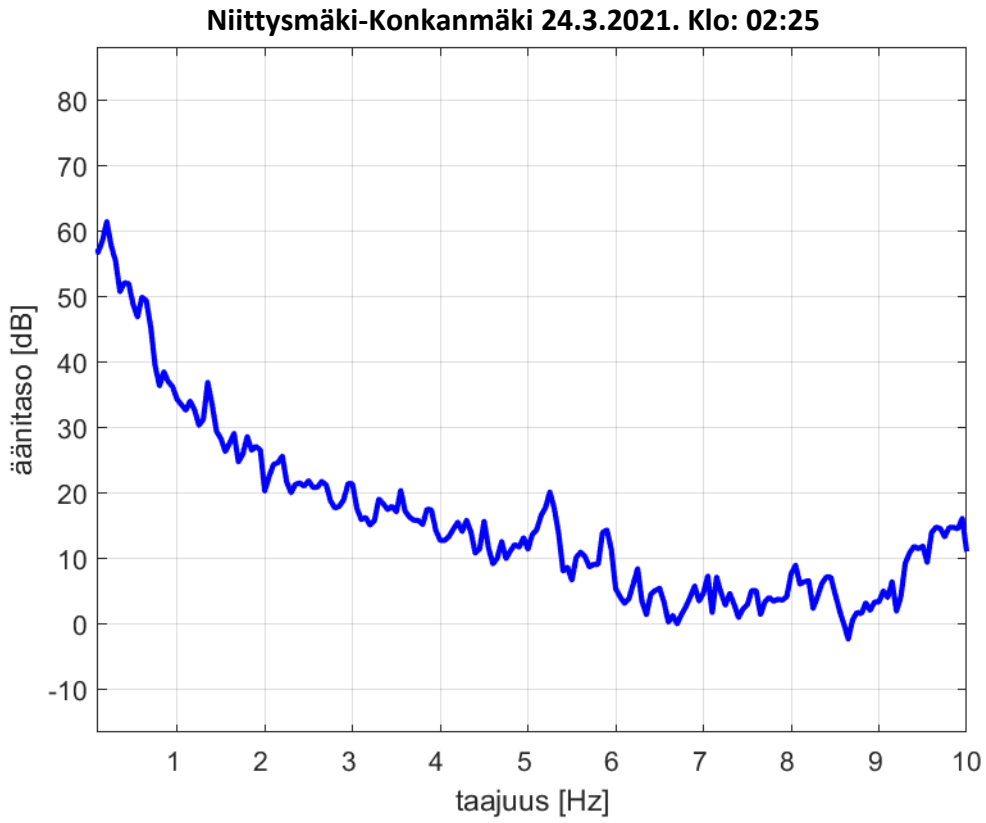

*Kuva 19. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen yöajan 23.-24.3.2021 klo 02:09 – 02:10 sisämelun infraäänen kapeakaistainen esimerkkikuva taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Voimalat käynnissä, A-painotettu kokonaistaso 16,3 dB(A).*




*Kuva 20. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen yöajan 23.-24.3.2021 klo 02:11 – 02:12 sisämelun infraäänen kapeakaistainen esimerkkikuva taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Voimalat käynnissä, A-painotettu kokonaistaso 10,4 dB(A).*




*Kuva 21. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen yöajan 23.-24.3.2021 klo 02:16 – 02:17 sisämelun infraäänen kapeakaistainen esimerkkikuva taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Voimalat pysähdyksissä, A-painotettu kokonaistaso 13,4 dB(A).*

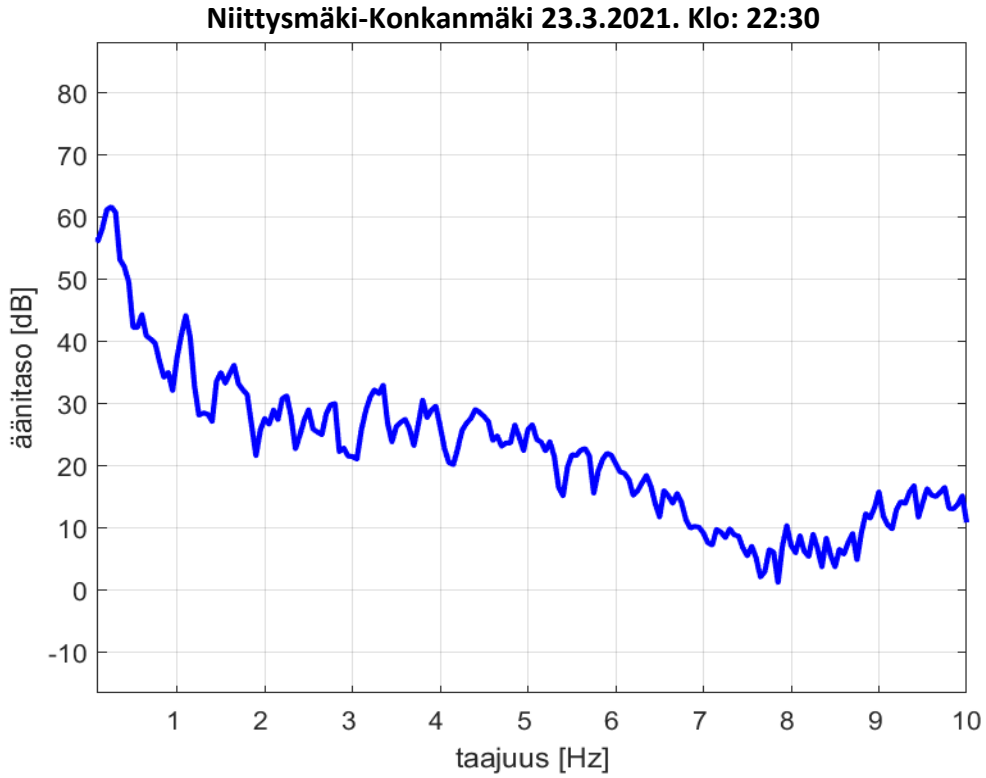



*Kuva 22. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen yöajan 23.-24.3.2021 klo 02:25 – 02:26 sisämelun infraäänen kapeakaistainen esimerkkikuva taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Voimalat pysähdyksissä, A-painotettu kokonaistaso 9,3 dB(A).*

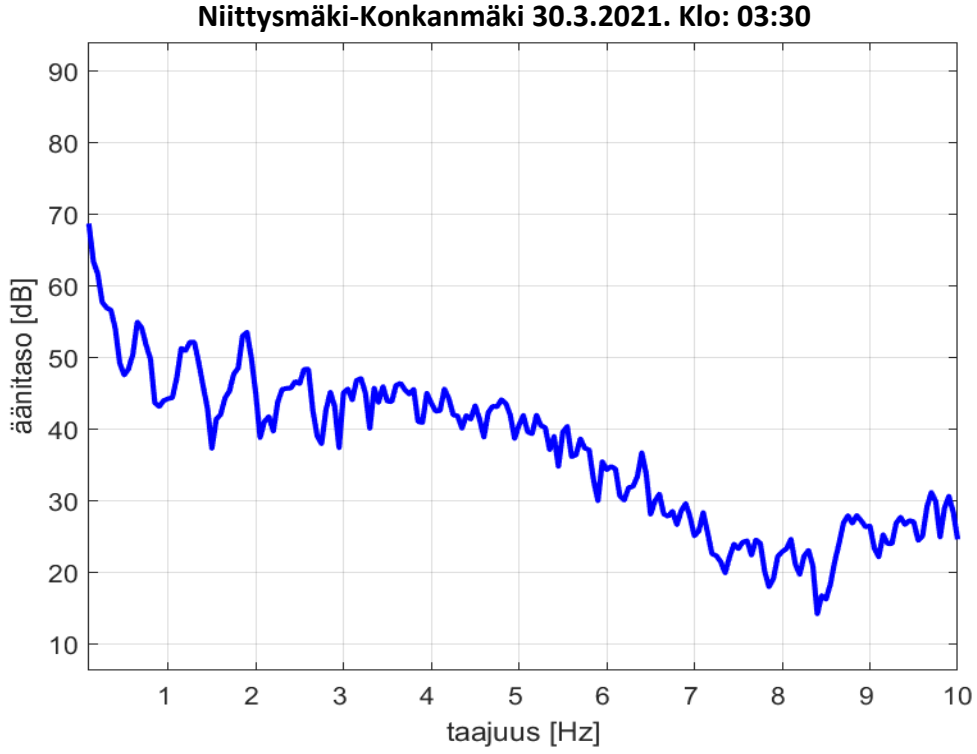
Voimaloiden pysähdyksissä oleminen näkyy erittäin selvästi kapeakaista-analyyseissa. Lapataajuiset komponentit, jotka näkyvät erittäin selvästi kuvien 19 ja 20 spektreissä voimaloiden ollessa käynnissä, ovat kokonaan kadonneet kuvien 21 ja 22 pienitaajuisista spektreistä voimaloiden ollessa pysähdyksissä. Aivan alimpien taajuuksien taso on kuitenkin pysynyt likimain samana (kuten kuvan 18 terssikaista-analyysissakin), joten pienimmät taajuudet ovat ilmeisestikin tuulen aiheuttamaa infraääntä. Ja kuten jo Pahkionvuoren kohdalla todettiin, kapeakaista-analyyseista on olennaisesti helpompi arvioida lapataajuisten infraäänikomponenttien esiintyminen verrattuna terssikaista-analyyseihin.

Mielenkiintoinen yksityiskohta Leppävirran voimaloiden kapeakaista-analyyseissa on myös kuvien 19 ja 20 ”lapataajuuspiikkien” vertaaminen keskenään. Kuvassa 19 ”lapataajuuspiikit” ovat kaksihuippuisia, kun kuvassa 20 ”piikit” ovat hieman selvemmin yksihuippuisia. Kaksihuippuisuus johtunee siitä, että mittauspistettä lähimpien voimaloiden pyörimisnopeus on hieman erilainen, jolloin myös lapataajuisessa melukomponentissa on taajuusero.

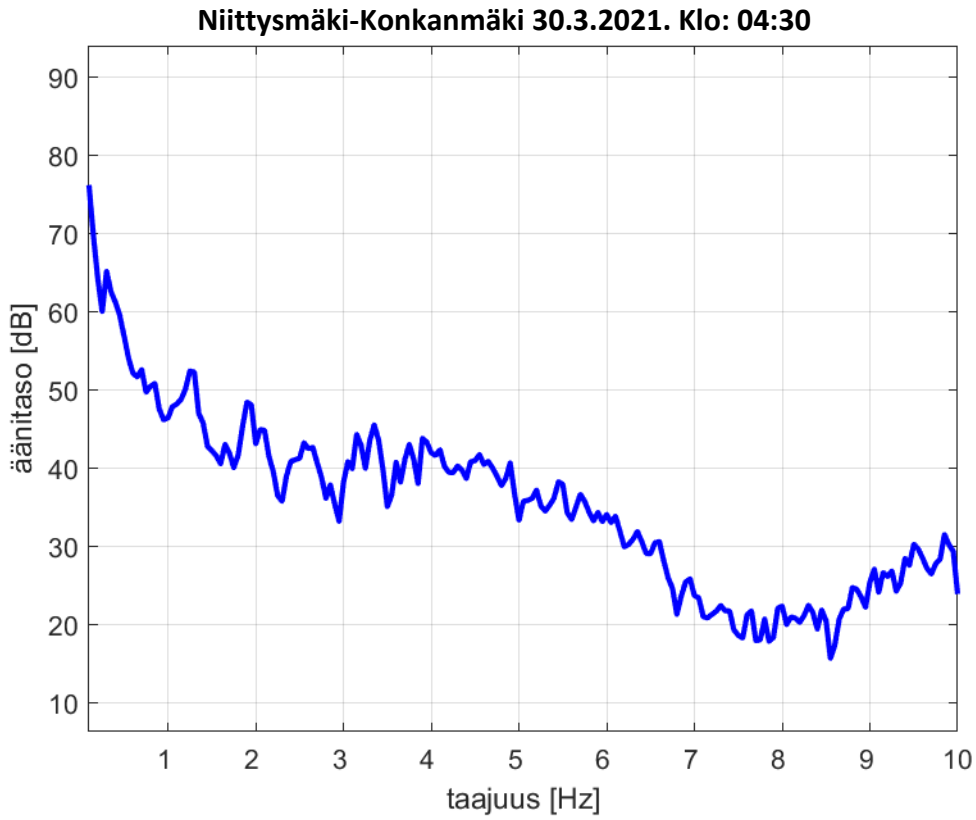
Leppävirran voimaloiden infraäänispektrit kuvissa 19 ja 20 ovat yöajalta, jolloin Swecon ulkomelumittaukset ovat olleet käynnissä ja tuulen suunta on ollut lounasta. Kuvissa 23 – 25 on verrattu Swecon mittausten aikaisia infraäänitasoja (kuva 23) lähes vastaavissa tuuliolosuhteissa viikkoa myöhemmin tehtyjen mittausten infraäänitasoihin (kuvat 24 ja 25). Infraäänialueen (0 – 10 Hz) tasoissa on lähes 10 dB:n ero, vaikka tuulen suunta ja nopeus ovat hyvin lähellä toisiaan. Myös A-painotetuissa kokonaistasoissa on 3,6 dB:n ja 4,7 dB:n ero, vaikka ennakoidut tuuliolosuhteet ovat likimain samat.




*Kuva 23. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen yöajan 23.-24.3.2021 klo 22:30 – 22:31 (Swecon mittausten aikana) sisämelun infraäänen kapeakaista-analyysi taajuus-alueella 0,1 – 10 Hz. Voimalat käynnissä, tuulen suunta lännestä, tuulen nopeus 8,9 m/s. A-painotettu sisämelun kokonaistaso 13,0 dB(A).*




*Kuva 24. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen yöajan 29.3.-30.3.2021 klo 03:30 – 03:31 sisämelun infraäänen kapeakaista-analyysi taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Voimalat käynnissä, tuulen suunta lännestä, tuulen nopeus 9,1 m/s. A-painotettu sisämelun kokonaistaso 17,7 dB(A).*




*Kuva 25. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen yöajan 29.3.-30.3.2021 klo 04:30 – 04:31 sisämelun infraäänen kapeakaista-analyysi taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Voimalat käynnissä, tuulen suunta lännestä, tuulen nopeus 8,7 m/s. A-painotettu sisämelun kokonaistaso 16,6 dB(A).*

Suureti erot sekä A-painotetuissa tasoissa että infraäänialueen lineaarisissa tasoissa viittaavat siihen, että Swecon mittausten aikana tuulivoimaloiden toimintaa on manipuloitu. Tuulivoimaloita on esimerkiksi voitu ajaa ”melumoodilla” eli roottorin lapojen lapakulmia on säädetty siten, että voimaloiden melupäästö pienenee. On kuitenkin huomattava, että tuulen suunnat ja nopeudet ovat Windy tuulisuusohjelmalla ennakoituja, joten ne eivät välttämättä ole aivan toteutuneiden tuuliolosuhteiden mukaisia.

## 3.3 Luhangan Latamäen tuulivoima-alue

### 3.3.1 Tuulivoima-alueen kuvaus

Luhangan Latamäen tuulivoima-alue muodostuu kuudesta Vestas V112-3.0 MW tuulivoimalasta, joiden napakorkeus on 140 m ja roottorin halkaisija 112 m (kuva 26). Sisämelumittausten mittauspisteen (merkitty sinisellä tähdellä) kannalta olennaisin tuulen suunta olisi ollut likimain suoraan idästä. Tästä tuulen suunnasta ei kuitenkaan saatu mittaustuloksia. Merkityksellisimmät tulokset Latamäen tuulivoimaloiden aiheuttamasta sisämelusta ovat mittausvuorokausien 5 – 7 ja 9 ajalta, jolloin tuulen suunta on ollut etelästä.

Pahimpien meluhaittojen olisi siis voitu ennakoida esiintyvän tähdellä merkityssä mittauspisteessä tuulen suunnan ollessa idästä (välillä koillinen – kaakko). Lähimpänä toisiaan olevien voimaloiden T2 ja T5 tornien välinen etäisyys on vain 4,5 kertaa roottorin halkaisija (ks. taulukko 6), joten on selvää, että idänpuoleisella tuulella T2 voimala toimii T5 voimalan jättöpyörrekentässä aiheuttaen melumallinnuksessa ennakoitua olennaisesti voimakkaamman

pienitaajuisen melun ja voimakkaan infraäänikomponentin mittauskohteena olevan rakennuksen sisätiloihin.

*Kuva 26. Luhangan Latamäen tuulivoima-alue [13]. Kuusi Vestas V112-3.0 MW tuulivoimalaa, joiden napakorkeus on 140 m ja roottorin halkaisija 112 m. Sisämelun mittauspisteestä (merkitty sinisellä tähdellä) likimain suoraan itään sijaitsevien tuulivoimaloiden T2 ja T5 tornien välinen etäisyys on noin 500 m ja lähimmän voimalan tornin etäisyys sisämelun mittauspisteestä noin 1060 m. Ulkomelumittauksia tehtiin punaisella ympyrällä merkityssä mittauspisteessä 2.*

*Taulukko 3. Luhangan Latamäen kymmenen lähimpänä toisiaan sijaitsevan tuulivoimalaparin tornien välinen etäisyys ja etäisyys suhteutettuna voimaloiden roottorin halkaisijaan. Voimalatyyppi Vestas V112-3.0MW (lähtötiedot viitteestä [14]).*

| **Arviointisuure** | **Tuulivoimalapari** | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tuulivoimalaparin välinen etäisyys ja roottorin halkaisijaan suhteutettu etäisyys | **T2 & T5** | **T4 & T6** | **T1 & T4** | **T1 & T6** | **T3 & T5** | **T1 & T5** | **T1 & T2** | **T2 & T3** | **T2 & T6** | **T5 & T6** |
| Etäisyys, m | **503** | **505** | **509** | **537** | **789** | **847** | **894** | **1035** | **1071** | **1246** |
| Suht. etäisyys | **4,5** | **4,5** | **4,5** | **4,8** | **7,0** | **7,6** | **8,0** | **9,2** | **9,6** | **11,1** |

Ulkomelumittauksia tehtiin kiinteistön pihalla pohjoiseen tuulivoima-alueesta. Mittauspaikka, jossa oli koettu tuulivoimaloiden meluhaittaa, on merkitty kuvaan 26 punaisella ympyrällä 2. Tässä mittasupisteessä pahimmat meluhaitat on koettu tuulen ollessa etelän puolelta,

jolloin voimala T3 joutuu toimimaan voimalan T5 jättöpyörrekentässä. Vaikka voimaloiden tornien välinen etäisyys on jo 7,0 kertaa roottorin halkaisija, ovat asukkaat kokeneet meluhaittaa tuulivoimaloista.

### 3.3.2 Yöaikaiset A-painotetut kokonaistasot ja lineaariset terssikaista-analyysit

TUVOTERRI-projektin ensimmäisen mittausjakson yöaikaiset sisämelumittaukset, joita on raportoitu tässä raportissa kuvan 26 mittasupisteessä (sininen tähti) tehtiin vuoden 2021 huhtikuun alussa (31.3.-9.4.2021). Yöaikaisten sisämelumittausten yleistulokset on esitetty taulukossa 4 ja näiden mittausten tuntikohtaiset tulokset on esitetty liitteessä 3.1. Ulkomelumittaukset puuttuvat tästä mittauskohteesta kokonaan.

Vuoden 2021 marras-joulukuussa Luhangan Latamäen tuulivoima-alueella tehtiin 15.-18.11. täydentäviä sisämelumittauksia aiemmassa mittauskohteessa (kuva 26, sininen tähti) ja ulkomelumittauksia 1.-4.12. kuvan 26 mittauspisteessä 2. Myös näiden mittausten tuntikohtaiset tulokset on esitetty liitteessä 3.

*Taulukko 4. Luhangan Latamäen tuulivoima-alueen melumittausten yöaikaiset A-painotetut sisämelun ekvivalenttitasot mittausjaksoilta 31.3.-9.4.2021 ja 15.-18.11.2021 ja ulkomelun A-painotetut ekvivalenttitasot mittausjaksolta 1.-4.12.2021 sekä ennakoitu tuulensuuntaväli (TS, englanninkieliset suunnat) ja tuulennopeusväli (TN) 100 m:n korkeudella Windy tuulisuusohjelmalla ennakoituna.*

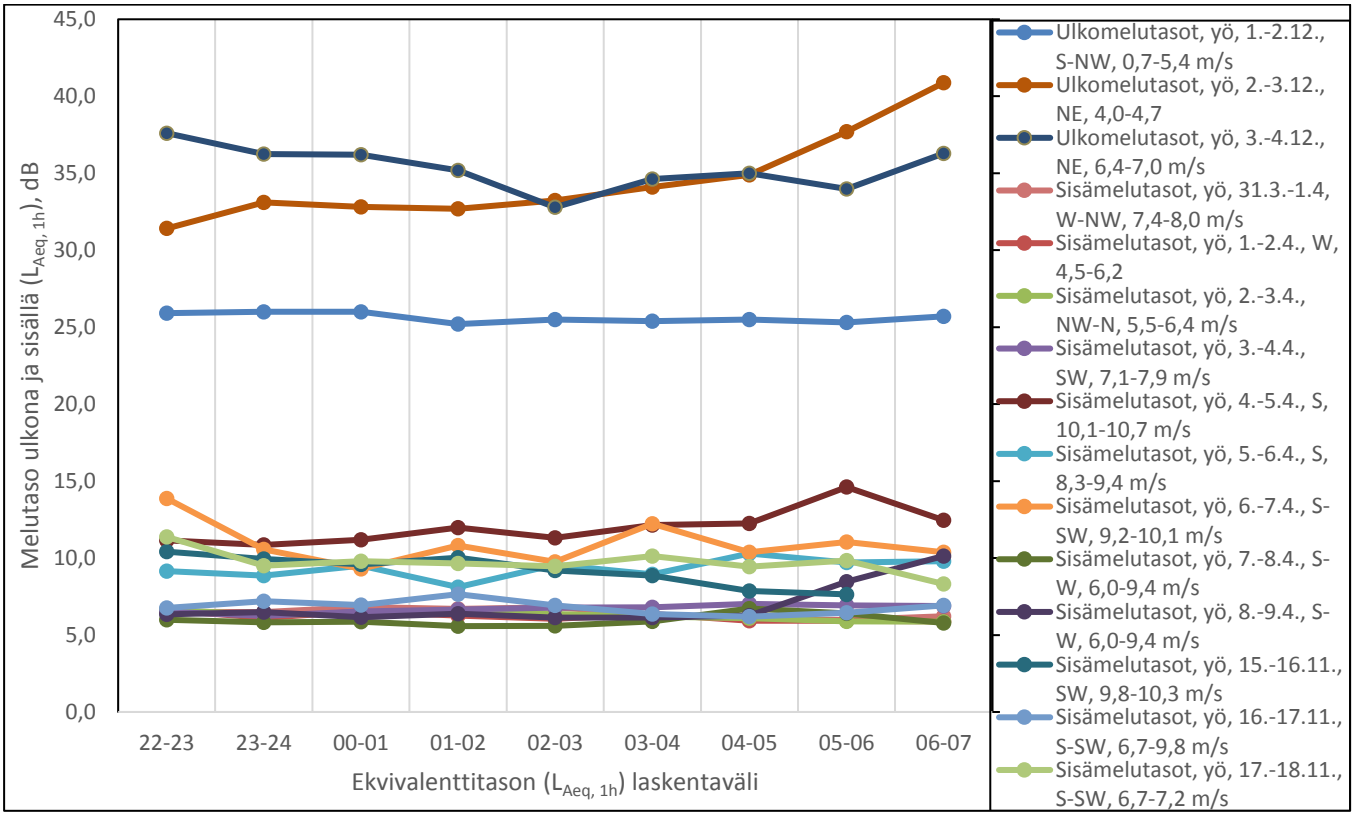
| **Mittaus-yö n:o** | **Pvm** | **Tunti-väli** | **$L_{Aeq,22\text{-}07}$ (dB)** (ulkomelu) | **Sisämelun %-osuus** [1] | **$L_{Aeq,22\text{-}07}$ (dB)** (sisämelu) | **TS** | **TN** (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 31.3-1.4. | 22-07 | - | 98,0 | **6,4** | W-NW | 7,4-8,0 |
| **2** | 1.-2.4. | 22-07 | - | 99,1 | **6,2** | W | 4,5-6,2 |
| **3** | 2.-3.4. | 22-07 | - | 98,9 | **6,3** | NW-N | 5,5-6,4 |
| **4** | 3.-4.4. | 22-07 | - | 98,1 | **6,7** | SW | 7,1-7,9 |
| **5** | 4.-5.4. | 22-07 | - | 92,8 | **12,1** | S | 10,1-10,7 |
| **6** | 5.-6.4. | 22-07 | - | 97,6 | **9,4** | S | 8,3-9,1 |
| **7** | 6.-7.4. | 22-07 | - | 95,0 | **11,1** | S-SW | 9,2-10,1 |
| **8** | 7.-8.4. | 22-07 | - | 97,8 | **6,0** | SW-NW | 3,0-5,2 |
| **9** | 8.-9.4. | 22-07 | - | 95,2 | **7,2** | S-W | 6,0-9,4 |
| **10** | 15.-16.11. | 22-07 | - | 88,0 | **8,8** | SW | 9,8-10,3 |
| **11** | 16.-17.11. | 22-07 | - | 98,0 | **6,8** | S-SW | 6,7-9,8 |
| **12** | 17.-18.11. | 22-07 | - | 95,0 | **9,8** | S-SW | 6,7-9,8 |
| **13** [2] | 1.-2.12. | 22-07 | **25,6** | - | - | S-NW | 0,7-5,4 |
| **14** [2] | 2.-3.12. | 22-07 | **35,7** | - | - | NE | 4,0-4,7 |
| **15** [2] | 3.-4.12. | 22-07 | **35,5** | - | - | NE | 6,4-7,0 |

[1] Sisämelumittauksessa analyysikelpoisen meludatan prosenttiosuus.

[2] Ulkomelumittaukset mittauspisteessä 2.

Kuten taulukosta 4 voidaan havaita, ennakoitu tuulensuunta ei yhdenkään sisämelun mittausyön aikana ole ollut idästä (E) eikä edes kaakosta (SE), mitkä suunnat olisivat likimain täyttäneet tuulen suuntavaatimukset tuulivoimalamelun mittauksille. Pisimmän aikaa mittausjakson aikai-

nen ennakoitu tuuli on ollut etelästä (S, mittausyöt 5 – 6 ja aamuyöt 7 ja 9) ja tällä ajanjaksolla on esiintynyt varsin voimakkaitakin tuulia. Myöskään ulkomelumittausten aikana tuulen suunta ei ole ollut mittausten kannalta hyväksyttävä, vaan likimain päinvastaisesta suunnasta pahimmaksi koetun meluhaitan kannalta.



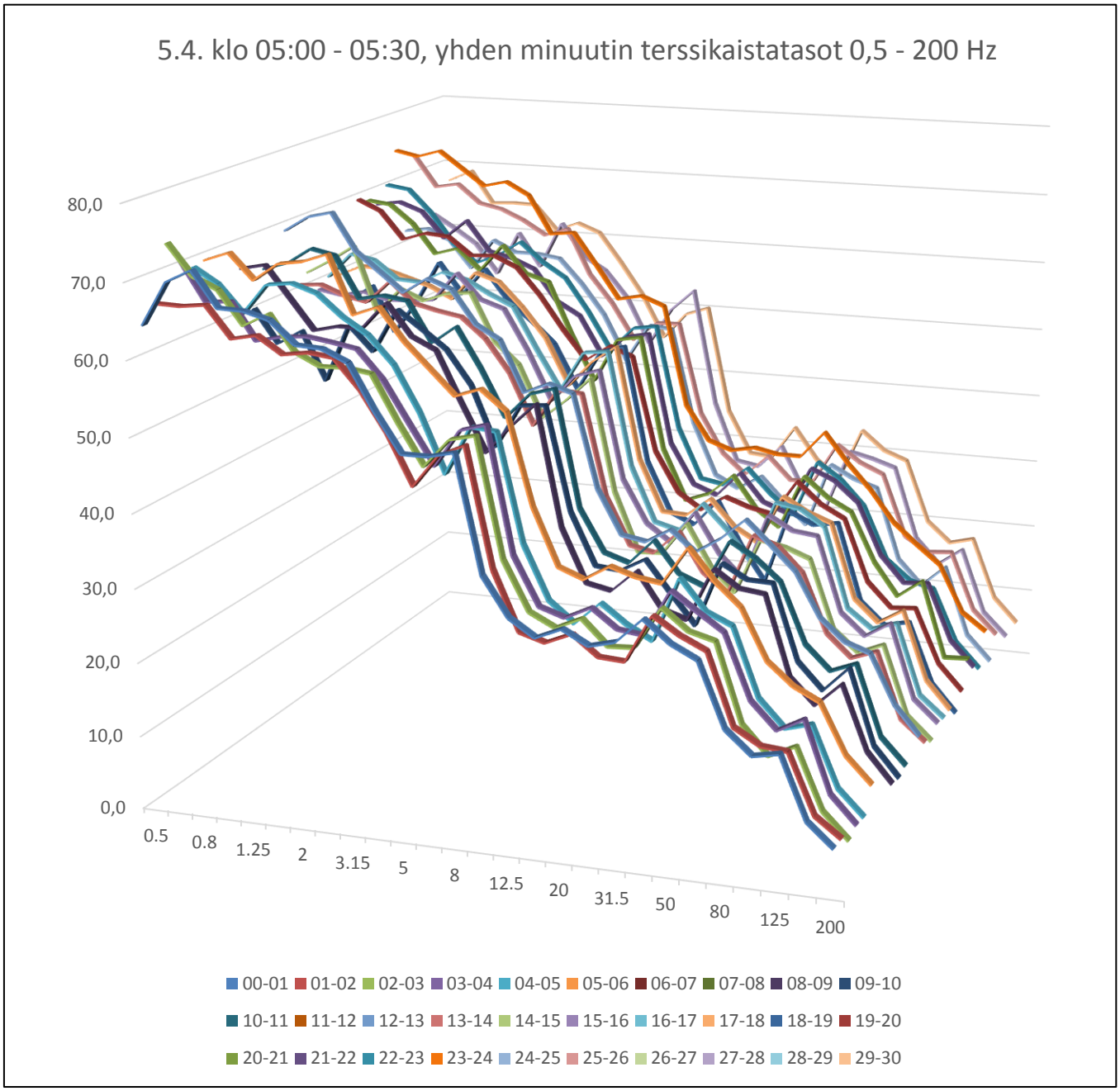

*Kuva 27. Luhangan Latamäen tuulivoima-alueen yöaikaiset tuntikohtaiset A-painotetut sisämelutasot mittauspisteessä "sininen tähti" mittausjaksojen 31.–9.4.2021ja 15.-18.11.2021 ajalta ja ulkomelutasot mittauspisteessä 2 mittausjakson 1.-4.12.2021 ajalta.*

Kun tarkastellaan sisämelumittausten tuloksia Luhangan Latamäen tuulivoima-alueen mittauskohteessa, voidaan yleisesti ottaen todeta, että kevään 2021 sisämelutasot (tunnin A-painotetut ekvivalenttitasot, $L_{Aeq,1h}$) ovat hyvin alhaiset (5,6 – 14,6 dB(A)) ja yöaikaiset kokonaistasot välillä 22 – 07 vain 6,0 – 12,1 dB(A). Tällöin on huomattava, että ennakoitujen tuulen suuntien mukaan yhtenäkään mittausyönä tuulen suunta ei ollut idästä, mikä olisi ollut oikea tuulen suunta melumittausten kannalta. Korkeimmat mitatut sisämelutasot ovat esiintyneet ennakoidun tuulen suunnan ollessa etelästä (S) ja ennakoidun tuulen voimakkuuden ollessa yli 10 metriä sekunnissa 100 m:n korkeudella maanpinnasta.

Huittisten ja Leppävirran tuulivoima-alueiden meluanalyyseista saadun kokemuksen perusteella Luhangan Latamäen tuulivoimamelusta ei ole tehty vuorokausi- eikä tuntikohtaisia terssikaista-analyyseja. Meluisimman mittaustunnin ajalta 5.4 klo 05-06, jolloin sisämelutaso on ollut korkein 14,6 dB(A), on tehty esimerkinomaiset minuutin terssikaista-analyysit mittausjakson ensimmäisen puolen tunnin ajalta (kuva 28) sen selvittämiseksi, onko sisätilaan syntyvässä infraäänessä tai pienitaajuisessa melussa havaittavissa aiemmin kuvattujen kohteiden kaltaisia erityispiirteitä.

Kuten kuvasta 28 voidaan havaita, noudattaa Luhangan analyysitulos pitkälti Leppävirran tulosta. Kunkin minuutin ajalta tehtyjen terssikaistojen muoto on erityisesti 2 … 2,5 Hz:n taajuuksia

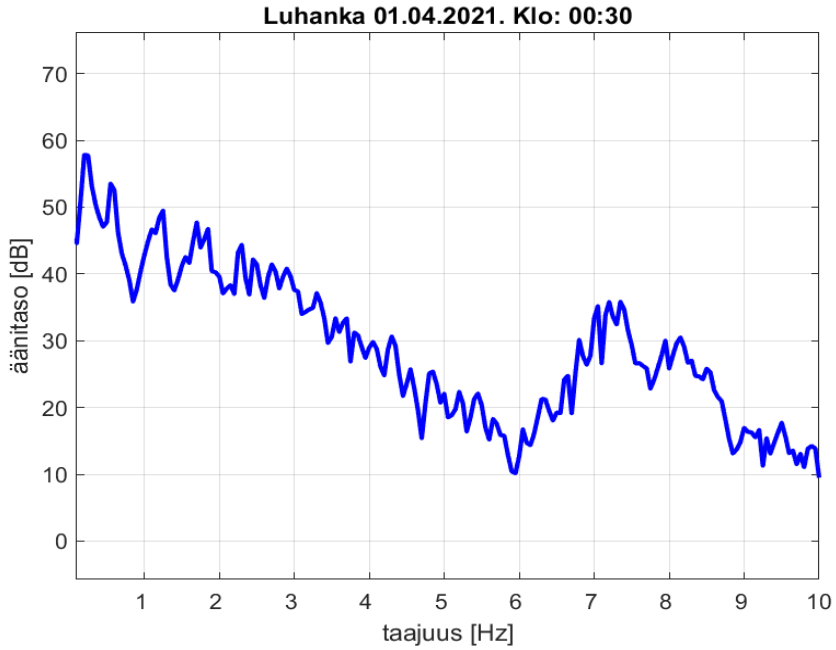
suuremmilla taajuuksilla melko samanlainen. Vain pienimmillä taajuuksilla on enemmän vaihtelua yksittäisten minuuttien melutasojen välillä. Tarkempi analyysi mahdollisten lapataajuisten ja lapataajuuden harmonisten komponenttien esiintymisestä edellyttää siten (kuten Huittisten ja Leppävirran tapauksissakin) kapeakaista-analyysia.



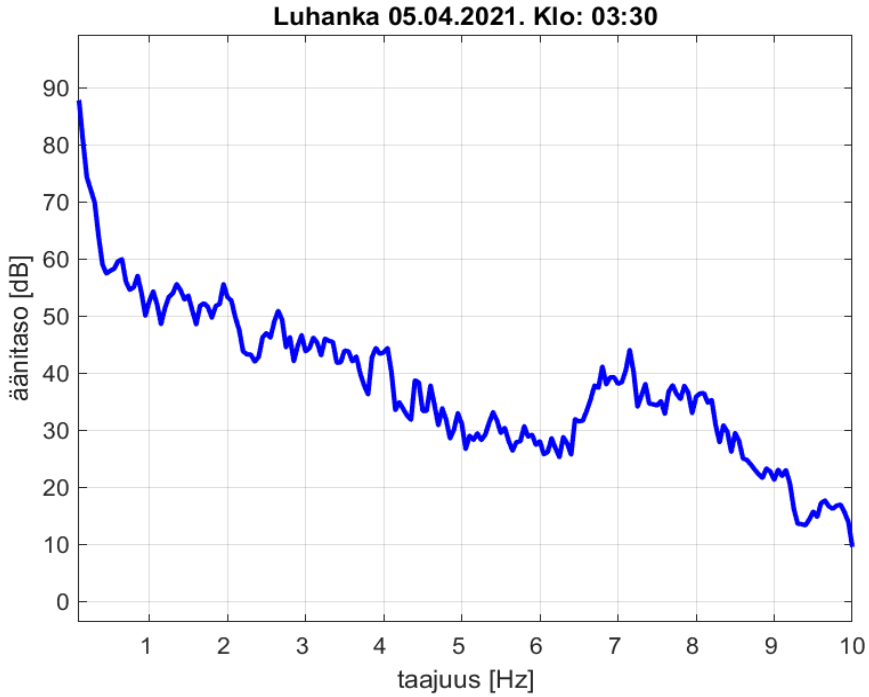

*Kuva 28. Luhangan Latamäen tuulivoima-alueen yöajan 4.-5.4.2021 melumittausten jakson 05:00 – 05:30 minuuttikohtaiset terssikaistatasot taajuusalueella 0,5 – 200 Hz.*

### 2.3.3 Infraäänen kapeakaista-analyysit

Kun tarkastellaan tuulivoimaloiden mittauskohteen sisätiloihin synnyttämää infraääntä taajuusalueella 0 – 10 Hz kapeakaista-analyysina, saadaan kuvan 28 terssikaistaesitystä selvemmin esiin voimaloiden synnyttämien lapataajuisten ja lapataajuuden harmonisten komponenttien esiintyminen.




*Kuva 29. Luhangan Latamäen tuulivoima-alueen yöajan 31.3.-1.4.2021 klo 00:30 – 00:31 sisämelun infraäänen kapeakaistainen esimerkkikuva taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Tuulen suunta lännestä 8,2 m/s. Sisämelun A-painotettu kokonaistaso 6,8 dB(A).*




*Kuva 30. Luhangan Latamäen tuulivoima-alueen yöajan 5.-6.4.2021 klo 03:30 – 03:31 sisämelun infraäänen kapeakaistainen esimerkkikuva taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Tuulen suunta etelästä 11,8 m/s. Sisämelun A-painotettu kokonaistaso 12,1 dB(A).*

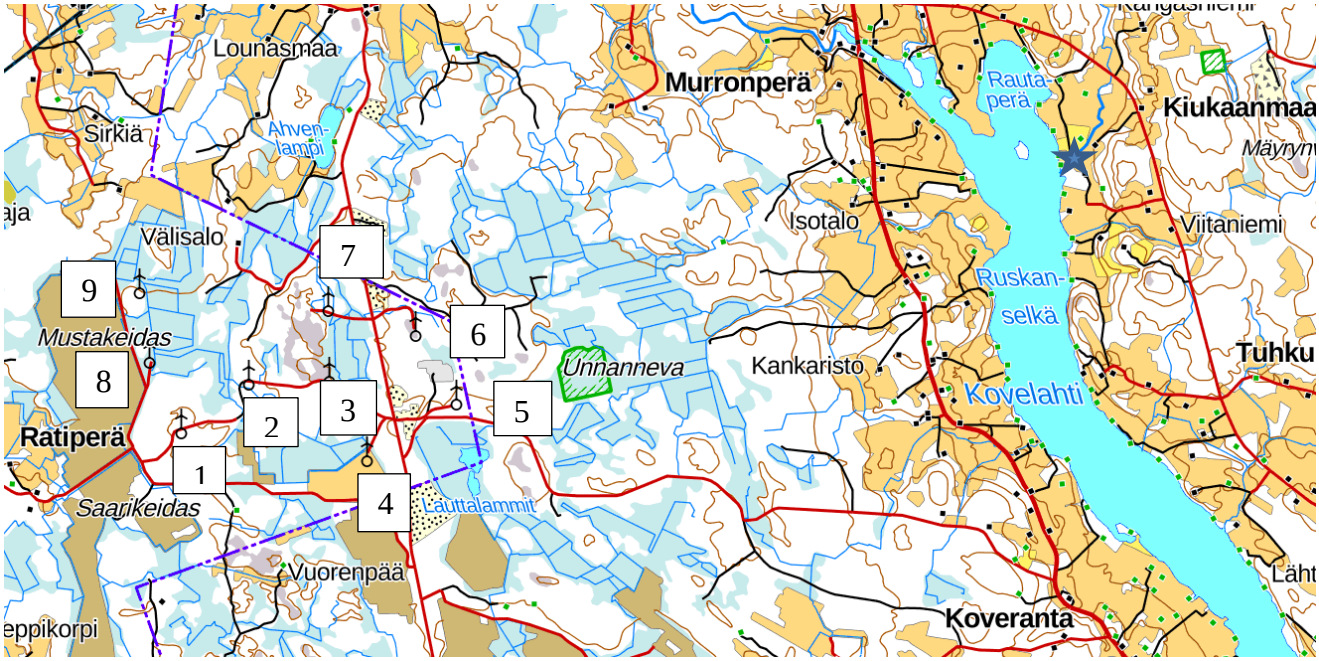
Kuvissa 29 ja 30 on esitetty yöllä yhden minuutin ajalta 1.4.2021 klo 00:30 – 00:31 (kuva 29) ja 5.4.2021 klo 03:30 – 03:31 (kuva 30) kapeakaista-analyysit. Kuvassa 29 tuulen suunta on lännestä ja kuvassa 30 tuulen suunta on etelästä. Lännen puoleisella tuulella voimaloiden lapataajuinen komponentti harmonisine monikertoineen näkyy selvästi alimmilla harmonisilla, joskin lapataajuinen komponentti on ilmeisesti altistuvaan kohteeseen nähden vastatuulen suunnasta puhaltaen

varsin matalatasoinen. Etelän puoleisella varsin voimakkaalla tuulella lapataajuinen komponentti ei erotu, mutta infraäänitaso on kokonaisuudessaan hieman korkeampi.

## 3.4 Jämijärven Ratiperän tuulivoima-alue

### 3.4.1 Tuulivoima-alueen kuvaus

Jämijärven Ratiperän tuulivoima-alue muodostuu yhdeksästä Nordex N131/3000 tyyppisestä 3 MW:n tuulivoimalasta, joiden napakorkeus on 120 m ja roottorin halkaisija 131 m (kuva 31). Sisämelumittausten voimaloita lähempi mittauspiste (Vuorenpää) sijaitsee Ikaalisten kaupungin puolella tuulivoima-alueen eteläpuolella runsaan kilometrin etäisyydellä lähimmästä voimalasta ja kauempi mittauspiste Ikaalisten Kovelahdessa (merkitty karttakuvaan sinisellä tähdellä) koilliseen tuulivoima-alueesta lähimmän voimalan sijaitessa runsaan viiden kilometrin etäisyydellä. Kovelahden mittausten tarkoituksena oli lähinnä selvittää infraäänen eteneminen kohtalaisen kaukana olevan mittauspisteen sisätiloihin ja verrata tuloksia huomattavasti lähempänä olevan mittauspisteen vastaaviin mittaustuloksiin.




*Kuva 31. Jämijärven Ratiperän tuulivoima-alue. Yhdeksän Nordex N131/3000 (3,0 MW) tuulivoimalaa, joiden napakorkeus on 120 m ja roottorin halkaisija 131 m. Mittauspistettä Vuorenpää lähimmän voimalan etäisyys on noin 1090 m ja suunta likimain koilliseen, mittauspistettä Kovelahti (merkitty sinisellä tähdellä) lähimmän voimalan etäisyys on noin 5250 m ja suunta likimain lounaaseen.*

Pahimpien meluhaittojen ennakoitiin esiintyvän Vuorenpään mittauspisteessä tuulen suunnan ollessa pohjoisesta (välillä luode – koillinen), koska kaikki voimalat sijaitsivat tässä suunnassa Vuorenpään mittauspisteeseen nähden. Pohjoisen puoleisella tuulella Vuorenpään mittauspisteeseen nähden merkittävimmät tuulivoimalaparit ovat voimalat 8&1, 8&2, 7&2, 7&3, 6&3, 6&4 ja 5&4. Näiden kaikkien tuulivoimaparien tornien välinen etäisyys on paria 6&4 lukuun ottamatta alle kahdeksan kertaa roottorin halkaisija ja tuulivoimalaparilla 6&4 vain 8,2 kertaa roottorin halkaisija (ks. taulukko 5). On siten selvää, että pohjoisen puoleisella tuulella näillä tuulivoimalapareilla Vuorenpään mittauskohdetta lähempänä oleva voimala toimii kauempana pohjoisen puolella olevan voimalan jättöpyörrekentässä aiheuttaen ennakoimattoman voimakkaan pienitaajuisen melun ja infraäänikomponentin melulle altistuvaan mittauskohteeseen.

*Taulukko 5. Jämijärven Ratiperän kymmenen merkittävimmän tuulivoimalaparin tornien välinen etäisyys ja etäisyys suhteutettuna voimaloiden roottorin halkaisijaan, kun tarkastellaan Vuorenpään mittauskohteeseen syntyvää pienitaajuista ja infraääntä. Voimalatyyppi Nordex N131/3000 (lähtötiedot Kansalaisen karttapaikka sovelluksesta).*

| **Arviointisuure** | **Tuulivoimalapari** | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tuulivoimalaparin välinen etäisyys ja roottorin halkaisijaan suhteutettu etäisyys | **T8 & T1** | **T8 & T2** | **T7 & T2** | **T7 & T3** | **T7 & T4** | **T6 & T3** | **T6 & T4** | **T5 & T4** | **T3 & T4** | **T9 & T8** |
| Etäisyys, m | **620** | **827** | **868** | **568** | **1240** | **793** | **1079** | **847** | **703** | **564** |
| Suht. etäisyys | **4,7** | **6,3** | **6,6** | **4,3** | **9,5** | **6,1** | **8,2** | **6,5** | **5,4** | **4,3** |

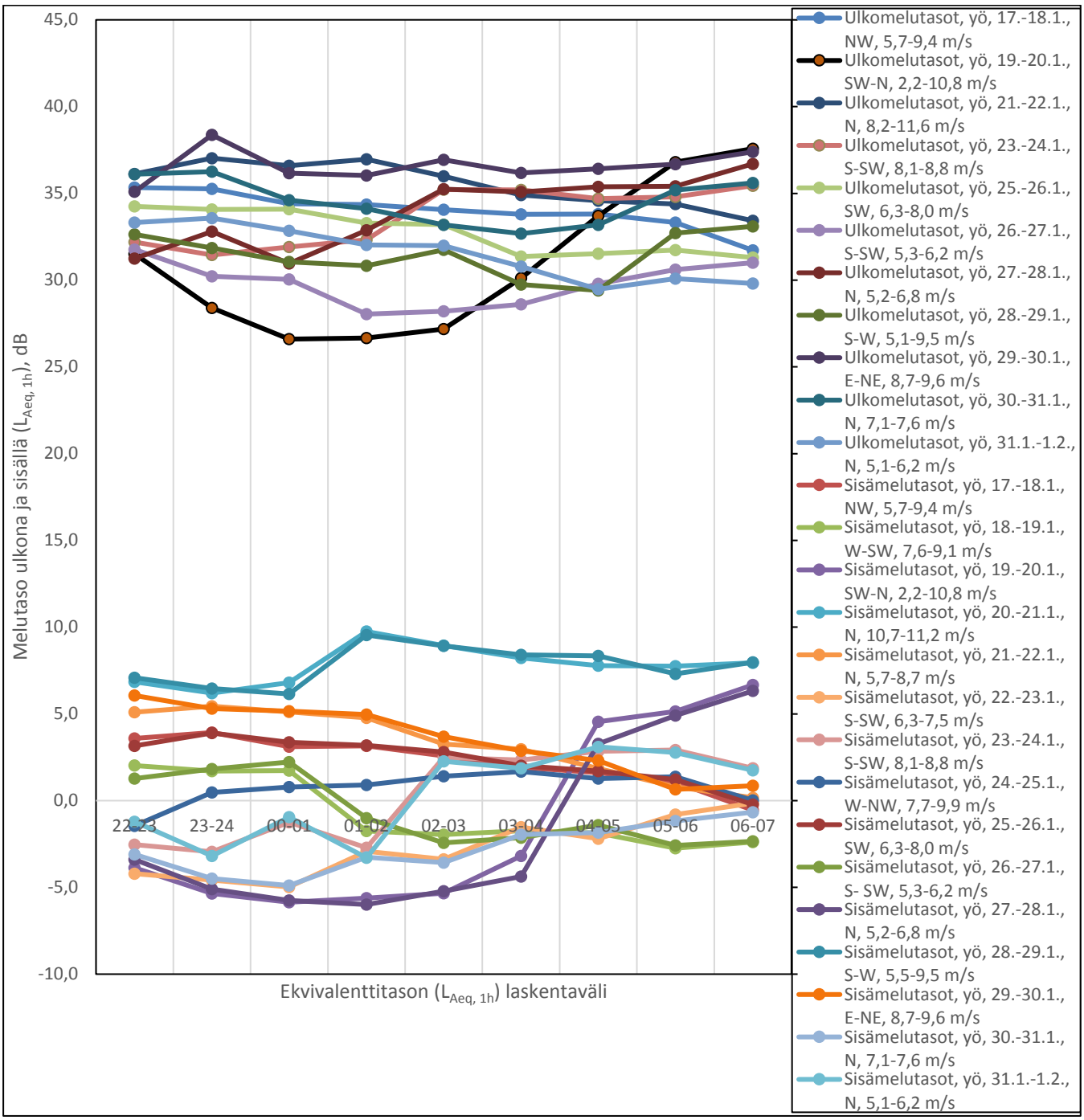
### 3.4.2 Yöaikaiset A-painotetut kokonaistasot

TUVOTERRI-projektin Ratiperän voimaloiden yöaikaiset sisämelumittaukset, joita on raportoitu tässä väliraportissa kuvan 31 mittasupisteissä Vuorenpää ja Kovelahti (sininen tähti) tehtiin Vuorenpäässä vuoden 2022 tammikuun lopussa 17.1.-1.2.2022 ja Kovelahdessa helmi-maaliskuun vaihteessa 23.2.-3.3.2022. Vuorenpään ja Kovelahden yöaikaisten sisämelumittausten yleistulokset on esitetty taulukoissa 6 ja 7 ja näiden mittausten tuntikohtaiset tulokset on esitetty liitteissä 4.1 ja 4.2.

*Taulukko 6. Jämijärven Ratiperän tuulivoima-alueen melumittausten yleistulokset Vuorenpäässä mittausjaksolta 17.1.-1.2.2022. Ulko- ja sisämelutasot sekä toteutunut tuulensuunta (TS, englanninkieliset suunnat) ja tuulennopeus (TN) 100 m:n korkeudella Windy tuulisuusohjelman mukaan.*

| **Mittaus-yö n:o** | **Pvm** | **Tunti-väli** | **$L_{Aeq,22\text{-}07}$ (dB)** (ulkomelu) | **Sisämelun %-osuus** [1] | **$L_{Aeq,22\text{-}07}$ (dB)** (sisämelu) | **TS** | **TN** (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 17.-18.1. | 22-07 | **34,1** | 98,9 | **2,5** | NW | 5,7-9,4 |
| **2** | 18.-19.1. | 22-07 | - | 98,7 | **-0,4** | SW-W | 7,6-9,1 |
| **3** | 19.-20.1. | 22-07 | **32,9** | 97,0 | **1,5** | SW-N | 2,2-10,8 |
| **4** | 20.-21.1. | 22-07 | - | 89,1 | **7,9** | N | 10,7-11,2 |
| **5** | 21.-22.1. | 22-07 | **35,7** | 98,3 | **3,6** | N | 5,7-8,7 |
| **6** | 22.-23.1. | 22-07 | - | 99,6 | **-2,4** | S-SW | 6,3-7,7 |
| **7** | 23.-24.1. | 22-07 | **34,0** | 97,6 | **1,0** | S-SW | 8,1-8,8 |
| **8** | 24.-25.1. | 22-07 | - | 99,4 | **3,6** | W-NW | 7,7-9,9 |
| **9** | 25.-26.1. | 22-07 | **32,9** | 98,1 | **2,4** | SW | 6,3-8,0 |
| **10** | 26.-27.1. | 22-07 | **30,0** | 98,7 | **-0,3** | S-SW | 5,3-6,2 |
| **11** | 27.-28.1. | 22-07 | **34,4** | 96,9 | **1,0** | N | 5,2-6,8 |
| **12** | 28.-29.1. | 22-07 | **31,6** | 89,3 | **7,9** | S-W | 5,1-9,5 |
| **13** | 29.-30.1. | 22-07 | **36,7** | 98,3 | **3,9** | E-NE | 8,7-9,6 |
| **14** | 30.-31.1- | 22-07 | **34,7** | 99,4 | **-2,6** | N | 7,1-7,6 |
| **15** | 31.1.-1.2. | 22-07 | **31,8** | 97,6 | **0,9** | N | 5,1-6,2 |

[1] Sisämelumittauksessa analyysikelpoisen meludatan prosenttiosuus.




*Kuva 32. Jämijärven Ratiperän tuulivoima-alueen yöaikaiset tuntikohtaiset A-painotetut ulko- ja sisämelutasot Vuorenpään mittauspisteessä mittausjakson 17.1.–1.2.2022 ajalta.*

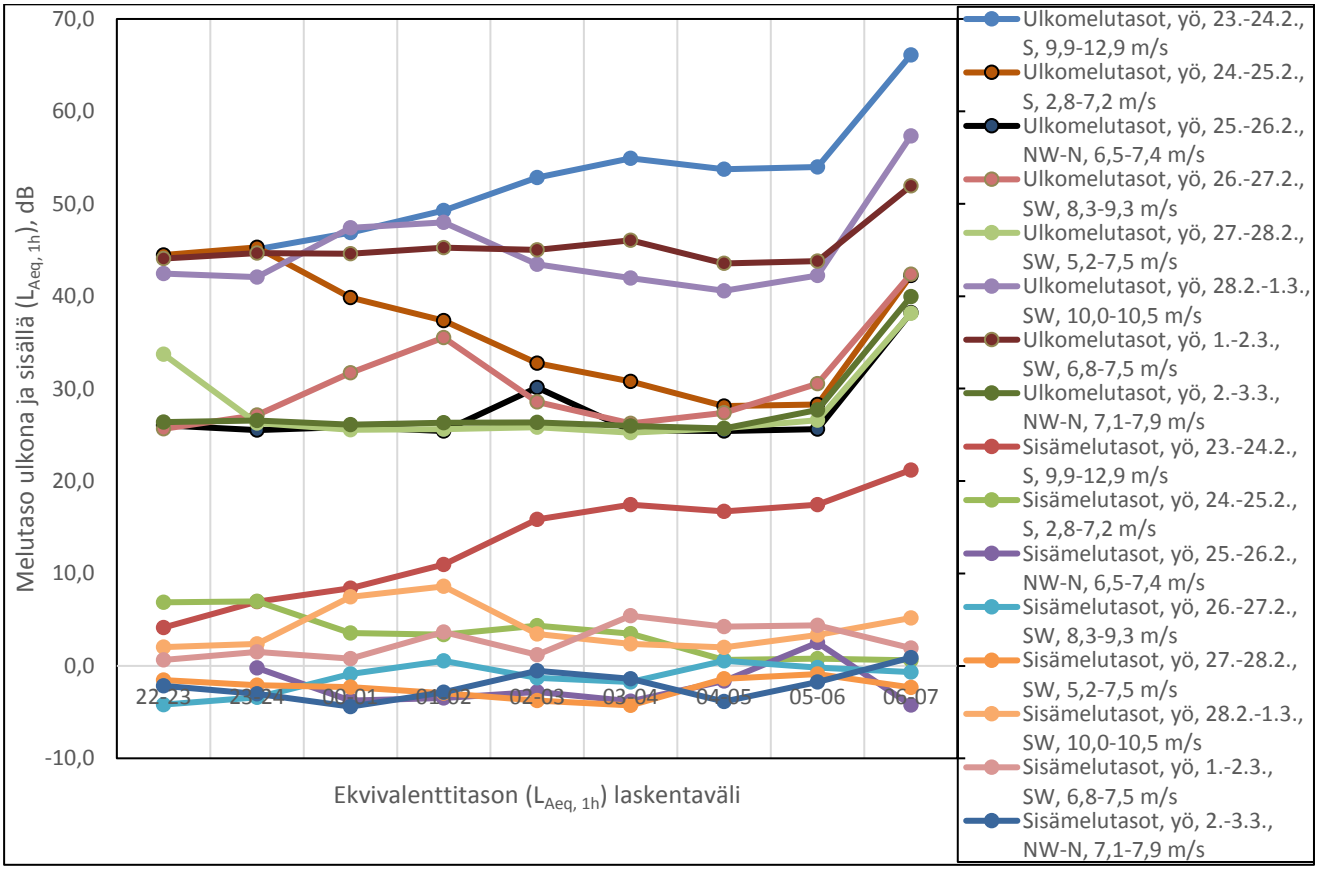
Vuorenpään mittausten osalta tuulen suunnat luoteesta koilliseen (taulukossa 6 ja kuvassa 32 suunnat NW, N ja NE) edustavat tuulensuuntia, joita tulisi käyttää tuulivoimamelun vaikutuksia arvioitaessa. Näitä suuntia on mittausjakson aikana esiintynyt mittausöiden 1, 3 (01-07), 4, 5, 8 (00-07), 11, 13 (02-07), 14 ja 15 aikana eli varsin suuren osan koko mittausajasta. Myös tuulen nopeus 100 m:n korkeudella eli lähellä voimalan napakorkeutta on ollut varsin voimakasta luoteen – koillisen välisillä tuulilla mittausöinä 1, 3, 4, 5, 8 ja 14, joten näiden öiden mittausjaksot antavat olennaisimmat tulokset. On kuitenkin huomattava, että myös näiden öiden A-painotetut koko yöajan (22-07) sisämelutasot ovat hyvin matalat, vain 1,5 – 7,9 dB(A), joskin yksittäisten tuntien aikaiset sisämelutasot ovat olleet voimakkaalla tuulella jonkun verran korkeampia, mutta kuitenkin alle 10 dB(A).

Kovelahden mittauksissa (Taulukko 7 ja Kuva 32) koko yöaikainen A-painotettu ulkomelutaso ja myös sisämelutaso on ollut varsin korkea erityisesti mittausöinä 1 ja 2 sekä 6 ja 7. Erityisesti ensimmäisenä mittausyönä 23.-24.2. ulkomelutaso ja sen myötä myös sisämelutaso ovat olleet poikkeuksellisen korkeita erityisesti aamun tunteina kello 05-06 lähtien (ks. kuva 32).

*Taulukko 7. Jämijärven Ratiperän tuulivoima-alueen melumittausten yleistulokset Kovelahdessa mittausjaksolta 23.2.-3.3.2022. Ulko- ja sisämelutasot sekä toteutunut tuulensuunta (TS, englanninkieliset suunnat) ja tuulennopeus (TN) 100 m:n korkeudella Windy tuulisuusohjelman mukaan.*

| Mittaus-yö n:o | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,22-07}$ (dB) (ulkomelu) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,22-07}$ (dB) (sisämelu) | TS | TN (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 23.-24.2. | 22-07 | **58,2** | 100,0 | **16,0** | S | 9,9-12,9 |
| **2** | 24.-25.2. | 22-07 | **40,4** | 100,0 | **4,0** | S | 2,8-7,2 |
| **3** | 25.-26.2. | 22-07 | **30,5** | 87,2 | **-1,5** | NW-N | 6,5-7,4 |
| **4** | 26.-27.2. | 22-07 | **34,6** | 100,0 | **-1,0** | SW | 8,3-9,3 |
| **5** | 27.-28.2. | 22-07 | **31,1** | 100,0 | **-2,3** | SW-W | 5,2-7,5 |
| **6** | 28.2.-1.3. | 22-07 | **49,3** | 98,7 | **4,8** | SW | 10,0-10,5 |
| **7** | 1.-2.3. | 22-07 | **46,4** | 100,0 | **3,0** | SW | 6,8-7,5 |
| **8** | 2.-3.3. | 22-07 | **31,7** | 100,0 | **-1,8** | NW-N | 7,1-7,9 |

[1] Sisämelumittauksessa analyysikelpoisen meludatan prosenttiosuus.




*Kuva 32. Jämijärven Ratiperän tuulivoima-alueen yöaikaiset tuntikohtaiset A-painotetut ulko- ja sisämelutasot Kovelahden mittauspisteessä mittausjakson 23.2.–3.3.2022021 ajalta.*

Myös muiden mittausöiden aamun tunteina ulkomelutaso nousee ilmeisesti liikenteen lisääntymisen myötä. Tuulivoima-alueen ja mittauskohteen välissä Kovelahden vastarannan läheisyydessä kulkee Tampere – Vaasa välinen päätie (valtatie 5), jossa liikenne ja liikenteen aiheuttama melu ulkomelun mittauspisteessä alkaa kohota selvästi kello 05 jälkeen aamulla. Kovelahden melumittaukset eivät useimpina öinä siten edusta tuulivoimaloiden melua, koska etäisyys lähimpäänkin tuulivoimalaan on yli viisi kilometriä. Seuraavassa tarkastelussa on keskitytty öiden 3 (25.-26.2.), 4 (26.-27.2), 5 (27.-28.2) ja 8 (2.-3.3.) melutasojen tarkasteluun.

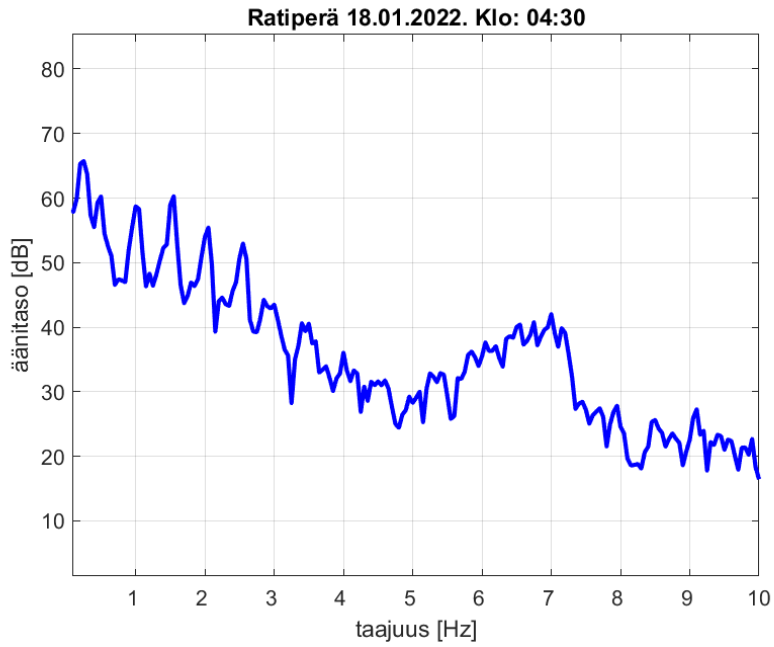
Kovelahden mittausten osalta tuulen suunnat lounaasta länteen (taulukossa 7 ja kuvassa 32 suunnat SW ja W) edustavat tuulensuuntia, joita tulisi käyttää tuulivoimamelun vaikutuksia arvioitaessa. Näitä suuntia on mittausjakson aikana esiintynyt tarkastelussa olevien mittausöiden 4 ja 5 aikana (merkitty taulukkoon 7 harmaalla värillä). Mittausöiden 3 ja 8 aikana (merkitty taulukkoon 7 keltaisella värillä) tuulensuunta on ollut luoteen ja pohjoisen puolelta. Tuulen nopeus 100 m:n korkeudella eli lähellä voimalan napakorkeutta on ollut varsin voimakasta mittausyön 4 (SW, 8,3-9,3 m/s) ja hieman heikompaa mittausyönä 5 (SW-W, 5,2-7,5 m/s). Koillinen - pohjoinen välisillä tuulilla mittausyönä 8 tuuli on ollut kohtalaisen voimakasta (NW-N, 7,1-7,9 m/s) ja mittausyönä 3 heikompaa (NW-N, 6,5-7,4 m/s), joten näiden neljän yön melutasoja vertaamalla saadaan kuvaa tuulen voimakkuuden ja suunnan vaikutuksista erityisesti infraäänen syntymiseen sisätiloihin. Huomattava, että näiden öiden A-painotetut koko yöajan (22-07) sisämelutasot ovat hyvin matalat, vain -1,8 – -1,0 dB(A), joten mittauskohteessa koettu melun häiritsevyys ei voi olla tuulivoimaloiden aiheuttaman A-painotetun kokonaismelun aiheuttamaa.

### 2.3.4 Infraäänen kapeakaista-analyysit

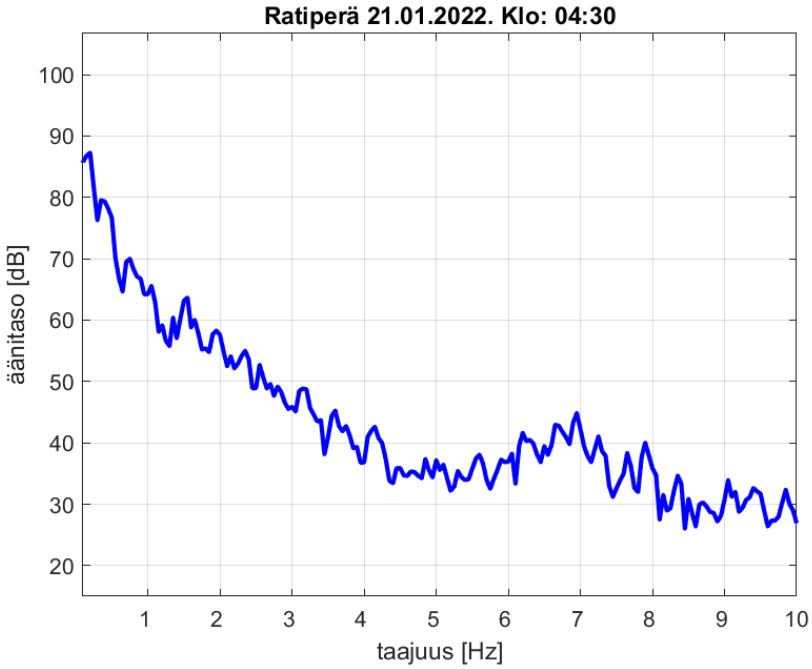
Kun tarkastellaan tuulivoimaloiden mittauskohteen sisätiloihin synnyttämää infraääntä taajuusalueella 0 – 10 Hz kapeakaista-analyysina havaitaan, että Vuorenpään mittauskohteessa lapataajuiset komponentit esiintyvät useimpina mittausöinä varsin selvästi. Poikkeuksen muodostavat yllättäen kohtalaisen tai hyvin voimakkaan pohjoistuulen yöt (19.-21.1., 27.-28.1. ja 30.-31.1.). Myöskin muissa tuulen suunnissa voimakas tuuli näytti estävän lapataajuisten komponenttien esiintymisen. Todennäköisesti näissä voimakkaan tuulen tapauksissa on kyse siitä, että tuuli on voimakasta myös maanpinnan lähellä, jolloin yksittäinen lapa ei oikene ala-asennossa eikä lapaan kohdistu kovin vaihtelevaa voimaa yhden kierroksen aikana.

Kuvissa 30 ja 31 on esitetty yöllä yhden minuutin ajalta 18.1.2022 klo 04:30 – 04:31 (kuva 30) ja 21.1.2022 klo 04:30 – 04:31 (kuva 31) kapeakaista-analyysit. Kuvassa 30 tuulen suunta on luoteesta 6,4 m/s (100 m:n korkeudella) ja kuvassa 31 tuulen suunta on pohjoisesta 11,1 m/s (100 m:n korkeudella). Kuvassa 30 luoteen puoleisella tuulella voimaloiden lapataajuinen komponentti harmonisine monikertoineen näkyy selvästi alimmilla harmonisilla. Pohjoisen puoleisella hyvin voimakkaalla tuulella lapataajuinen komponentti ei sen sijaan juurikakan erotu, mutta alimman ”infraäänipiikin” taso on huomattavan korkea indikoiden hyvin voimakasta tuulta, joka ilmeisesti ”häivyttää” lapataajuisen ja sen harmonisen komponentit.

Mielenkiintoinen piirre Ratiperän voimaloiden tuottamassa infraäänessä (kuva 30) on se, että lapataajuisen, noin 1 Hz:n taajuisen infraäänikomponentin ja sen harmonisten lisäksi infraäänispektrissä erottuvat hyvin selvästi ”puolikasharmoniset” infraäänikomponentit. Jos lapataajuus on noin 1 Hz, sen alimmat harmoniset komponentit olisivat 2, 3 ja 4 Hz:n taajuuksilla. Kuvassa 30 on kuitenkin selvästi havaittavissa taajuuspiikit myös 1,5 ja 2,5 Hz:n taajuuksilla sekä hieman heikommin 0,5 ja 3,5 Hz:n taajuuksilla.



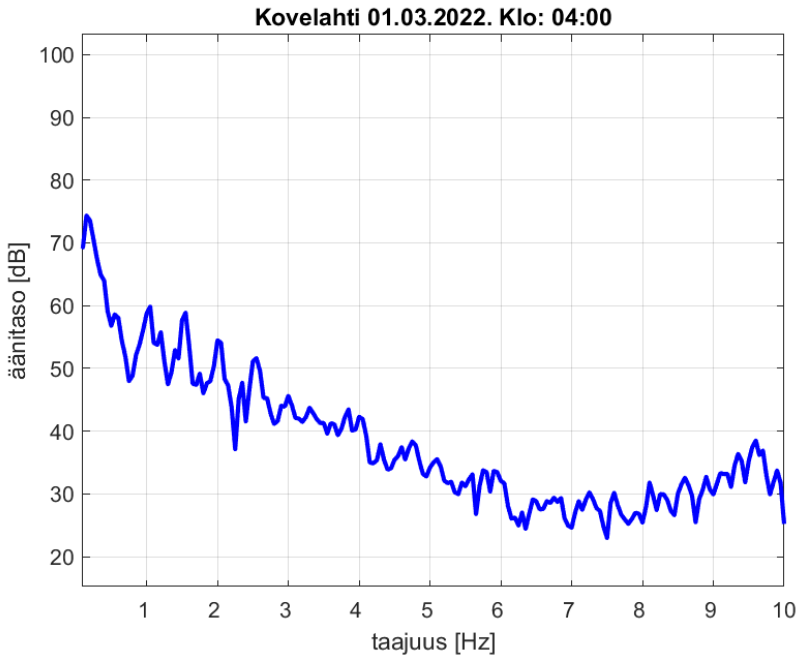

*Kuva 30. Jämijärven Ratiperän tuulivoima-alueen yöajan 17.-18.1.2022 klo 04:30 – 04:31 sisämelun infraäänen kapeakaistainen esimerkkikuva taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Vuorenpään mittauskohde, tuulen suunta luoteesta 6,4 m/s. Sisämelun A-painotettu kokonaistaso 6,4 dB(A)*




*Kuva 31. Jämijärven Ratiperän tuulivoima-alueen yöajan 20.-21.1.2022 klo 04:30 – 04:31 sisämelun infraäänen kapeakaistainen esimerkkikuva taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Vuorenpään mittauskohde, tuulen suunta pohjoisesta 11,1 m/s. Sisämelun A-painotettu kokonaistaso 7,8 dB(A).*

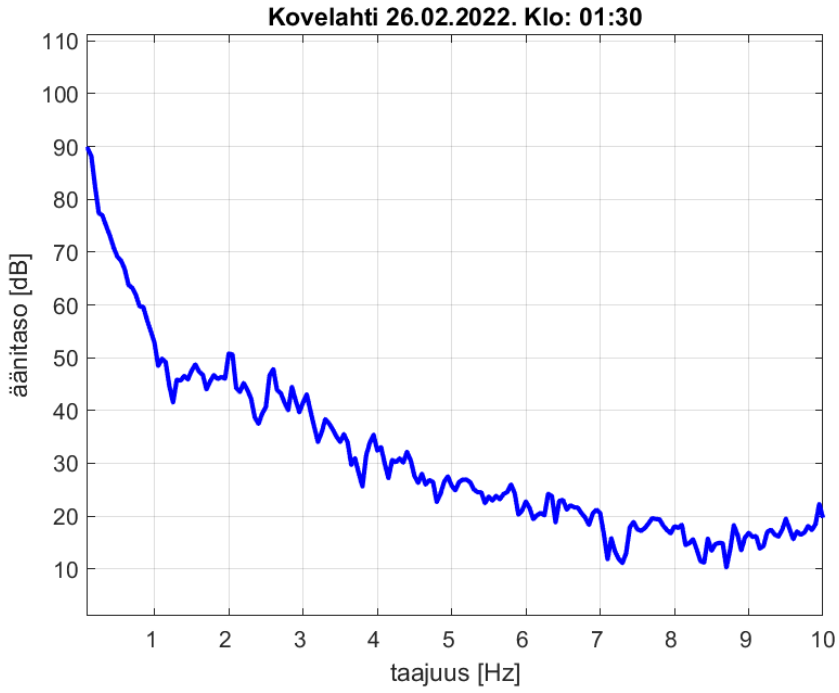
Myös Kovelahden mittauspisteessä esiintyi joinain öinä kohtalaisen voimakasta tuulivoimaloiden lapataajuista ja lapataajuuden harmonisten komponenttien infraääntä. Kuvassa 32 on esimerkki Kovelahdessa likimain saman tasoisena esiintyneestä infraäänestä verrattuna Vuorenpään mittauspisteeseen huolimatta siitä, että Kovelahden mittauspistettä lähimpään tuulivoimalaan on etäisyyttä yli viisi kilometriä. Infrääni etenee olennaisesti vaimentumatta ilmeisen pitkiäkin

matkoja, joten tuulivoimaloiden infraäänelle altistumisen vaikutuksia ei voi rajata vain lähelle tuulivoima-aluetta.

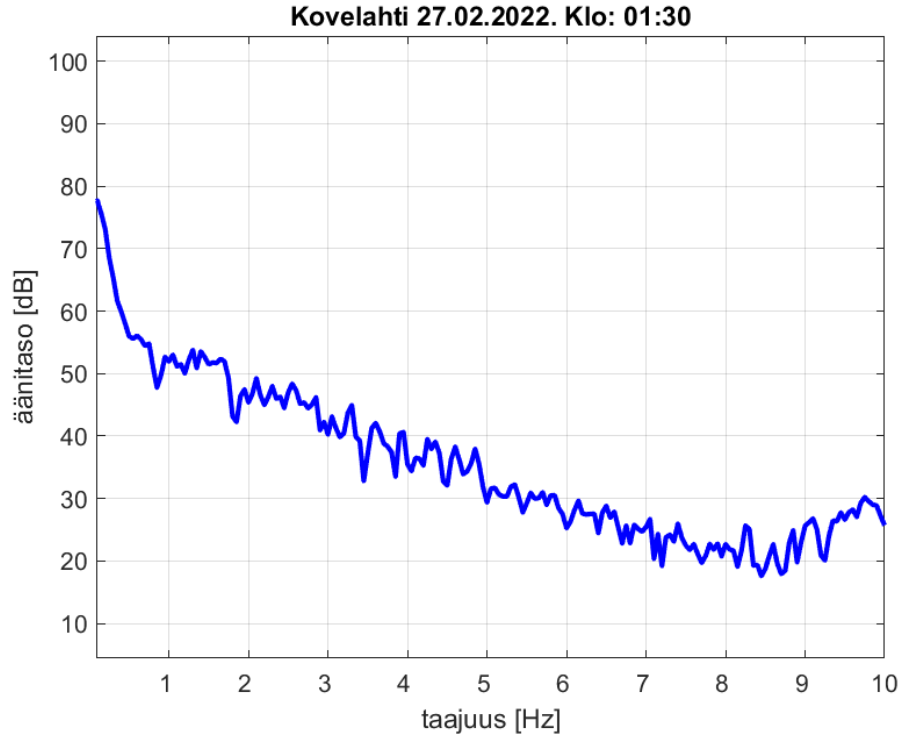



*Kuva 32. Jämijärven Ratiperän tuulivoima-alueen yöajan 27.-28.2.2022 klo 04:00 – 04:01 sisämelun infraäänen kapeakaistainen esimerkkikuva taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Kovelahden mittauskohde, tuulen suunta lännestä 5,6 m/s. Sisämelun A-painotettu kokonaistaso -1,4 dB(A).*

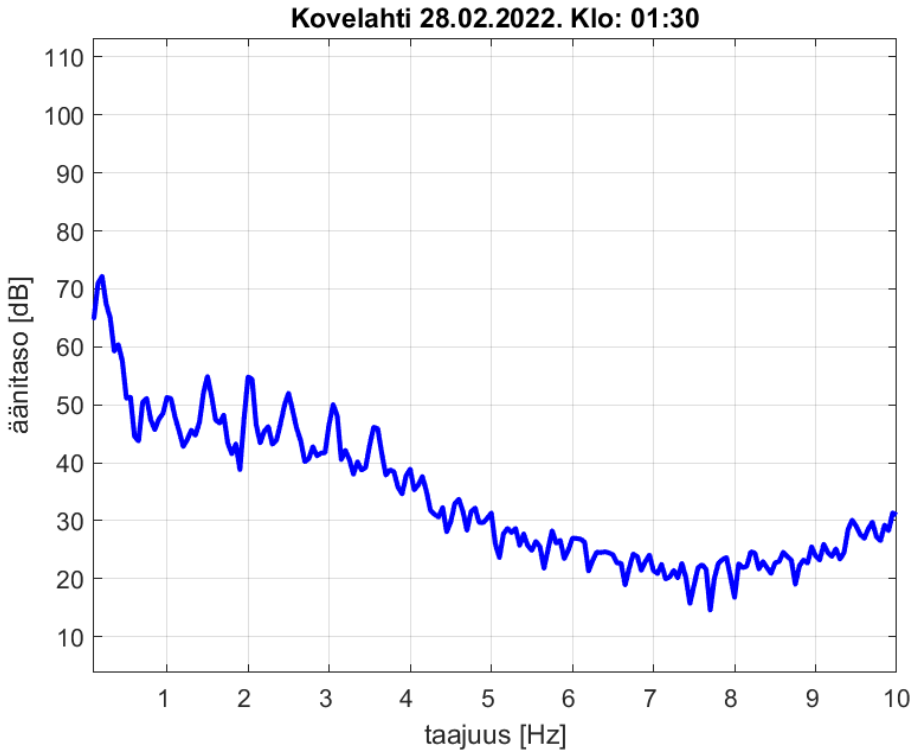
Seuraavissa kolmessa kuvassa on verrattu Kovelahden mittauspisteessä samaan aikaan eri öinä kahdella eri tuulensuunnalla ja tuulennopeudella tallennettuja infraäänitasoja.




*Kuva 33. Jämijärven Ratiperän tuulivoima-alueen yöajan 25.-26.2.2022 klo 01:30 – 01:31 sisämelun infraäänen kapeakaistainen esimerkkikuva taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Kovelahden mittauskohde, tuulen suunta luoteesta 6,6 m/s. Sisämelun A-painotettu kokonaistaso -3,5 dB(A).*




*Kuva 34. Jämijärven Ratiperän tuulivoima-alueen yöajan 26.-27.2.2022 klo 01:30 – 01:31 sisämelun infraäänen kapeakaistainen esimerkkikuva taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Kovelahden mittauskohde, tuulen suunta lounaasta 9,3 m/s. Sisämelun A-painotettu kokonaistaso 0,5 dB(A).*




*Kuva 35. Jämijärven Ratiperän tuulivoima-alueen yöajan 27.-28.2.2022 klo 01:30 – 01:31 sisämelun infraäänen kapeakaistainen esimerkkikuva taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Kovelahden mittauskohde, tuulen suunta lounaasta 6,5 m/s. Sisämelun A-painotettu kokonaistaso -2,9 dB(A).*

Tarkastelun kohteena olivat kolme yötä, jolloin melu Kovelahden mittauskohteessa on kaikkein todennäköisimmin peräisin Ratiperän tuulivoima-alueen voimaloista eikä tuulivoima-alueen ja mittauskohteen välisen tien liikenteestä.

Kuvan 33 infraäänispektri edustaa pohjoisen puoleisen tuulen melko alhaisen tuulennopeuden tilannetta (NW, 6,6 m/s) ja kuva 34 voimakkaan lounaan puoleisen tuulen tilannetta (SW, 9,3 m/s). Kummassakaan spektrissä ei erotu lapataajuista tai sen harmonisten melukomponentteja. Molemmissa spektreissä näkyy sen sijaan selvästi ilmeisesti tuulen aiheuttama voimakas melukomponentti hyvin pienellä taajuudella.

Kuvassa 35 lounaan puoleisen tuulen nopeus on hieman kuvan 34 tuulen nopeutta alhaisempi (SW, 6,5 m/s) ja tuulivoimaloiden lapataajuiset komponentit näkyvät selvästi kolmanteen harmoniseen asti. Myös ”puolikasharmoniset” komponentit erottuvat tässä tapauksessa hyvin selvästi. Voimakkaan tuulen aiheuttama harmonisten komponenttien katoaminen on mielenkiintoinen ilmiö, jonka selvittämiseen ei tämän hankkeen rajallisten resurssien puitteissa ole ollut mahdollisuutta.

# 4 Johtopäätökset

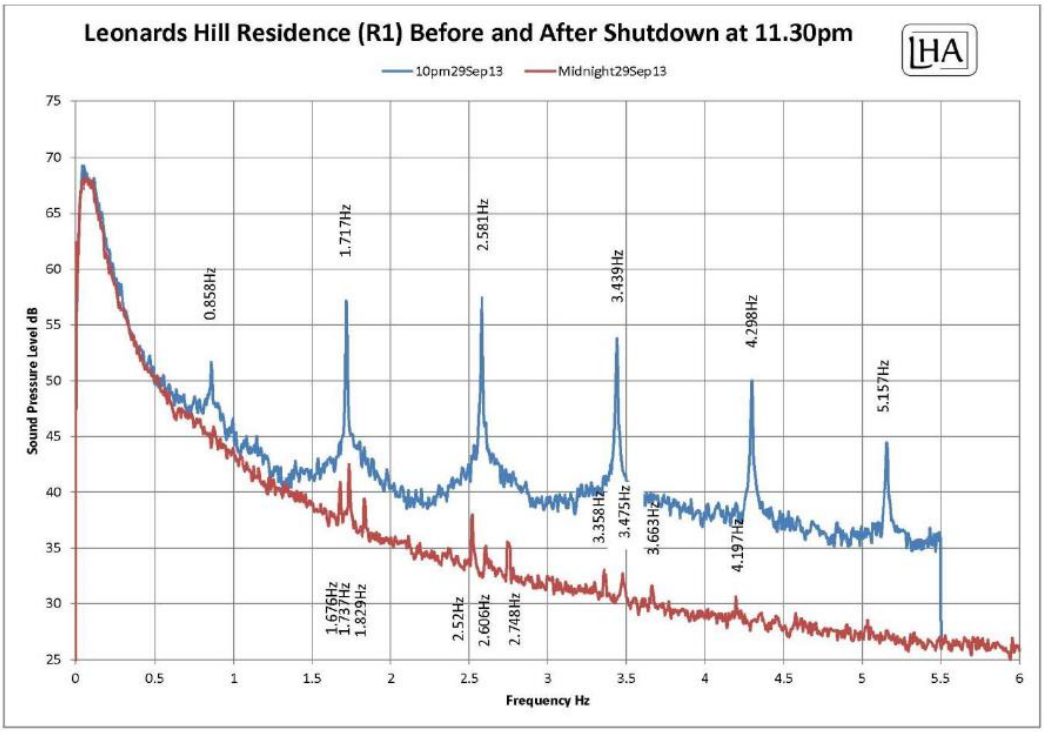
Tuulivoimalamelun todellista häiritsevyyttä ja haitallisuutta arvioitaessa on ilmeistä, että asumisterveysasetuksen [6] ja sen sovellusohjeen [7] mukaiset sisämelun yhden tunnin lineaariset yöaikaiset terssikaistatasot taajuusalueella 20 – 200 Hz eivät kuvaa tuulivoimamelun todellista häiritsevyyttä oikein. Lisäksi on selvää, että terssikaista-analyysi ei paljasta tuulivoimamelun tärkeintä terveyttä vaarantavaa piirrettä eli lapataajuisen melukomponentin ja sen harmonisten komponenttien esiintymistä sisätiloissa. Tuulivoimamelun todellista terveysriskiä voidaan arvioida vain sisätiloihin etenevän infraäänen lyhytaikasilla kapeakaista-analyyseilla tai terssikaista-analyysia olennaisesti kapeammalla analyysikaistalla.

Sisätiloihin etenevän tuulivoimamelun todellista häiritsevyyttä ja terveysvaikutuksia arvioitaessa meluanalyysit on myös tehtävä lyhyen aikavälin (1 – 10 minuutin ?) jaksoilta ja ulottuen taajuusalueessa ainakin noin puoleen voimalan pyörimistaajuudesta (0,25 … 0,3 Hz). Lisäksi on huomattava, että muutaman tunnin tai edes yhden koko yön aikainen mittaus ei välttämättä ole riittävä, vaan on myös huomioitava tuulen suunta ja tuulen nopeus lähellä voimalan napakorkeutta, jotta saadaan esiin tuulen pystysuuntaisen nopeusjakauman vaikutus tuulivoimalan käyttäytymiseen ja melun tuottoon.

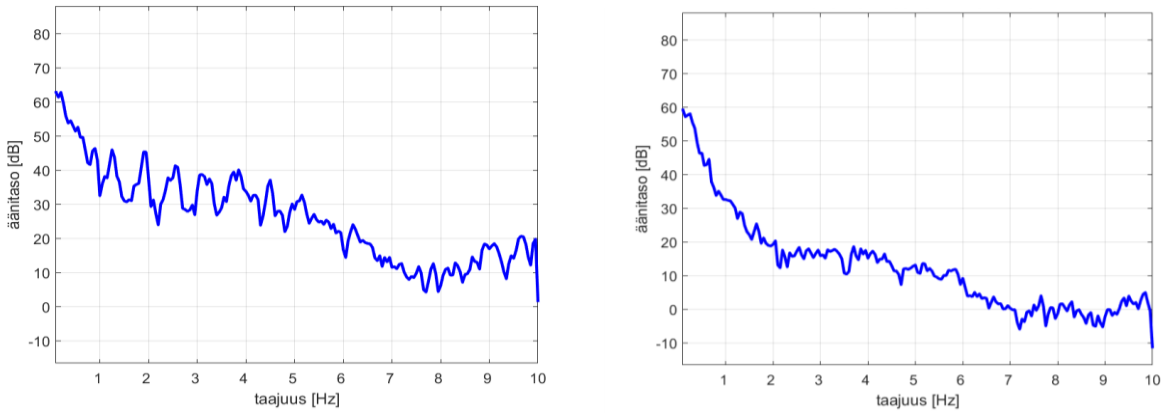
Terssikaistainen tarkastelu antaa virheellisen kuvan lapataajuisen ja lapataajuuden harmonisten komponenttien tasoista ja tasoeroista sekä näiden harmonisten komponenttien välisillä taajuuksilla esiintyvästä matalatasoisemmasta ”tausta”melusta. Tämä ilmiö on todettu useissa tutkimuksissa ja siihen on kiinnitetty huomiota mm. erittäin perusteellisessa australialaisessa tutkimuksessa [8], saksalaisten lääkäreiden ilmiön lääketieteellisiä vaikutuksia pohtivassa artikkelissa [9] ja viimeksi IntechOpen julkaisussa [10], jossa on analysoitu tuulivoimaloiden aiheuttamaa infraääntä 1/36-oktaavikaistoittain. Lisäksi on huomattava, että sisätiloissa tehdyissä mittauksissa hyvin pieniin taajuuksiin (alle 0,25 … 0,315 Hz) ulottuvassa terssikaista-analyysissa alimmat terssikaistakomponentit eivät mitä todennäköisimmin edusta tuulivoimaloiden synnyttämää melua, vaan tuulen rakennuksen ulkopinnoissa synnyttämää melua.

Esimerkkinä kapeakaista-analyysista on jo Avohoidon tutkimussäätiölle tehdyn apurahaanomuksen liitteessä ollut kuva australialaisesta tutkimuksesta [15] (tämän raportin kuva 36), joka on ollut ohjaavana kuvana myös TUVOTERRI-hankkeen infraäänen kapeakaista-analyyseja tehtäessä. Myös tässä kuvassa näkyy selvästi, miten aivan pienimmillä, alle 0,5 Hz:n taajuuksilla tuulivoimamelumittauksessa melutaso ei muutu lainkaan, vaikka tuulivoimalat pysäytetään. Vaikka TUVOTERRI-hankkeessa ei aivan noin selkeää indikaatiota pienimpien taajuuksien synnystä tuulen vaikutuksesta saatukaan, on ilmeisen selvää, että riittävän pieniin taajuuksiin ulottuvissa terssikaista-analyyseissa alimpien melukomponenttien (alle noin 0,4 Hz) aiheuttajana on rakennusten rakenteisiin kohdistuva tuuli eikä tuulivoimalan aiheuttama lapataajuinen tai pyörimistaajuinen infrääni.

Vertailun vuoksi on kuvan 36 jälkeen toistettu uudelleen tämän raportin kuvat 20 ja 21 yhdistettynä kuvaksi 37, joista käy ilmi australialaiskuvan 36 viesti: kun tuulivoimala on käynnissä sopivan tuulen vallitessa, voimala(t) tuottaa lapataajuista ja lapataajuuden alimpien harmonisten muodostamaa kapeakaistaista infraääntä ja kun voimala(t) sammutetaan lapataajuiset infraäänikomponentit katoavat, mutta pienitaajuisin (tuulen rakennukseen synnyttämä) melukomponentti pysyy likimain samantasoisena.




*Kuva 36. Esimerkki tuulivoimalan synnyttämistä lapataajuisesta ja lapataajuuden harmonisista infraäänikomponenteista mittauspistettä lähimmän voimalan ollessa käynnissä (sininen käyrä) ja sammutettuna (punainen käyrä).* [15]




*Kuva 37. Leppävirran Niittysmäki-Konkanmäki tuulivoima-alueen yöajan 23.-24.3.2021 klo 02:11 – 02:12 ja 02:16 - 02:17 sisämelun infraäänen yhden minuutin kapeakaistainen esimerkkikuva taajuusalueella 0,1 – 10 Hz. Vasen kuva: Voimalat käynnissä, A-painotettu kokonaistaso yhden minuutin mittausjakson aikana 10,4 dB(A). Oikea kuva: Voimalat pysähdyksissä, A-painotettu kokonaistaso yhden minuutin mittausjakson aikana 13,4 dB(A).*

On siten selvää, että terssikaista-analyysi ei paljasta tuulivoimamelun tärkeintä terveyttä vaarantavaa piirrettä eli lapataajuisen melukomponentin ja sen harmonisten komponenttien esiintymistä sisätiloissa. Tuulivoimamelun todellista terveysriskiä voidaan arvioida vain sisätiloihin etenevän infraäänen kapeakaista-analyysilla tai terssikaista-analyysia olennaisesti kapeammalla analyysitavalla, esimerkiksi lähteen [10] mukaisella 1/36-oktaavianalyysilla.

On myös selvää, että Suomen lainsäädännön mukaiset ulko- ja sisämelun tasot eivät riitä takaamaan sitä, että tuulivoimaloiden melua ei koettaisi häiritseväksi tai että se ei olisi terveydelle

haitallista sisätiloissa. Ulkomelutasojen osalta ympäristöministeriön aiemman ohjeistuksen [16] mukainen yöaikainen loma-asuntojen melutason enimmäisarvo 35 dB(A) olisi sen sijaan ollut ilmeisen oikean suuntainen sallittu melutaso arvioitaessa tuulivoimaloiden aiheuttamaa melu-haittaan ulkomelutason perusteella myös taajama-alueella.

Tuulivoimaloiden synnyttämän infraäänen terveysvaikutustutkimuksista on vuoden 2021 aikana julkaistu myös laaja suomenkielinen yhteenveto [17] ja jo edellä mainittu Saksassa laadittu katsaus tuulivoimaloiden infraäänen terveysvaikutuksiin [9]. Molemmissa näistä on todettu tuulivoimaloiden infraäänen olevan potentiaalinen terveysriski ja tuodaan esiin tarve tuulivoimaloiden synnyttämän infraäänen määrittämiseen ja sen selvittämiseen, miten infrääni vaikuttaa tuulivoima-alueiden lähellä asuvien ihmisten terveyteen.

## Lähdeviitteet


1. *Ympäristöministeriö. Helsinki 2016. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5 | 2016. 121 s.*
2. *Ympäristöministeriö. Helsinki 2014. Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2 | 2014. 53 s.*
3. *Suomen tuulivoimayhdistys.* https://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoimatuotanto/voimaloiden-sijoittelu
4. *NSW Wind Energy Handbook 2002. Sustainable Energy Development Authority of NSW (SEDA). Sydney, Australia 2002. 85 s.*
5. *Bertagnalio, F., Madsen, H.A. & Fischer, A., Noise emission from wind turbines in wake – Measurement and modelling. Journal of Physics: Conf. Series* ***1037*** *(2018) 022001. 10 p.*
6. *Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 545/2015. Helsinki 2015. 12 s.*
7. *Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Osa II. Ohje 8/2016. Helsinki 2016. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto, Valvira. 12 s.*
8. *The results of an acoustic testing program Cape Bridgewater wind farm. Melbourne 2014. Energy Pacific (Vic) Pty Ltd. (Cooper, S.E.). 224 s.*
9. *Roos, W. & Vahl, C.: Infraschall aus technischen Anlagen. Wissenschaftliche Grundlagen fur eine Bewertung gesundheitlicher Risiken. ASU Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 2021:56. S. 420-430.*
10. *Bakker, H., Alves-Pereira, M., Mann, R., Summers, R. & Dickinson, P.: Infrasound exposure: High-resolution measurements near wind power plants. IntechOpen 2022. 22 p. https://www.intechopen.com/predownload/85225*
11. *Lännen Lintu Oy. Pahkionvuoren tuulivoimalat. Melumittaukset v. 2013-2014. Pöyry Finland Oy Energia (Carlo Di Napoli). 12 s. + liitteet.*
12. *Noise measurement at neighbor to Tetrituuli wind farm, ympäristöhallinnon ohjeita 4 | 2014. Aarhus 16. June 2021. SWECO (Egedal, R., Christensen, N.F. & Sondergaard, B.). 36 s.*
13. *Luhangan Latamäen tuulivoimalaitosten melumittaukset, ympäristöministeriön ohjeen 4/2014 mukaisesti. Raportti. 20.1.2011, Ramboll, Janne Ristolainen. Viite 1510049910. 14 s. + liitteet.*
14. *Latamäen tuulivoimahanke, Luhanka - Melumallinnus. Numerola Oy (Erkki Heikkola). Jyväskylä, 14.6.2012. 11 s.*
15. *Huson, W. L., Stationary wind turbine infrasound emissions and propagation loss measurements. 6th International Conference on Wind Turbine Noise. Glasgow 20-23 April 2015. 18 p*
16. *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 4 | 2012. Helsinki 2012. Ympäristöministeriö. 92 s.*
17. *Suomi, K. & Keronen, P.: 2021ISBN 978-952-94-4455-7Elektroninen julkaisu:https://www.dropbox.com/sh/uvhju2hwrklhltm/AADcm77N0runo7E_Kq9g0x7Ma?dl=0. 70 s.*

**HUITTINEN, PAHKIONVUORI, 9.-15.3.2021** **Liite 1**

Ulko- ja sisämelutasot ($L_{Aeq,\ 1h}$ ja $L_{Aeq,\ 22\text{-}07}$) + tuulensuunta (TS) ja tuulennopeus (TN) (Windy, 100 m:n korkeudella) **1(1)**

| Mittaus-yö no | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) | Mittaus-yö no | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 09.03. | 22-23 | **36,0** | 6,7 | **10,9** | E | 8,2 | | 12.03. | 22-23 | **30,7** | 55,0 | **8,4** | SE | 5,7 |
| | 09.03. | 23-24 | **36,9** | 0,0 | | E | 7,7 | | 12.03. | 23-24 | **30,4** | 11,7 | **8,1** | SE | 5,7 |
| | 10.03. | 00-01 | **35,5** | 16,7 | **9,2** | E | 7,7 | | 13.03. | 00-01 | **30,0** | 53,3 | **8,0** | SE | 5,7 |
| | 10.03. | 01-02 | **32,5** | 28,3 | **8,4** | E | 7,7 | | 13.03. | 01-02 | **30,2** | 58,3 | **8,2** | SE | 5,1 |
| **1** | 10.03. | 02-03 | **32,4** | 30,0 | **9,8** | E | 7,7 | **4** | 13.03. | 02-03 | **29,8** | 65,0 | **8,1** | S | 4,6 |
| | 10.03. | 03-04 | **31,5** | 41,7 | **9,2** | E | 7,7 | | 13.03. | 03-04 | **29,8** | 73,3 | **7,6** | S | 4,6 |
| | 10.03. | 04-05 | **32,0** | 30,0 | **9,4** | E | 7,2 | | 13.03. | 04-05 | **30,2** | 93,3 | **7,6** | SW | 5,1 |
| | 10.03. | 05-06 | **30,4** | 55,0 | **8,7** | E | 7,2 | | 13.03. | 05-06 | **30,8** | 73,3 | **7,5** | SW | 5,1 |
| | 10.03. | 06-07 | **32,2** | 45,0 | **9,7** | E | 7,2 | | 13.03. | 06-07 | **31,1** | 63,3 | **7,9** | S | 5,7 |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **9.-10.3.** | **22-07** | **33,8** | | **9,3** | **E** | **7,2-8,2** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **12.-13.3.** | **22-07** | **30,4** | | **7,9** | **SE-SW** | **4,6-5,7** |
| | 10.03. | 22-23 | **32,3** | 60,0 | **10,2** | SE | 7,7 | | 13.03. | 22-23 | **29,9** | 63,3 | **8,5** | S | 4,1 |
| | 10.03. | 23-24 | **33,3** | 45,0 | **10,3** | SE | 7,7 | | 13.03. | 23-24 | **29,1** | 56,7 | **8,7** | S | 4,1 |
| | 11.03. | 00-01 | **35,6** | 56,7 | **12,3** | SE | 8,2 | | 14.03. | 00-01 | **28,7** | 100,0 | **8,2** | S | 3,1 |
| | 11.03. | 01-02 | **35,7** | 50,0 | **13,3** | SE | 7,7 | | 14.03. | 01-02 | **28,9** | 100,0 | **8,1** | SE | 2,6 |
| **2** | 11.03. | 02-03 | **34,8** | 33,3 | **13,2** | SE | 7,7 | **5** | 14.03. | 02-03 | **28,6** | 100,0 | **8,0** | SE | 2,6 |
| | 11.03. | 03-04 | **34,7** | 51,7 | **12,8** | SE | 7,7 | | 14.03. | 03-04 | **28,4** | 90,0 | **8,0** | SE | 2,6 |
| | 11.03. | 04-05 | **35,6** | 40,0 | **12,6** | SE | 7,7 | | 14.03. | 04-05 | **28,0** | 78,3 | **7,7** | SE | 3,1 |
| | 11.03. | 05-06 | **36,2** | 28,3 | **13,2** | SE | 7,7 | | 14.03. | 05-06 | **28,9** | 60,0 | **8,1** | SE | 3,6 |
| | 11.03. | 06-07 | **34,3** | 38,3 | **11,7** | SE | 8,2 | | 14.03. | 06-07 | **29,4** | 85,0 | **7,7** | SE | 4,1 |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **10.-11.3.** | **22-07** | **34,9** | | **12,2** | **SE** | **7,7-8,2** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **13.-14.3.** | **22-07** | **28,9** | | **8,1** | **SE-S** | **2,6-4,1** |
| | 11.03. | 22-23 | **39,8** | 0,0 | | SE | 11,8 | | 14.03. | 22-23 | **27,1** | 36,7 | **8,0** | E | 3,6 |
| | 11.03. | 23-24 | **39,8** | 0,0 | | SE | 11,8 | | 14.03. | 23-24 | **28,2** | 70,0 | **7,9** | E | 3,1 |
| | 12.03. | 00-01 | **40,5** | 0,0 | | SE | 9,3 | | 15.03. | 00-01 | **27,9** | 63,3 | **8,1** | E | 2,6 |
| | 12.03. | 01-02 | **40,5** | 0,0 | | SE | 9,3 | | 15.03. | 01-02 | **27,8** | 60,0 | **8,2** | NE | 2,1 |
| **3** | 12.03. | 02-03 | **39,4** | 0,0 | | SE | 9,3 | **6** | 15.03. | 02-03 | **28,0** | 58,3 | **7,9** | NE | 2,6 |
| | 12.03. | 03-04 | **38,3** | 0,0 | | SE | 9,3 | | 15.03. | 03-04 | **28,0** | 65,0 | **7,9** | NE | 3,1 |
| | 12.03. | 04-05 | **37,9** | 0,0 | | SE | 9,3 | | 15.03. | 04-05 | **28,0** | 31,7 | **7,9** | NE | 3,6 |
| | 12.03. | 05-06 | **37,8** | 0,0 | | SE | 9,3 | | 15.03. | 05-06 | **30,0** | 25,0 | **8,3** | NE | 4,1 |
| | 12.03. | 06-07 | **37,3** | 0,0 | | SE | 8,7 | | 15.03. | 06-07 | **31,2** | 63,3 | **8,1** | NE | 3,6 |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **11.-12.3.** | **22-07** | **39,2** | | | **SE** | **8,7-11,8** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **14.-15.3.** | **22-07** | **28,7** | | **8,0** | **NE-E** | **2,1-4,1** |

[1] sisämelun validin datan prosenttiosuus

**LEPPÄVIRTA, NIITTYSMÄKI-KONKANMÄKI, 22.-30.3.2021** **Liite 2**

Ulko- ja sisämelutasot ($L_{Aeq,\ 1h}$ ja $L_{Aeq,\ 22\text{-}07}$) + tuulensuunta (TS) ja tuulennopeus (TN) (Windy, 100 m:n korkeudella) **1(2)**

| Mittaus-yö no | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) | Mittaus-yö no | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 22.3. | 22-23 | **36,6** | 40,0 | **13,2** | NW | 5,7 | | 25.3 | 22-23 | **29,6** | 56,7 | **15,1** | SW | 5,1 |
| | 22.3. | 23-24 | **36,6** | 86,7 | **12,5** | NW | 4,1 | | 25.3. | 23-24 | **30,9** | 61,7 | **14,5** | SW | 5,1 |
| | 23.3. | 00-01 | **36,7** | 50,0 | **11,7** | W | 3,6 | | 26.3. | 00-01 | **29,9** | 78,3 | **13,8** | SW | 5,1 |
| | 23.3. | 01-02 | **37,7** | 88,3 | **11,7** | W | 3,6 | | 26.3. | 01-02 | **29,6** | 73,3 | **13,1** | SW | 5,1 |
| **1** | 23.3. | 02-03 | **40,8** | 55,0 | **12,1** | W | 4,1 | **4** | 26.3. | 02-03 | **29,6** | 78,3 | **13,3** | SW | 5,1 |
| | 23.3. | 03-04 | **41,8** | 75,0 | **11,9** | SW | 5,1 | | 26.3. | 03-04 | **29,4** | 66,7 | **12,6** | SW | 5,1 |
| | 23.3. | 04-05 | **41,7** | 66,7 | **12,5** | SW | 5,7 | | 26.3. | 04-05 | **28,9** | 80,0 | **12,3** | SW | 5,1 |
| | 23.3. | 05-06 | | 78,3 | **12,3** | SW | 6,7 | | 26.3. | 05-06 | | 78,3 | **12,5** | SW | 5,1 |
| | 23.3. | 06-07 | | 20,0 | **13,4** | SW | 6,7 | | 26.3. | 06-07 | | 65,0 | **12,6** | SW | 5,1 |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **22.-23.3.** | **22-07** | **39,4** | | **12,4** | **SW-NW** | **3,6-6,7** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **25.-26.3.** | **22-07** | **29,7** | | **13,4** | **SW** | **5,1** |
| | 23.3. | 22-23 | | 81,7 | **13,0** | W | 8,2 | | 26.3. | 22-23 | | 50,0 | **15,3** | | |
| | 23.3. | 23-24 | | 58,3 | **13,2** | W | 8,2 | | 26.3. | 23-24 | | 48,3 | **15,2** | SW | 5,1 |
| | 24.3. | 00-01 | (00:15- | 86,7 | **12,8** | W | 8,2 | | 27.3. | 00-01 | | 73,3 | **15,4** | | |
| | 24.3. | 01-02 | 01:15) | 71,7 | **13,3** | W | 8,2 | | 27.3. | 01-02 | | 53,3 | **12,4** | | |
| **2** | 24.3. | 02-03 | (02:15- | 91,7 | **12,5** | SW | 8,2 | **5** | 27.3. | 02-03 | | 90,0 | **14,4** | SW | 5,1 |
| | 24.3. | 03-04 | 03:15) | 41,7 | **13,7** | SW | 8,7 | | 27.3. | 03-04 | | 60,0 | **13,5** | | |
| | 24.3. | 04-05 | | 73,3 | **15,0** | SW | 8,7 | | 27.3. | 04-05 | | 90,0 | **13,7** | | |
| | 24.3. | 05-06 | | 13,3 | **16,3** | SW | 8,7 | | 27.3. | 05-06 | | 73,3 | **12,8** | S | 5,1 |
| | 24.3. | 06-07 | | 6,7 | **16,8** | SW | 8,7 | | 27.3. | 06-07 | | 71,7 | **13,3** | | |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **23.-24.3.** | **22-07** | | | **14,3** | **SW-W** | **8,2-8,7** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **26.-27.3.** | **22-07** | | | **14,1** | **S-SW** | **5,1** |
| | 24.3. | 22-23 | | 28,3 | **17,6** | SW | 8,2 | | 27.3. | 22-23 | **33,1** | 50,0 | **13,0** | | |
| | 24.3. | 23-24 | | 23,3 | **16,4** | SW | 8,7 | | 27.3. | 23-24 | **32,8** | 63,3 | **12,3** | S | 5,1 |
| | 25.3 | 00-01 | | 61,7 | **15,1** | SW | 8,2 | | 28.3 | 00-01 | **32,5** | 71,7 | **13,0** | S | 6,2 |
| | 25.3 | 01-02 | | 65,0 | **14,2** | SW | 7,7 | | 28.3 | 01-02 | **32,1** | 76,7 | **12,4** | | |
| **3** | 25.3 | 02-03 | | 61,7 | **14,6** | W | 7,7 | **6** | 28.3 | 02-03 | **31,8** | 78,3 | **12,9** | S | 6,2 |
| | 25.3 | 03-04 | | 61,7 | **14,3** | W | 7,2 | | 28.3 | 03-04 | **35,5** | | | | |
| | 25.3 | 04-05 | | 61,7 | **13,3** | W | 7,2 | | 28.3 | 04-05 | | 70,0 | **13,4** | S | 6,7 |
| | 25.3 | 05-06 | | 53,3 | **12,7** | W | 6,7 | | 28.3 | 05-06 | | 66,7 | **13,5** | S | 6,7 |
| | 25.3 | 06-07 | | 18,3 | **13,7** | W | 6,7 | | 28.3 | 06-07 | | 83,3 | **12,8** | S | 6,7 |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **24.-25.3.** | **22-07** | | | **14,9** | **SW-W** | **6,7-8,7** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **27.-28.3.** | **22-07** | **33,2** | | **12,9** | **S** | **5,1-6,7** |

[1] sisämelun validin datan prosenttiosuus  SWECOn mittausjakso (mj)  Tuulivoimalat pysähdyksissä (mj:n aikana)

**LEPPÄVIRTA, NIITTYSMÄKI-KONKANMÄKI, 22.-30.3.2021** **Liite 2**

Ulko- ja sisämelutasot ($L_{Aeq,\ 1h}$ ja $L_{Aeq,\ 22\text{-}07}$) + tuulensuunta (TS) ja tuulennopeus (TN) (Windy, 100 m:n korkeudella) **2(2)**

| Mittaus-yö no | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) | Mittaus-yö no | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 28.3. | 22-23 | **37,2** | 33,3 | **16,8** | S | 5,7 | | | | | | | | |
| | 28.3. | 23-24 | **37,2** | 55,0 | **16,5** | S | 6,7 | | | | | | | | |
| | 29.3. | 00-01 | **37,4** | 75,0 | **16,4** | S | 7,2 | | | | | | | | |
| | 29.3. | 01-02 | **37,5** | 55,0 | **16,4** | S | 7,2 | | | | | | | | |
| **7** | 29.3. | 02-03 | **38,1** | 81,7 | **16,2** | S | 7,7 | **10** | | | | | | | |
| | 29.3. | 03-04 | **38,4** | 56,7 | **15,8** | S | 7,7 | | | | | | | | |
| | 29.3. | 04-05 | **39,0** | 56,7 | **16,4** | S | 8,2 | | | | | | | | |
| | 29.3. | 05-06 | | 33,3 | **16,4** | S | 8,7 | | | | | | | | |
| | 29.3. | 06-07 | | 33,3 | **16,4** | S | 8,7 | | | | | | | | |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **28.-29.3.** | **22-07** | **37,9** | | **16,4** | **S** | **5,7-8,7** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | | | | | | | |
| | 29.3. | 22-23 | | 0,0 | | S | 11,8 | | | | | | | | |
| | 29.3. | 23-24 | | 18,3 | **18,5** | S | 11,3 | | | | | | | | |
| | 30.3. | 00-01 | | 8,3 | **19,1** | S | 11,3 | | | | | | | | |
| | 30.3. | 01-02 | | 30,0 | **17,8** | SW | 10,8 | | | | | | | | |
| **8** | 30.3. | 02-03 | | 11,7 | **17,5** | SW | 9,8 | **11** | | | | | | | |
| | 30.3. | 03-04 | | 23,3 | **17,7** | SW | 8,7 | | | | | | | | |
| | 30.3. | 04-05 | | 21,7 | **16,6** | SW | 8,2 | | | | | | | | |
| | 30.3. | 05-06 | | 35,0 | **15,8** | W | 8,2 | | | | | | | | |
| | 30.3. | 06-07 | | 6,7 | **15,8** | W | 8,2 | | | | | | | | |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **23.-24.3.** | **22-07** | | | **17,5** | **S-W** | **8,2-11,8** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | | | | | | | |
| **9** | | | | | | | | **12** | | | | | | | |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | | | | | | | | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | | | | | | | |

[1] sisämelun validin datan prosenttiosuus

**LUHANKA, LATAMÄKI, 31.3.-9.4.2021, 15.-18.11.2021 (sisämelu) ja 1.-4.12.2021 (ulkomelu)** **Liite 3**

Ulko- ja sisämelutasot ($L_{Aeq,\ 1h}$ ja $L_{Aeq,\ 22\text{-}07}$) + tuulensuunta (TS) ja tuulennopeus (TN) (Windy, 100 m:n korkeudella) **1(3)**

| Mittaus-yö no | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) | Mittaus-yö no | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 31.3. | 22-23 | | 98,3 | **6,5** | W | 7,8 | | 3.4. | 22-23 | | 93,3 | **6,5** | SW | 7,1 |
| | 31.3. | 23-24 | | 98,3 | **6,5** | W | 7,7 | | 3.4. | 23-24 | | 100,0 | **6,2** | SW | 7,5 |
| | 1.4. | 00-01 | | 98,3 | **6,8** | W | 7,8 | | 4.4. | 00-01 | | 96,7 | **6,5** | SW | 7,8 |
| | 1.4. | 01-02 | | 100,0 | **6,7** | NW | 7,8 | | 4.4. | 01-02 | | 100,0 | **6,7** | SW | 7,7 |
| **1** | 1.4. | 02-03 | | 96,7 | **6,8** | NW | 7,8 | **4** | 4.4. | 02-03 | | 96,7 | **6,8** | SW | 7,9 |
| | 1.4. | 03-04 | | 95,0 | **6,4** | NW | 7,8 | | 4.4. | 03-04 | | 98,3 | **6,8** | SW | 7,8 |
| | 1.4. | 04-05 | | 96,7 | **6,0** | NW | 8,0 | | 4.4. | 04-05 | | 98,3 | **7,0** | SW | 7,8 |
| | 1.4. | 05-06 | | 100,0 | **6,0** | NW | 7,7 | | 4.4. | 05-06 | | 100,0 | **6,9** | SW | 7,7 |
| | 1.4. | 06-07 | | 98,3 | **6,2** | NW | 7,4 | | 4.4. | 06-07 | | 100,0 | **6,9** | SW | 7,5 |
| **$L_{Aeq,22\text{-}07}$** | **31.3.-1.4.** | **22-07** | | | **6,4** | **W-NW** | **7,4-8,0** | **$L_{Aeq,22\text{-}07}$** | **3.-4.4.** | **22-07** | | | **6,7** | **SW** | **7,1-7,9** |
| | 1.4. | 22-23 | | 100,0 | **6,6** | W | 6,2 | | 4.4. | 22-23 | | 93,3 | **11,1** | S | 10,2 |
| | 1.4. | 23-24 | | 100,0 | **6,1** | W | 6,2 | | 4.4. | 23-24 | | 95,0 | **10,9** | S | 10,6 |
| | 2.4. | 00-01 | | 100,0 | **6,5** | W | 5,6 | | 5.4. | 00-01 | | 95,0 | **11,2** | S | 10,2 |
| | 2.4. | 01-02 | | 100,0 | **6,3** | W | 5,2 | | 5.4. | 01-02 | | 96,7 | **12,0** | S | 10,1 |
| **2** | 2.4. | 02-03 | | 100,0 | **6,1** | W | 5,7 | **5** | 5.4. | 02-03 | | 96,7 | **11,3** | S | 10,2 |
| | 2.4. | 03-04 | | 100,0 | **6,4** | W | 5,9 | | 5.4. | 03-04 | | 86,7 | **12,1** | S | 10,6 |
| | 2.4. | 04-05 | | 100,0 | **5,9** | W | 5,6 | | 5.4. | 04-05 | | 93,3 | **12,3** | S | 10,6 |
| | 2.4. | 05-06 | | 91,7 | **5,9** | W | 5,2 | | 5.4. | 05-06 | | 86,7 | **14,6** | S | 10,2 |
| | 2.4. | 06-07 | | 100,0 | **5,9** | W | 4,5 | | 5.4. | 06-07 | | 91,7 | **12,5** | S | 10,7 |
| **$L_{Aeq,22\text{-}07}$** | **1.-2.4.** | **22-07** | | | **6,2** | **W** | **4,5-6,2** | **$L_{Aeq,22\text{-}07}$** | **4.-5.4.** | **22-07** | | | **12,1** | **S** | **10,1-10,7** |
| | 2.4. | 22-23 | | 96,7 | **6,6** | N | 6,4 | | 5.4. | 22-23 | | 95,0 | **9,2** | s | 8,3 |
| | 2.4. | 23-24 | | 100,0 | **6,3** | N | 6,3 | | 5.4. | 23-24 | | 96,7 | **8,9** | S | 8,6 |
| | 3.4. | 00-01 | | 98,3 | **6,4** | N | 6,4 | | 6.4. | 00-01 | | 100,0 | **9,5** | S | 8,7 |
| | 3.4. | 01-02 | | 100,0 | **6,5** | N | 6,3 | | 6.4. | 01-02 | | 93,3 | **8,1** | s | 9,0 |
| **3** | 3.4. | 02-03 | | 100,0 | **6,4** | N | 6,2 | **6** | 6.4. | 02-03 | | 100,0 | **9,6** | S | 9,4 |
| | 3.4. | 03-04 | | 98,3 | **6,2** | N | 6,2 | | 6.4. | 03-04 | | 98,3 | **8,9** | s | 9,1 |
| | 3.4. | 04-05 | | 100,0 | **6,1** | N | 6,0 | | 6.4. | 04-05 | | 100,0 | **10,3** | S | 8,7 |
| | 3.4. | 05-06 | | 96,7 | **5,9** | N | 5,8 | | 6.4. | 05-06 | | 96,7 | **9,7** | S | 8,7 |
| | 3.4. | 06-07 | | 100,0 | **5,9** | NW | 5,5 | | 6.4. | 06-07 | | 98,3 | **9,8** | S | 8,7 |
| **$L_{Aeq,22\text{-}07}$** | **2.-3.4.** | **22-07** | | | **6,3** | **NW-N** | **5,5-6,4** | **$L_{Aeq,22\text{-}07}$** | **5.-6.4.** | **22-07** | | | **9,4** | **S** | **8,3-9,1** |

[1] sisämelun validin datan prosenttiosuus

**LUHANKA, LATAMÄKI, 31.3.-9.4.2021, 15.-28.11.2021 (sisämelu) ja 1.-4.12.2021 (ulkomelu)** **Liite 3**

Ulko- ja sisämelutasot ($L_{Aeq,\ 1h}$ ja $L_{Aeq,\ 22\text{-}07}$) + tuulensuunta (TS) ja tuulennopeus (TN) (Windy, 100 m:n korkeudella) **2(3)**

| Mittaus-yö no | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) | Mittaus-yö no | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6.4. | 22-23 | | 90,0 | **13,9** | SW | 10,1 | | 15.11. | 22-23 | | 98,3 | **10,4** | SW | 10,3 |
| | 6.4. | 23-24 | | 90,0 | **10,6** | SW | 10,1 | | 15.11. | 23-24 | | 100,0 | **10,0** | SW | 10,3 |
| | 7.4. | 00-01 | | 100,0 | **9,3** | SW | 9,9 | | 16.11. | 00-01 | | 98,3 | **9,6** | SW | 10,3 |
| | 7.4. | 01-02 | | 98,3 | **10,8** | SW | 9,6 | | 16.11. | 01-02 | | 96,7 | **10,0** | SW | 9,8 |
| **7** | 7.4. | 02-03 | | 95,0 | **9,7** | SW | 9,5 | **10** | 16.11. | 02-03 | | 100,0 | **9,2** | SW | 9,8 |
| | 7.4. | 03-04 | | 98,3 | **12,2** | S | 9,4 | | 16.11. | 03-04 | | 100,0 | **8,9** | SW | 9,8 |
| | 7.4. | 04-05 | | 93,3 | **10,4** | S | 9,4 | | 16.11. | 04-05 | | 100,0 | **7,9** | SW | 9,8 |
| | 7.4. | 05-06 | | 91,7 | **11,0** | S | 9,2 | | 16.11. | 05-06 | | 98,3 | **7,6** | SW | 9,8 |
| | 7.4. | 06-07 | | 98,3 | **10,4** | S | 9,6 | | 16.11. | 06-07 | | | | | |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **6.-7.4.** | **22-07** | | | **11,1** | **S-SW** | **9,2-10,1** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **15.-16.11.** | **22-07** | | | **8,8** | **SW** | **9,8-10,3** |
| | 7.4. | 22-23 | | 95,0 | **6,0** | SW | 3,5 | | 16.11. | 22-23 | | 100,0 | **6,8** | SW | 9,8 |
| | 7.4. | 23-24 | | 96,7 | **5,8** | W | 3,0 | | 16.11. | 23-24 | | 100,0 | **7,2** | SW | 9,8 |
| | 8.4. | 00-01 | | 98,3 | **5,9** | NW | 3,1 | | 17.11. | 00-01 | | 95,0 | **7,0** | SW | 6,7 |
| | 8.4. | 01-02 | | 100,0 | **5,6** | NW | 3,8 | | 17.11. | 01-02 | | 100,0 | **7,7** | SW | 7,2 |
| **8** | 8.4. | 02-03 | | 98,3 | **5,6** | NW | 4,9 | **11** | 17.11. | 02-03 | | 100,0 | **6,9** | SW | 6,7 |
| | 8.4. | 03-04 | | 98,3 | **5,9** | NW | 5,2 | | 17.11. | 03-04 | | 96,7 | **6,4** | S | 6,7 |
| | 8.4. | 04-05 | | 96,7 | **6,7** | NW | 5,1 | | 17.11. | 04-05 | | 100,0 | **6,2** | S | 6,7 |
| | 8.4. | 05-06 | | 96,7 | **6,4** | NW | 5,1 | | 17.11. | 05-06 | | 93,3 | **6,5** | S | 6,7 |
| | 8.4. | 06-07 | | 100,0 | **5,8** | NW | 4,5 | | 17.11. | 06-07 | | 96,7 | **6,9** | S | 6,7 |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **7.-8.4.** | **22-07** | | | **6,0** | **SW-NW** | **3,0-5,2** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **16.-17.11.** | **22-07** | | | **6,8** | **S-SW** | **6,7-9,8** |
| | 8.4. | 22-23 | | 96,7 | **6,3** | W | 6,9 | | 17.11. | 22-23 | | 96,7 | **11,4** | SW | 9,8 |
| | 8.4. | 23-24 | | 98,3 | **6,5** | SW | 7,1 | | 17.11. | 23-24 | | 91,7 | **9,5** | SW | 9,8 |
| | 9.4. | 00-01 | | 91,7 | **6,2** | SW | 6,7 | | 18.11. | 00-01 | | 98,3 | **9,8** | SW | 6,7 |
| | 9.4. | 01-02 | | 95,0 | **6,4** | SW | 6,0 | | 18.11. | 01-02 | | 96,7 | **9,7** | SW | 7,2 |
| **9** | 9.4. | 02-03 | | 98,3 | **6,1** | S | 6,9 | **12** | 18.11. | 02-03 | | 93,3 | **9,5** | SW | 6,7 |
| | 9.4. | 03-04 | | 91,7 | **6,1** | S | 7,9 | | 18.11. | 03-04 | | 96,7 | **10,1** | S | 6,7 |
| | 9.4. | 04-05 | | 93,3 | **6,3** | S | 8,5 | | 18.11. | 04-05 | | 98,3 | **9,4** | S | 6,7 |
| | 9.4. | 05-06 | | 95,0 | **8,5** | S | 8,7 | | 18.11. | 05-06 | | 96,7 | **9,8** | S | 6,7 |
| | 9.4. | 06-07 | | 96,7 | **10,1** | S | 9,4 | | 18.11. | 06-07 | | 86,7 | **8,3** | S | 6,7 |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **8.-9.4.** | **22-07** | | | **7,2** | **S-W** | **6,0-9,4** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **17.-18.11.** | **22-07** | | | **9,8** | **S-SW** | **6,7-9,8** |

[1] sisämelun validin datan prosenttiosuus

**LUHANKA, LATAMÄKI, 31.3.-9.4.2021, 15.-18.11.2021 (sisämelu) ja 1.-4.12.2021 (ulkomelu)** **Liite 3**

Ulko- ja sisämelutasot ($L_{Aeq,\ 1h}$ ja $L_{Aeq,\ 22\text{-}07}$) + tuulensuunta (TS) ja tuulennopeus (TN) (Windy, 100 m:n korkeudella) **3(3)**

| Mittaus-yö no | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) | Mittaus-yö no | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.12. | 22-23 | **25,9** | | | W | 5,4 | | | | | | | | |
| | 1.12. | 23-24 | **26,0** | | | W | 4,8 | | | | | | | | |
| | 2.12. | 00-01 | **26,0** | | | W | 4,7 | | | | | | | | |
| | 2.12. | 01-02 | **25,2** | | | NW | 4,3 | | | | | | | | |
| **13** | 2.12. | 02-03 | **25,5** | | | NW | 3,2 | | | | | | | | |
| | 2.12. | 03-04 | **25,4** | | | NW | 2,0 | | | | | | | | |
| | 2.12. | 04-05 | **25,5** | | | NW | 0,8 | | | | | | | | |
| | 2.12. | 05-06 | **25,3** | | | SW | 0,6 | | | | | | | | |
| | 2.12. | 06-07 | **25,7** | | | S | 0,7 | | | | | | | | |
| **$L_{Aeq,22\text{-}07}$** | **1.-2.12.** | **22-07** | **25,6** | | | **S-NW** | **0,7-5,4** | | | | | | | | |
| | 2.12. | 22-23 | **31,4** | | | NE | 4,5 | | | | | | | | |
| | 2.12. | 23-24 | **33,1** | | | NE | 4,7 | | | | | | | | |
| | 3.12. | 00-01 | **32,8** | | | NE | 4,6 | | | | | | | | |
| | 3.12. | 01-02 | **32,7** | | | NE | 4,1 | | | | | | | | |
| **14** | 3.12. | 02-03 | **33,2** | | | NE | 4,0 | | | | | | | | |
| | 3.12. | 03-04 | **34,1** | | | NE | 4,1 | | | | | | | | |
| | 3.12. | 04-05 | **34,9** | | | NE | 4,4 | | | | | | | | |
| | 3.12. | 05-06 | **37,7** | | | NE | 4,4 | | | | | | | | |
| | 3.12. | 06-07 | **40,9** | | | NE | 4,6 | | | | | | | | |
| **$L_{Aeq,22\text{-}07}$** | **2.-3.12.** | **22-07** | **35,7** | | | **NE** | **4,0-4,7** | | | | | | | | |
| | 3.12. | 22-23 | **37,6** | | | NE | 6,4 | | | | | | | | |
| | 3.12. | 23-24 | **36,2** | | | NE | 6,4 | | | | | | | | |
| | 4.12. | 00-01 | **36,2** | | | NE | 6,6 | | | | | | | | |
| | 4.12. | 01-02 | **35,2** | | | NE | 6,4 | | | | | | | | |
| **15** | 4.12. | 02-03 | **32,8** | | | NE | 7,0 | | | | | | | | |
| | 4.12. | 03-04 | **34,6** | | | NE | 6,8 | | | | | | | | |
| | 4.12. | 04-05 | **35,0** | | | NE | 6,7 | | | | | | | | |
| | 4.12. | 05-06 | **34,0** | | | NE | 6,8 | | | | | | | | |
| | 4.12. | 06-07 | **36,3** | | | NE | 6,8 | | | | | | | | |
| **$L_{Aeq,22\text{-}07}$** | **3.-4.12.** | **22-07** | **35,5** | | | **NE** | **6,4-7,0** | | | | | | | | |

[1] sisämelun validin datan prosenttiosuus

**JÄMIJÄRVI, RATIPERÄ, 17.1.-1.2.2022 (Vuorenpää)** **Liite 4.1**

Ulko- ja sisämelutasot ($L_{Aeq,\ 1h}$ ja $L_{Aeq,\ 22\text{-}07}$) + tuulensuunta (TS) ja tuulennopeus (TN) (Windy, 100 m:n korkeudella) **1(3)**

| Mittaus-yö n:o | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) | Mittaus-yö n:o | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 17.01. | 22-23 | **35,3** | 96,7 | **10,0** | NW | 9,4 | | 20.01. | 22-23 | | 96,7 | **13,3** | N | 10,7 |
| | 17.01. | 23-24 | **35,3** | 100,0 | **10,1** | NW | 8,6 | | 20.01. | 23-24 | | 100,0 | **13,1** | N | 10,8 |
| | 18.01. | 00-01 | **34,4** | 100,0 | **9,1** | NW | 8,2 | | 21.01. | 00-01 | | 93,3 | **12,3** | N | 11,1 |
| | 18.01. | 01-02 | **34,4** | 100,0 | **10,3** | NW | 7,9 | | 21.01. | 01-02 | | 88,3 | **17,1** | N | 11,2 |
| **1** | 18.01. | 02-03 | **34,1** | 100,0 | **9,2** | NW | 7,5 | **4** | 21.01. | 02-03 | | 75,0 | **15,1** | N | 11,1 |
| | 18.01. | 03-04 | **33,8** | 100,0 | **8,8** | NW | 7,1 | | 21.01. | 03-04 | | 70,0 | **14,7** | N | 11,0 |
| | 18.01. | 04-05 | **33,8** | 95,0 | **9,1** | NW | 6,4 | | 21.01. | 04-05 | | 88,3 | **15,1** | N | 11,1 |
| | 18.01. | 05-06 | **33,3** | 100,0 | **8,7** | NW | 6,0 | | 21.01. | 05-06 | | 96,7 | **12,9** | N | 11,1 |
| | 18.01. | 06-07 | **31,7** | 98,3 | **8,4** | NW | 5,7 | | 21.01. | 06-07 | | 93,3 | **12,3** | N | 11,1 |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **17.-18.1.** | **22-07** | **34,1** | | **9,3** | **NW** | **5,7-9,4** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **20.-21.1.** | **22-07** | | | **14,3** | **N** | **10,7-11,2** |
| | 18.01. | 22-23 | | 90,0 | **9,9** | W | 8,5 | | 21.01. | 22-23 | **36,1** | 98,3 | **11,0** | N | 8,7 |
| | 18.01. | 23-24 | | 100,0 | **8,9** | W | 7,8 | | 21.01. | 23-24 | **37,0** | 96,7 | **11,6** | N | 8,5 |
| | 19.01. | 00-01 | | 100,0 | **9,5** | W | 7,8 | | 22.01. | 00-01 | **36,6** | 98,3 | **10,9** | N | 8,1 |
| | 19.01. | 01-02 | | 100,0 | **9,0** | W | 7,6 | | 22.01. | 01-02 | **37,0** | 100,0 | **10,6** | N | 7,5 |
| **2** | 19.01. | 02-03 | | 100,0 | **7,6** | SW | 8,3 | **5** | 22.01. | 02-03 | **36,0** | 100,0 | **9,6** | N | 7,1 |
| | 19.01. | 03-04 | | 100,0 | **8,6** | SW | 9,1 | | 22.01. | 03-04 | **34,9** | 98,3 | **9,4** | N | 6,8 |
| | 19.01. | 04-05 | | 100,0 | **8,3** | SW | 8,5 | | 22.01. | 04-05 | **34,6** | 98,3 | **9,4** | N | 6,4 |
| | 19.01. | 05-06 | | 100,0 | **8,9** | SW | 8,0 | | 22.01. | 05-06 | **34,4** | 98,3 | **8,7** | N | 6,1 |
| | 19.01. | 06-07 | | 98,3 | **8,0** | SW | 8,8 | | 22.01. | 06-07 | **33,4** | 96,7 | **8,2** | N | 5,7 |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **18.-19.1.** | **22-07** | | | **8,8** | **W-SW** | **7,6-9,1** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **21.-22.1.** | **22-07** | **35,7** | | **10,1** | **N** | **5,7-8,7** |
| | 19.01. | 22-23 | **31,5** | 100,0 | **6,6** | SW | 5,1 | | 22.01. | 22-23 | | 100,0 | **7,2** | S | 6,3 |
| | 19.01. | 23-24 | **28,4** | 95,0 | **5,6** | SW | 3,7 | | 22.01. | 23-24 | | 100,0 | **8,0** | S | 6,8 |
| | 20.01. | 00-01 | **26,6** | 100,0 | **5,4** | W | 2,2 | | 23.01. | 00-01 | | 100,0 | **7,6** | SW | 7,1 |
| | 20.01. | 01-02 | **26,7** | 98,3 | **5,4** | NW | 2,2 | | 23.01. | 01-02 | | 100,0 | **7,8** | SW | 7,2 |
| **3** | 20.01. | 02-03 | **27,2** | 96,7 | **5,5** | N | 4,7 | **6** | 23.01. | 02-03 | | 98,3 | **8,6** | SW | 7,5 |
| | 20.01. | 03-04 | **30,1** | 96,7 | **6,2** | N | 6,8 | | 23.01. | 03-04 | | 98,3 | **9,1** | SW | 7,5 |
| | 20.01. | 04-05 | **33,7** | 90,0 | **13,1** | N | 8,6 | | 23.01. | 04-05 | | 100,0 | **7,8** | SW | 7,7 |
| | 20.01. | 05-06 | **36,8** | 98,3 | **11,4** | N | 9,6 | | 23.01. | 05-06 | | 100,0 | **7,0** | SW | 7,5 |
| | 20.01. | 06-07 | **37,6** | 98,3 | **13,9** | N | 10,8 | | 23.01. | 06-07 | | 100,0 | **7,4** | SW | 7,4 |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **19.-20.1.** | **22-07** | **32,9** | | **9,5** | **SW-N** | **2,2-10,8** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **22.-23.1.** | **22-07** | | | **7,9** | **S-SW** | **6,3-7,7** |

[1] sisämelun validin datan prosenttiosuus

**JÄMIJÄRVI, RATIPERÄ, 17.1.-1.2.2022 (Vuorenpää)** **Liite 4.1**

Ulko- ja sisämelutasot ($L_{Aeq,\ 1h}$ ja $L_{Aeq,\ 22\text{-}07}$) + tuulensuunta (TS) ja tuulennopeus (TN) (Windy, 100 m:n korkeudella) **2(3)**

| Mittaus-yö n:o | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) | Mittaus-yö n:o | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 23.01. | 22-23 | **32,2** | 100,0 | **7,9** | S | 8,1 | | 26.01. | 22-23 | **31,8** | 88,3 | **9,2** | SW | 5,5 |
| | 23.01. | 23-24 | **31,4** | 100,0 | **7,5** | S | 8,4 | | 26.01. | 23-24 | **30,2** | 100,0 | **9,3** | SW | 5,5 |
| | 24.01. | 00-01 | **31,9** | 100,0 | **7,7** | S | 8,4 | | 27.01. | 00-01 | **30,0** | 100,0 | **9,4** | SW | 5,4 |
| | 24.01. | 01-02 | **32,3** | 100,0 | **7,5** | SW | 8,2 | | 27.01. | 01-02 | **28,0** | 100,0 | **9,5** | SW | 5,3 |
| **7** | 24.01. | 02-03 | **35,2** | 96,7 | **9,1** | SW | 8,2 | **10** | 27.01. | 02-03 | **28,2** | 100,0 | **7,8** | SW | 5,5 |
| | 24.01. | 03-04 | **35,2** | 95,0 | **9,2** | SW | 8,3 | | 27.01. | 03-04 | **28,6** | 100,0 | **8,0** | S | 5,5 |
| | 24.01. | 04-05 | **34,7** | 93,3 | **9,6** | SW | 8,5 | | 27.01. | 04-05 | **29,8** | 100,0 | **8,8** | S | 6,0 |
| | 24.01. | 05-06 | **34,8** | 95,0 | **9,0** | SW | 8,7 | | 27.01. | 05-06 | **30,6** | 100,0 | **8,5** | S | 6,2 |
| | 24.01. | 06-07 | **35,4** | 98,3 | **9,1** | SW | 8,8 | | 27.01. | 06-07 | **31,0** | 100,0 | **8,3** | S | 5,9 |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **23.-24.1.** | **22-07** | **34,0** | | **8,6** | **S-SW** | **8,1-8,8** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **26.-27.1.** | **22-07** | **30,0** | | **8,8** | **S-SW** | **5,3-6,2** |
| | 24.01. | 22-23 | | 100,0 | **9,1** | W | 9,9 | | 27.01. | 22-23 | **31,2** | 98,3 | **7,3** | N | 5,2 |
| | 24.01. | 23-24 | | 100,0 | **8,4** | W | 9,7 | | 27.01. | 23-24 | **32,8** | 95,0 | **5,6** | N | 6,2 |
| | 25.01. | 00-01 | | 98,3 | **10,1** | NW | 9,8 | | 28.01. | 00-01 | **31,0** | 100,0 | **5,5** | N | 6,5 |
| | 25.01. | 01-02 | | 100,0 | **8,3** | NW | 9,5 | | 28.01. | 01-02 | **32,9** | 98,3 | **5,4** | N | 6,4 |
| **8** | 25.01. | 02-03 | | 100,0 | **9,5** | NW | 9,1 | **11** | 28.01. | 02-03 | **35,2** | 96,7 | **5,4** | N | 6,3 |
| | 25.01. | 03-04 | | 98,3 | **8,8** | NW | 8,6 | | 28.01. | 03-04 | **35,1** | 98,3 | **5,9** | N | 6,4 |
| | 25.01. | 04-05 | | 100,0 | **10,3** | NW | 8,3 | | 28.01. | 04-05 | **35,4** | 91,7 | **11,4** | N | 6,4 |
| | 25.01. | 05-06 | | 100,0 | **9,7** | NW | 8,1 | | 28.01. | 05-06 | **35,4** | 95,0 | **11,9** | N | 6,3 |
| | 25.01. | 06-07 | | 98,3 | **9,2** | NW | 7,7 | | 28.01. | 06-07 | **36,7** | 98,3 | **13,7** | N | 6,8 |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **24.-25.1.** | **22-07** | | | **9,4** | **W-NW** | **7,7-9,9** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **27.-28.1.** | **22-07** | **34,4** | | **9,5** | **N** | **5,2-6,8** |
| | 25.01. | 22-23 | **34,2** | 90,0 | **9,9** | SW | 6,3 | | 28.01. | 22-23 | **32,6** | 96,7 | **13,6** | W | 5,5 |
| | 25.01. | 23-24 | **34,1** | 100,0 | **9,8** | SW | 6,6 | | 28.01. | 23-24 | **31,9** | 100,0 | **13,4** | W | 5,1 |
| | 26.01. | 00-01 | **34,1** | 98,3 | **9,5** | SW | 7,0 | | 29.01. | 00-01 | **31,1** | 98,3 | **11,9** | SW | 6,5 |
| | 26.01. | 01-02 | **33,3** | 100,0 | **9,9** | SW | 7,2 | | 29.01. | 01-02 | **30,8** | 88,3 | **17,0** | SW | 8,0 |
| **9** | 26.01. | 02-03 | **33,2** | 100,0 | **9,7** | SW | 7,5 | **12** | 29.01. | 02-03 | **31,8** | 80,0 | **14,9** | S | 8,7 |
| | 26.01. | 03-04 | **31,4** | 100,0 | **8,6** | SW | 7,6 | | 29.01. | 03-04 | **29,7** | 61,7 | **15,1** | S | 8,9 |
| | 26.01. | 04-05 | **31,5** | 96,7 | **9,1** | SW | 7,7 | | 29.01. | 04-05 | **29,4** | 88,3 | **15,3** | S | 9,1 |
| | 26.01. | 05-06 | **31,7** | 98,3 | **8,5** | SW | 7,8 | | 29.01. | 05-06 | **32,7** | 95,0 | **12,8** | S | 9,0 |
| | 26.01. | 06-07 | **31,3** | 100,0 | **8,7** | SW | 8,0 | | 29.01. | 06-07 | **33,1** | 95,0 | **12,4** | S | 9,5 |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **25.-26.1.** | **22-07** | **32,9** | | **9,3** | **SW** | **6,3-8,0** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **28.-29.1.** | **22-07** | **31,6** | | **14,4** | **S-W** | **5,1-9,5** |

[1] sisämelun validin datan prosenttiosuus

**JÄMIJÄRVI, RATIPERÄ, 17.1.-1.2.2022 (Vuorenpää)** **Liite 4.1**

Ulko- ja sisämelutasot ($L_{Aeq,\ 1h}$ ja $L_{Aeq,\ 22\text{-}07}$) + tuulensuunta (TS) ja tuulennopeus (TN) (Windy, 100 m:n korkeudella) **3(3)**

| Mittaus-yö n:o | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 29.01. | 22-23 | **35,1** | 96,7 | **11,5** | E | 8,7 |
| | 29.01. | 23-24 | **38,4** | 96,7 | **11,4** | E | 8,8 |
| | 30.01. | 00-01 | **36,2** | 98,3 | **10,9** | E | 9,3 |
| | 30.01. | 01-02 | **36,0** | 100,0 | **10,4** | E | 9,6 |
| **13** | 30.01. | 02-03 | **36,9** | 100,0 | **10,1** | NE | 9,4 |
| | 30.01. | 03-04 | **36,2** | 98,3 | **9,4** | NE | 9,3 |
| | 30.01. | 04-05 | **36,4** | 100,0 | **9,9** | NE | 9,1 |
| | 30.01. | 05-06 | **36,7** | 96,7 | **8,7** | NE | 9,2 |
| | 30.01. | 06-07 | **37,4** | 98,3 | **8,6** | NE | 9,3 |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **29.-30.1.** | **22-07** | **36,7** | | **10,2** | **E-NE** | **8,7-9,6** |
| | 30.01. | 22-23 | **36,1** | 98,3 | **7,2** | N | 7,4 |
| | 30.01. | 23-24 | **36,2** | 100,0 | **7,9** | N | 7,3 |
| | 31.01. | 00-01 | **34,6** | 100,0 | **7,6** | N | 7,3 |
| | 31.01. | 01-02 | **34,1** | 100,0 | **7,5** | N | 7,2 |
| **14** | 31.01. | 02-03 | **33,2** | 98,3 | **8,4** | N | 7,1 |
| | 31.01. | 03-04 | **32,7** | 98,3 | **9,2** | N | 7,1 |
| | 31.01. | 04-05 | **33,2** | 100,0 | **8,1** | N | 7,4 |
| | 31.01. | 05-06 | **35,2** | 100,0 | **7,3** | N | 7,6 |
| | 31.01. | 06-07 | **35,6** | 100,0 | **7,2** | N | 7,5 |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **30.-31.1.** | **22-07** | **34,7** | | **7,9** | **N** | **7,1-7,6** |
| | 31.01. | 22-23 | **33,3** | 100,0 | **7,7** | N | 6,2 |
| | 31.01. | 23-24 | **33,6** | 100,0 | **7,4** | N | 6,2 |
| | 01.02. | 00-01 | **32,8** | 100,0 | **7,6** | N | 5,7 |
| | 01.02. | 01-02 | **32,0** | 100,0 | **7,6** | N | 5,7 |
| **15** | 01.02. | 02-03 | **32,0** | 96,7 | **9,0** | N | 5,1 |
| | 01.02. | 03-04 | **30,8** | 96,7 | **8,7** | N | 5,1 |
| | 01.02. | 04-05 | **29,5** | 91,7 | **9,7** | N | 5,1 |
| | 01.02. | 05-06 | **30,1** | 96,7 | **9,2** | N | 5,1 |
| | 01.02. | 06-07 | **29,8** | 96,7 | **9,2** | N | 5,1 |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **31.1.-1.2.** | **22-07** | **31,8** | | **8,6** | **N** | **5,1-6,2** |

| Mittaus-yö n:o | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **16** | | | | | | | |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | | | | | | | |
| **17** | | | | | | | |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | | | | | | | |
| **18** | | | | | | | |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | | | | | | | |

[1] sisämelun validin datan prosenttiosuus

**JÄMIJÄRVI, RATIPERÄ, 23.2.-3.3.2022 (Kovelahti)** **Liite 4.2**

Ulko- ja sisämelutasot ($L_{Aeq,\ 1h}$ ja $L_{Aeq,\ 22\text{-}07}$) + tuulensuunta (TS) ja tuulennopeus (TN) (Windy, 100 m:n korkeudella) **1(2)**

| Mittaus-yö n:o | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 23.02. | 22-23 | | 100,0 | 4,2 | S | 9,9 |
| | 23.02. | 23-24 | 45,1 | 100,0 | 6,9 | S | 10,4 |
| | 24.02. | 00-01 | 46,9 | 100,0 | 8,4 | S | 10,7 |
| | 24.02. | 01-02 | 49,3 | 100,0 | 11,0 | S | 11,1 |
| **1** | 24.02. | 02-03 | 52,8 | 100,0 | 15,9 | S | 11,0 |
| | 24.02. | 03-04 | 54,9 | 100,0 | 17,5 | S | 11,4 |
| | 24.02. | 04-05 | 53,7 | 100,0 | 16,7 | S | 11,7 |
| | 24.02. | 05-06 | 54,0 | 100,0 | 17,4 | S | 12,1 |
| | 24.02. | 06-07 | 66,1 | 100,0 | 21,2 | S | 12,9 |
| **$L_{Aeq,22\text{-}07}$** | **23.-24.2.** | **22-07** | **58,2** | | **16,0** | **S** | **9,9-12,9** |
| | 24.02. | 22-23 | 44,5 | 100,0 | 6,9 | S | 7,2 |
| | 24.02. | 23-24 | 45,3 | 100,0 | 7,0 | S | 6,8 |
| | 25.02. | 00-01 | 39,9 | 100,0 | 3,6 | S | 6,5 |
| | 25.02. | 01-02 | 37,4 | 100,0 | 3,4 | S | 6,2 |
| **2** | 25.02. | 02-03 | 32,7 | 100,0 | 4,4 | S | 5,1 |
| | 25.02. | 03-04 | 30,8 | 100,0 | 3,5 | S | 4,5 |
| | 25.02. | 04-05 | 28,1 | 100,0 | 0,7 | S | 4,1 |
| | 25.02. | 05-06 | 28,3 | 100,0 | 0,8 | S | 3,3 |
| | 25.02. | 06-07 | 42,3 | 100,0 | 0,6 | S | 2,8 |
| **$L_{Aeq,22\text{-}07}$** | **24.-25.2.** | **22-07** | **40,4** | | **4,0** | **S** | **2,8-7,2** |
| | 25.02. | 22-23 | 26,0 | | | | |
| | 25.02. | 23-24 | 25,5 | 100,0 | -0,2 | NW | 6,6 |
| | 26.02. | 00-01 | 25,8 | 85,0 | -3,7 | NW | 6,6 |
| | 26.02. | 01-02 | 25,4 | 100,0 | -3,5 | NW | 6,6 |
| **3** | 26.02. | 02-03 | 30,1 | 100,0 | -2,8 | NW | 6,6 |
| | 26.02. | 03-04 | 25,5 | 100,0 | -3,8 | NW | 6,5 |
| | 26.02. | 04-05 | 25,4 | 100,0 | -1,6 | NW | 6,8 |
| | 26.02. | 05-06 | 25,6 | 100,0 | 2,5 | N | 7,2 |
| | 26.02. | 06-07 | 38,2 | 100,0 | -4,2 | N | 7,4 |
| **$L_{Aeq,22\text{-}07}$** | **25.-26.2.** | **22-07** | **30,5** | | **-1,5** | **NW-N** | **6,5-7,4** |

| Mittaus-yö n:o | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 26.02. | 22-23 | 25,7 | 100,0 | -4,2 | SW | 8,3 |
| | 26.02. | 23-24 | 27,1 | 100,0 | -3,4 | SW | 8,9 |
| | 27.02. | 00-01 | 31,7 | 100,0 | -0,9 | SW | 9,2 |
| | 27.02. | 01-02 | 35,5 | 100,0 | 0,5 | SW | 9,3 |
| **4** | 27.02. | 02-03 | 28,5 | 100,0 | -1,3 | SW | 9,3 |
| | 27.02. | 03-04 | 26,3 | 100,0 | -1,8 | SW | 9,2 |
| | 27.02. | 04-05 | 27,4 | 100,0 | 0,6 | SW | 9,2 |
| | 27.02. | 05-06 | 30,5 | 100,0 | -0,2 | SW | 8,8 |
| | 27.02. | 06-07 | 42,4 | 100,0 | -0,7 | SW | 8,7 |
| **$L_{Aeq,22\text{-}07}$** | **26.-27.2.** | **22-07** | **34,6** | | **-1,0** | **SW** | **8,3-9,3** |
| | 27.02. | 22-23 | 33,7 | 100,0 | -1,5 | SW | 7,5 |
| | 27.02. | 23-24 | 26,3 | 100,0 | -2,1 | SW | 6,8 |
| | 28.02. | 00-01 | 25,6 | 100,0 | -2,3 | SW | 6,6 |
| | 28.02. | 01-02 | 25,6 | 100,0 | -2,9 | SW | 6,5 |
| **5** | 28.02. | 02-03 | 25,8 | 100,0 | -3,8 | SW | 6,3 |
| | 28.02. | 03-04 | 25,2 | 100,0 | -4,3 | W | 5,9 |
| | 28.02. | 04-05 | 25,7 | 100,0 | -1,4 | W | 5,6 |
| | 28.02. | 05-06 | 26,6 | 100,0 | -0,9 | SW | 5,3 |
| | 28.02. | 06-07 | 38,2 | 100,0 | -2,3 | SW | 5,2 |
| **$L_{Aeq,22\text{-}07}$** | **27.-28.2.** | **22-07** | **31,1** | | **-2,3** | **SW-W** | **5,2-7,5** |
| | 28.02. | 22-23 | 42,4 | 98,3 | 2,0 | SW | 10,0 |
| | 28.02. | 23-24 | 42,1 | 95,0 | 2,4 | SW | 10,1 |
| | 01.03. | 00-01 | 47,4 | 100,0 | 7,5 | SW | 10,2 |
| | 01.03. | 01-02 | 48,0 | 95,0 | 8,6 | SW | 10,3 |
| **6** | 01.03. | 02-03 | 43,5 | 100,0 | 3,5 | SW | 10,3 |
| | 01.03. | 03-04 | 42,0 | 100,0 | 2,4 | SW | 10,4 |
| | 01.03. | 04-05 | 40,6 | 100,0 | 2,0 | SW | 10,5 |
| | 01.03. | 05-06 | 42,2 | 100,0 | 3,4 | SW | 10,3 |
| | 01.03. | 06-07 | 57,3 | 100,0 | 5,2 | SW | 10,4 |
| **$L_{Aeq,22\text{-}07}$** | **28.2.-1.3.** | **22-07** | **49,3** | | **4,8** | **SW** | **10,0-10,5** |

[1] sisämelun validin datan prosenttiosuus

**JÄMIJÄRVI, RATIPERÄ, 23.2.-3.3.2022 (Kovelahti)** **Liite 4.2**

Ulko- ja sisämelutasot ($L_{Aeq,\ 1h}$ ja $L_{Aeq,\ 22\text{-}07}$) + tuulensuunta (TS) ja tuulennopeus (TN) (Windy, 100 m:n korkeudella) **2(2)**

| Mittaus-yö n:o | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) | Mittaus-yö n:o | Pvm | Tunti-väli | $L_{Aeq,1h}$ (ulko) | Sisämelun %-osuus [1] | $L_{Aeq,1h}$ (sisä) | TS | TN (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 01.03. | 22-23 | 44,1 | 100,0 | 0,6 | SW | 7,5 | | | | | | | | |
| | 0103.. | 23-24 | 44,7 | 100,0 | 1,5 | SW | 7,3 | | | | | | | | |
| | 02.03. | 00-01 | 44,6 | 100,0 | 0,8 | SW | 7,4 | | | | | | | | |
| | 02.03. | 01-02 | 45,3 | 100,0 | 3,7 | SW | 7,5 | | | | | | | | |
| **7** | 02.03. | 02-03 | 45,0 | 100,0 | 1,2 | SW | 7,4 | **10** | | | | | | | |
| | 02.03. | 03-04 | 46,0 | 100,0 | 5,4 | SW | 7,3 | | | | | | | | |
| | 02.03. | 04-05 | 43,5 | 100,0 | 4,2 | SW | 6,9 | | | | | | | | |
| | 02.03. | 05-06 | 43,8 | 100,0 | 4,4 | SW | 6,8 | | | | | | | | |
| | 02.03. | 06-07 | 51,9 | 100,0 | 1,9 | SW | 6,8 | | | | | | | | |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **1.3.-2.3.** | **22-07** | **46,4** | | **3,0** | **SW** | **6,8-7,5** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | | | | | | | |
| | 02.03. | 22-23 | 26,4 | 100,0 | -2,2 | NW | 7,1 | | | | | | | | |
| | 02.03. | 23-24 | 26,6 | 100,0 | -3,0 | NW | 7,2 | | | | | | | | |
| | 03.03. | 00-01 | 26,1 | 100,0 | -4,4 | NW | 7,3 | | | | | | | | |
| | 03.03. | 01-02 | 26,3 | 100,0 | -2,8 | N | 7,4 | | | | | | | | |
| **8** | 03.03. | 02-03 | 26,4 | 100,0 | -0,5 | N | 7,6 | **11** | | | | | | | |
| | 03.03. | 03-04 | 26,0 | 100,0 | -1,4 | N | 7,6 | | | | | | | | |
| | 03.03. | 04-05 | 25,7 | 100,0 | -3,8 | N | 7,8 | | | | | | | | |
| | 03.03. | 05-06 | 27,7 | 100,0 | -1,7 | N | 7,9 | | | | | | | | |
| | 03.03. | 06-07 | 40,0 | 100,0 | 0,9 | N | 7,9 | | | | | | | | |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | **2.-3.3.** | **22-07** | **31,7** | | **-1,8** | **NW-N** | **7,1-7,9** | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | | | | | | | |
| **9** | | | | | | | | **12** | | | | | | | |
| $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | | | | | | | | $L_{Aeq,22\text{-}07}$ | | | | | | | |

[1] sisämelun validin datan prosenttiosuus