

Liite 21b

[Arkeologinen inventointi Murtomäki 2, Ahlman Group Oy](#)

**Pyhäjärven Murtomäki 2
tuulivoimapuiston
voimajohdon arkeologinen
inventointi 2022
Liite 21b**



SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä & arkistotiedot	3
1. Kartat	4
2. Perustietoa tutkimusalueesta	6
3. Inventointityö	12
4. Tulos	13
Kohdeluettelo.....	14
Kiinteät muinaisjäännökset (* uusi kohde)	14
5.1. Ukonpekkio*	14
5.2. Hietahauta*	16
5.3. Kauhistus*	18
5.4. Hautakangas 3*	20
5.5. Selkanlehto	22
5.6. Kutukallio*	24
5.7. Vastaskangas*	26
5.8. Konineva*	28
5.9. Tikkasenkangas*	30
5.10. Vittoudenoja*	32
5.11. Vittoudenkangas	34
5.12. Saarasanahde	36
5.13. Salonpää*	38
5.14. Palmikka-aho*	40
5.15. Haudansalo	42
Muut kohteet (* uusi kohde)	44
5.16. Pysäysperä*	44
Lähteet.....	49
Liitteet	50
Maastossa kuljetut alueet	50

Tähän raporttiin suositetaan viittaamaan seuraavasti:

Hiltunen, J.-P. 2022: Pyhäjärven Murtomäki 2 tuulivoimapuiston voimajohdon arkeologinen inventointi 2022. Ahlman Group Oy.

TIIVISTELMÄ & ARKISTOTIEDOT

YIT Suomi Oy on suunnittelemassa uutta voimajohtolinjaa Pyhäjärven Murtomäki 2 tuulivoimapuiston ja Haapajärven Pysäysperän välille. Ahlman Group Oy ja Heilu Oy suorittivat yhteistyössä arkeologisen inventoinnin voimajohtoreiteiltä. Inventoinnin maastotyöt tehtiin touko-kesäkuussa 2022 ja inventoinnista vastasi arkeologi (FM) Jussi-Pekka Hiltunen.

Suunniteltujen voimajohtolinjojen läheisyydestä tunnettiin entuudestaan kaksi kiinteää muinaisjäännöstä ja kaksi mahdollista muinaisjäännöstä. Inventoinnissa saatujen havaintojen perusteella molemmat mahdolliset muinaisjäännökset Vittoudenkangas ja Haudansalo ehdotetaan muutettaviksi kiinteiksi muinaisjäännöksiksi.

Inventoinnin yhteydessä suunniteltujen voimajohtolinjojen hankealueelta ja sen läheisyydestä tavattiin 11 uutta kiinteää muinaisjäännöstä ja yksi uusi muu kohde. Inventoinnin jälkeen suunniteltujen voimajohtolinjojen hankealueilta ja niiden läheisyydestä tunnetaan 15 kiinteää muinaisjäännöstä ja yksi muu kohde.

Tutkimustyyppi:

Arkeologinen inventointi

Tutkimuslaitos:

Ahlman Group Oy

Tutkimuksen tekijät:

FM (arkeologi) Jussi-Pekka Hiltunen

Kenttätyöaika:

23.–25.5. & 13.–15.6.2022

Tutkimuksen tilaaja:

YIT Suomi Oy

Alueelle sijoittuneet aiemmat tutkimukset:

Markku Mäki vuoti inventointi 1992

Mika Sarkkinen inventointi 1995

Niko Latvakoski inventointi 2010–2011

Hans-Peter Schulz inventointi 2013

Hans-Peter Schulz & Jaana Itäpalo 2014

Hans-Peter Schulz inventointi 2021

Hans-Peter Schulz inventointi 2021

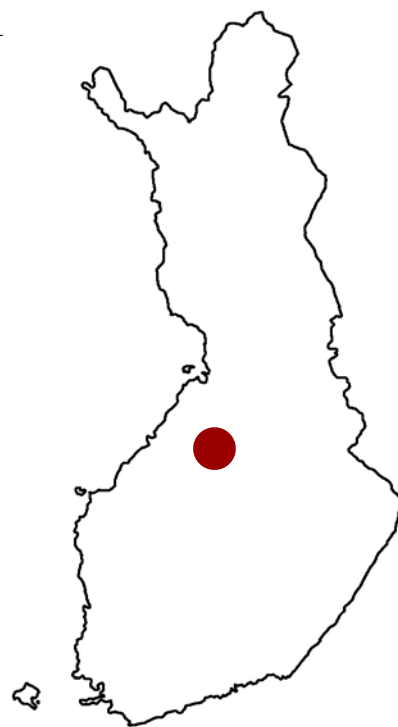
Janne Partanen inventointi 2021

Alkuperäinen raportti:

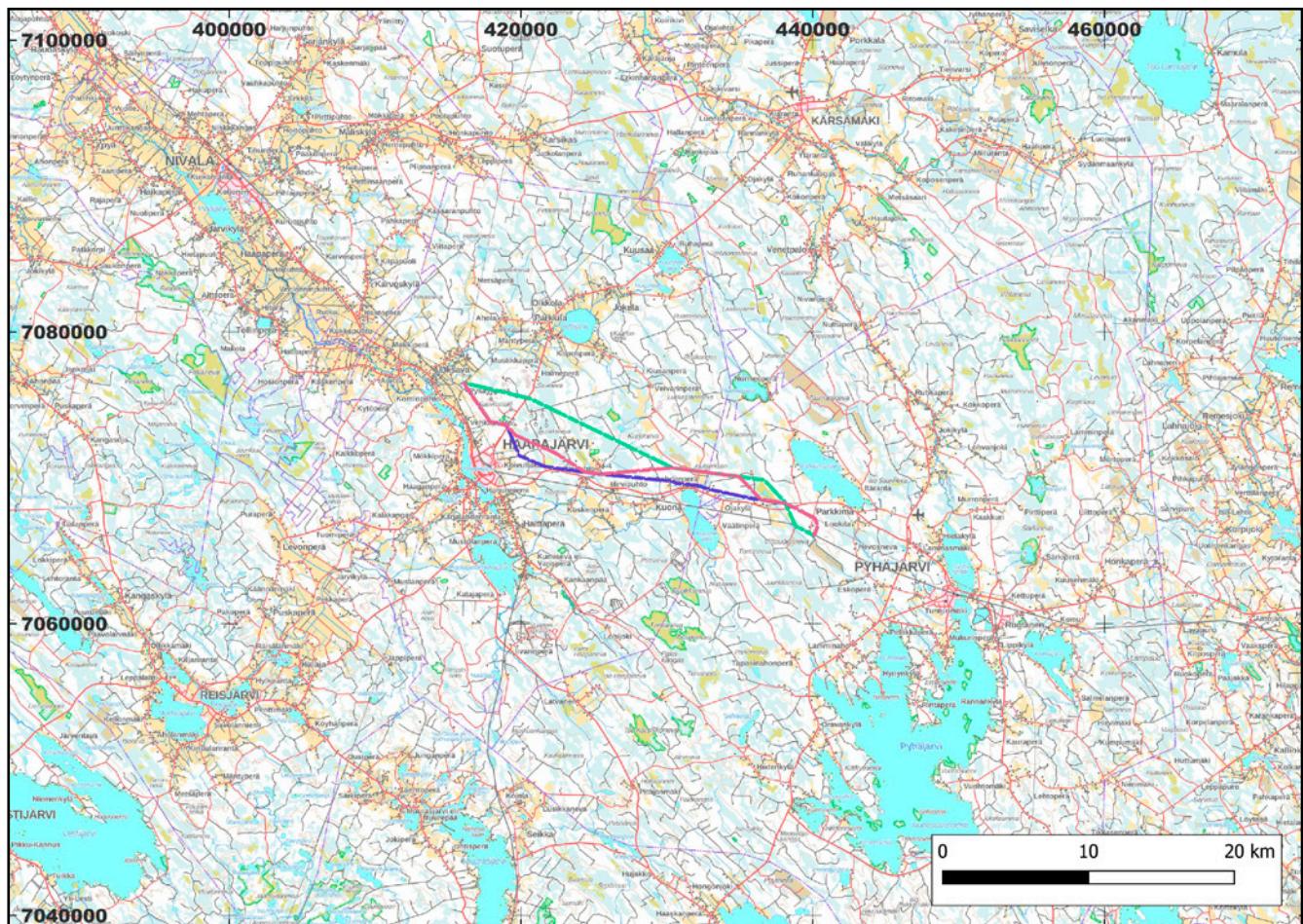
Ahlman Group Oy,
os. Kullankuja 6 as 1, 28220 Pori

Kopiot:

Tutkimuksen tilaaja,
Museovirasto,
Pohjois-Pohjanmaan museo

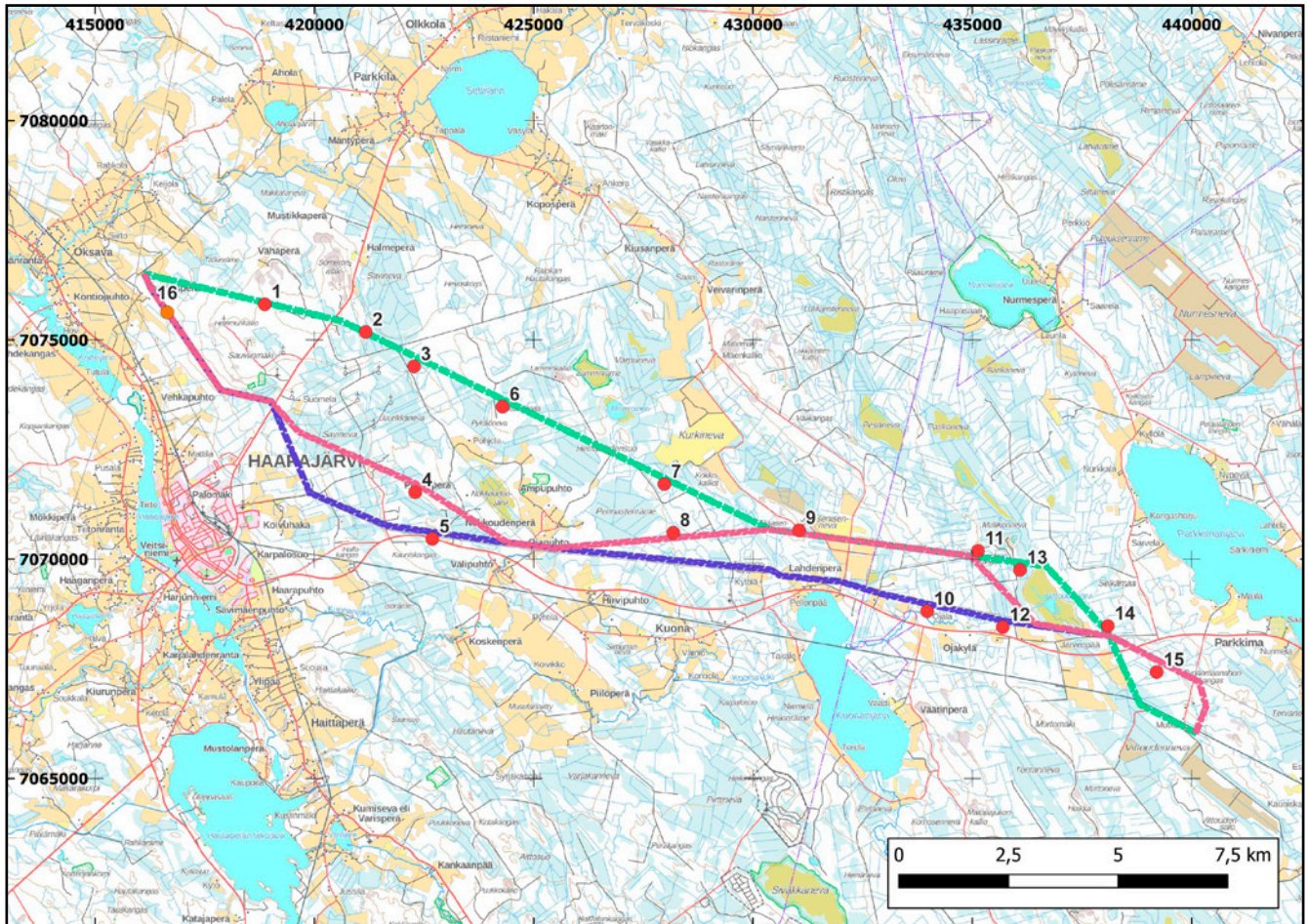


Taustakarttoina Maanmittauslaitoksen Karttakuvapalvelun (WMTS) 6/2022 aineistoa, ellei toisin mainita. Koordinaatisto ETRS-TM35FIN, korkeus N2000. Valokuvat: Jussi-Pekka Hiltunen.



Kartta 1. Lähestymiskartta inventoiduista voimajohtolinjoista. Inventoidut voimajohtolinjat on merkattu sinisellä (VE1), vaaleanpunaisella (VE2) ja vihreällä (VE3).

1. KARTAT



Yleiskartta inventoiduista voimajohtolinjoista. Inventoidut voimajohtolinjat on merkattu sinisellä (VE1), vaaleanpunaisella (VE2) ja vihreällä (VE3) viivalla. Kiinteät muinaisjäännekohteet ovat merkattu punaisin palloin ja muu kohde oranssilla pallolla. Numerot ovat tämän raportin kohdenumeroita.

2. PERUSTIETOA TUTKIMUSALUEESTA

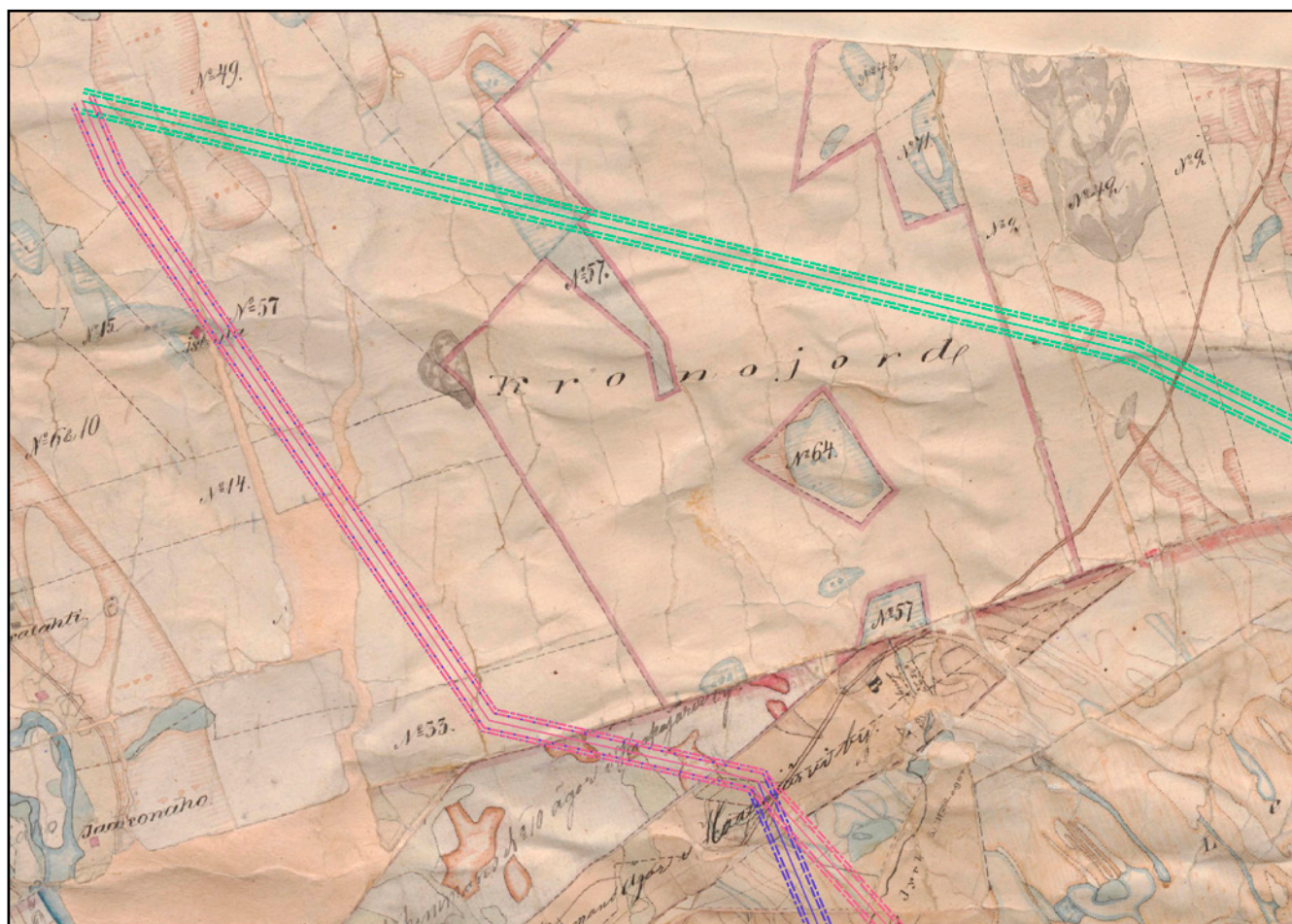
Arkeologisen inventoinnin kohteena olevat suunnitellut voimajohtolinjat sijoittuvat Haapajärven kaupungin ja Pyhäjärven kaupungin väliselle alueelle. Alueille on suunnitteilla kolme eri vaihtoehtoa tulevalle voimajohtolinjalle, joiden yhteispituus on noin 69 kilometriä. Voimajohtolinjat sijoittuvat korkeusväleille noin 100–170 m mpy. Voimajohtolinjoista pohjoisimman hankealue on pääsääntöisesti rakentamatonta metsä- ja suomaastoa. Maasto on paikoitellen vaikeakulkuista tiheäkasvuisen metsän, soistuneen maaperän sekä runsaiden ojien takia. Eteläisemmät kaksi voimajohtolinjojen hankealuetta sijaitsevat metsä- ja suomaastossa, mutta myös paikoitellen lähellä valtatietä 27 ja sen varrella olevia viljelysalueita. Eteläisin linja on suunniteltu kulkeväksi pääosin jo olemassa olevan voimajohtolinjan viereen.

Suunniteltujen voimajohtolinjojen lähialueilla on aikaisemmin inventoitu Haapajärven (Markku Mäki vuoti 1992, Niko Latvakoski 2011) ja Pyhäjärven (Mika Sarkkinen 1995) kunnan inventoinneissa. Vuonna 2013 inventoitiin Metsähallituksen toimesta valtion maiden talousmetsiä molempien kuntien alueella (Hans-Peter Schulz 2013). Pyhäjärven kunnan alueella suoritettiin vuonna 2014 Murtomäen tuulivoimapuistoalueen sekä siihen liittyvään sähkölinjan ja -aseman inventointi (Hans-Peter Schulz & Jaana Itäpalo 2014). Vuonna 2021 suoritettiin kolme inventointia lähialueilla. Pyhäjärvellä inventoitiin Murtomäki 2:n tuulivoimapuistoalue (Janne Partanen 2021), Pyhäjärven ja Haapajärven kuntien alueella inventoitiin Itämäen tuulivoimapuistoalue sekä Itämäki–Haapajärvi voimajohtolinjaus (Hans-Peter Schulz 2021) sekä voimajohtolinjaus välillä Haapajärvi Koivuhaan sähköasema–Pyhäjärvi Ruotanen (Hans-Peter Schulz 2021).

Suunniteltujen voimajohtolinjojen hankealueelta ei tunneta entuudestaan arkeologisen kulttuuriperinnön kohteita. Hankealueen läheisyydestä, alle 100 metriä suunniteltujen voimajohtolinjojen reunasta, tunnetaan kolme tervahautaa. Selkanlehto (muinaisjäännöstunnus 1000041602) sijaitsee noin 95 metriä etelään, Vittoudenkangas (muinaisjäännöstunnus 1000037676) noin 75 metriä pohjoiseen ja Saarassenahde (muinaisjäännöstunnus 1000025904) noin 85 metriä etelään voimajohtolinjojen hankealueen rajasta. Lisäksi voimajohtolinjojen hankealueen läheisyydestä tunnetaan kuusi tervahautaa, jotka kuitenkin jäävät noin 200–700 metrin päähän suunniteltujen voimajohtolinjojen hankealueen reunasta. Suunniteltujen voimajohtolinjojen läheisyydestä tunnetaan myös muutamia kivikautisia irtolöytökohteita, mutta ne jäävät noin 300–1 000 metrin päähän voimajohtolinjojen hankealueen reunasta.

Inventoinnin esitöiden yhteydessä tarkastettiin aluetta kuvaavista vanhoista kartoista pitäjänkartat (1844 ja 1846), vuoden 1926 Istulan perintötilan tiluskartta ja vuosien 1962–64 peruskartat. Vuoden 1844 pitäjänkartalle on merkitty Istulan talo hankealueen länsiosaan, Haapajärven Pysäysperän eteläpuolelle. Vuoden 1926 Istulan tilan perintökarttaan alueelle on merkattu tontti, peltoja sekä niittyjä. Vuoden 1962 peruskartalla alueelle on merkattu kolme ulkorakennusta sekä niiden ympärille peltoa. Nykyisellä peruskartalla alueelle on merkitty enää yksi rakennus ja peltoalueet ovat siirtyneet etelämmäksi.

Karttatarkastelun, kivikautisten irtolöytökohteiden sijaintien sekä maastossa nähdyn perusteella alueella esihistoriallisille muinaisjäännöksille potentiaalisia paikkoja olivat valtatien 27 pohjoispuolella sijaitsevat viljelysalueet Haapajärven kunnan alueella Ojapuhdossa Väliojan läheisyydessä ja Kuonanjärven pohjoispuolella Lahdenperässä sekä Pyhäjärven kunnan alueella Ojakylän pohjoispuolella Vittoudenajan läheisyydessä.



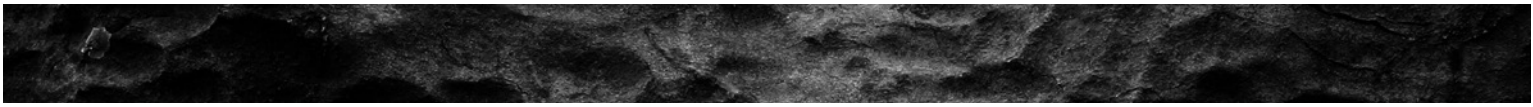
Kuva 1. Ote vuoden 1844 pitäjänkartalla (H.J. Hällström), johon on merkattu Istulan talo kuvan vasemmassa reunassa lähelle vaaleanpunaisella merkittyä suunniteltua voimajohtolinjaa (VE2). Muut suunnitellut voimajohtolinjat merkitty sinisellä (VE1) ja vihreällä (VE2) viivalla.



Kuva 2. Suunnitellun voimajohtolinjan (VE3) aluetta Haapajärven Kauhistuksen lounaispuolella. Koilliseen.

Kuva 3. Avohakattua ja muokattua aluetta Kutukankaan pohjoispuolella, jonne on suunniteltu voimajohtolinjaa (VE3). Itään.





Kuva 4. Suunniteltujen voimajohtolinjojen (VE1 ja VE2) aluetta Nokkoudenperässä Hakalan tilan pellolla. Itään.

Kuva 5. Suunniteltujen voimajohtolinjojen (VE2 ja VE3) aluetta Joutsenisennevan kohdalla Haapajärven ja Pyhäjärven kuntien rajan läheisyydessä. Kuva länteen.





Kuva 6. Valtatien 27 pohjoispuolella olevia Lehtolan viljelysalueita Kuonanjärven itäpuolella. Uusi voimajohtolinja on suunniteltu rakennettavaksi vanhan voimajohtolinjan viereen. Itään.

Kuva 7. Suunnitellun voimajohtolinjan (VE2) rehevää metsämaastoa Matokankaalla, joka oli tyypillistä hankealueella. Länteen.





Kuva 8. Suunniteltujen voimajohtolinjojen päätepiste Pyhäjärven Mutkassa, jonne on suunnitteilla Murtomäki 2 tuulivoimapuistoalue. Voimajohtolinja (VE3) on suunniteltu kulkevaksi kuvassa näkyvän rautatien vasemmalle puolelle. Länsiluoteeseen.

3. INVENTOINTITYÖ

Inventoinnin valmistelutöiden yhteydessä selvitettiin suunniteltujen voimajohtolinjojen hankealueen läheisyydessä sijaitsevien arkeologisen kulttuuriperinnön kohteiden sijainnit ja muinaisjäännöstyyppit. Ensisijaisena lähteenä käytettiin muinaisjäännösrekisterin (www.kyppi.fi) tietoja ja alueilla aiemmin tehtyjen arkeologisten tutkimusten raportteja. Valmistelutöiden aikana tarkastettiin myös suunniteltujen linjojen korkeusmalli (Maanmittauslaitoksen vinoalovarjoste sekä pistepilvi), ortokuvat, nykyiset maastokartat sekä linjoille osuvia vanhoja karttoja (edellinen luku).

Inventoinnin maastotyöt tehtiin kuuden päivän aikana 23.–25.5 & 13.–15.6.2022. Maastossa tarkastettiin valmistelutöiden aikana arkeologisen kulttuuriperinnön kohteiden löytymisen kannalta potentiaalisiksi katsottuja paikkoja, kuten vanhoihin karttoihin merkatut pitäjien ja kylien välisten rajojen kulmapisteet, Pitäjänkartalle merkattu Istulan talon paikka sekä MML:n korkeusmallista paikannettuja ilmiöitä, jotka olivat mahdollisesti ihmisen tekemiä rakenteita (esim. tervahautoja ja muita kuoppajäänteitä). Näiden lisäksi maastossa tarkastettiin suunnitelluille voimajohtolinjoille (75 metriä keskilinan molemmin puolin) osuvia kuivia alueita, kuten metsäisiä ja päätehakattuja kankaita, kallioita sekä viljelysalueita. Osa viljelysalueista oli äestettyjä ja osa oli heinällä. Inventoinnissa tarkastettiin myös kaikki linjojen hankealueen läheisyydessä (alle 100 metriä suunniteltujen voimajohtolinjojen reunasta) sijaitsevat tunnetut arkeologisen kulttuuriperinnön kohteet. Tunnetuista kohteista maastossa tarkastettiin niiden paikkatiedot, laajuus sekä säilyneisyys.

Maastossa vanhoihin karttoihin merkittyjen rajojen kulmapisteiden paikoilta ei löydetty minkäänlaisia rajamerkkejä tai niiden jäännöksiä. Pitäjänkartalle merkattun Istulan talon alueelta havaittiin suorakaiteen muotoinen kivistä ja laastista tehty kellari, joka oli kooltaan noin 5 x 4 metriä, noin 1 x 1 metrin kokoinen puinen kaivo sekä sammaleen ja heinikön peitossa oleva, kooltaan noin 1 x 1 x 0,3 metriä oleva kiviröykkiö, joka liittyy hyvin todennäköisesti alueella aikaisemmin sijainneiden peltojen raivaustyöhön.

Nyt tehdyn inventoinnin havaintojen perusteella linjojen hankealueille tai aivan niiden läheisyyteen (alle 50 metriä) sijoittuu neljä tervahautakohdetta. Tervahautakohteista 10 sijoittuu suunniteltujen voimajohtolinjojen hankealueen reunasta noin 55–115 metrin päähän. Yksi tervahauta kohde, Haudansalo, joka oli aiemmin merkitty mahdolliseksi muinaisjäännökseksi, sijaitsee noin 200 metriä lähimmästä suunnitellusta voimajohtolinjasta (VE2) etelään ja toisesta suunnitellusta voimajohtolinjasta (VE3) noin 500 metriä koilliseen. Kohde tarkastettiin maastossa, koska se sijaitsee suunniteltujen voimajohtolinjojen (VE2 ja VE3) välisellä alueella lähellä Pyhäjärven Murtomäki 2 päätepistettä.

Osa tervahautoista oli merkitty maastokartoille, mutta niistä ei ollut tietoa muinaisjäännösrekisterissä. Suurin osa tervahautoista havaittiin kuitenkin Maanmittauslaitoksen korkeusmallista. Osa korkeusmallista havaituista mahdollisista tervahautoista ja muista kuoppailmiöistä todettiin maastotarkastuksen aikana luontaisiksi painaumiksi, kivien/kallion koloiksi ja hiekan-/maanottokuopiksi.

Esihistoriallisille kohteille potentiaalisilta viljelysalueilta ei tavattu mitään muinaisjäännöksiin viittaavaa. Varsinkin äestetyt viljelysalueet pyrittiin käymään tarkasti läpi niiltä osin, joissa suunnitellut voimajohtolinjat menivät niiden kohdalta.

Maaston silmämääräisen tarkastelun lisäksi maastossa kaivettiin lapiolla koepistoja ja -kuoppia sellaisiin kohtiin, joissa arveltiin olevan maanpinnalle näkymättömiä muinaisjäännöksiä. Maastossa havaitut arkeologisen kulttuuriperinnön kohteen dokumentoitiin digitaalivalokuvin ja muistiinpanoin. Kohteiden sijaintitiedot mitattiin GPS-laitteella (Garmin Montana 610), jonka mittatarkkuus laitteen ilmoituksen mukaan oli 2–8 metriä.

4. TULOS

Ennen nyt tehtyä inventointia suunniteltujen voimajohtolinjojen läheisyydestä tunnettiin neljä arkeologisen kulttuuriperinnön kohdetta (kaksi kiinteää muinaisjäännöstä ja kaksi mahdollista muinaisjäännöstä). Inventoinnin jälkeen voimajohtolinjoilta ja niiden läheisyydestä tunnetaan yhteensä 16 arkeologisen kulttuuriperinnön kohdetta, joista 15 on kiinteitä muinaisjäännöksiä ja yksi muu kohde. Kaikki kiinteät muinaisjäännökset ovat historiallisen ajan tervahautoja. Muun kohteen Pysäysperän alueelta havaittiin kellari, kaivo ja raivausröykkiö.

Inventointihavaintojen perusteella entuudestaan tunnetut mahdolliset muinaisjäännökset Vittoudenkangas (muinaisjäännöstunnus 1000037676) ja Haudansalo (muinaisjäännöstunnus 1000037687) ehdotetaan muutettavaksi kiinteiksi muinaisjäännöksiksi.

Arkeologisen kulttuuriperinnön kohteiden tarkemmat tiedot, kartat ja kuvat löytyvät tämän raportin 5. luvusta.

Jussi-Pekka Hiltunen
16.6.2022

Kohdeluettelo:

Numero	Nimi	Kunta	Tyyppi	Tarkenne	Ajoitus	Mj-tunnus
KIINTEÄT MUINAISJÄÄNNÖKSET						
1	Ukonpekkio	Haapajärvi	työ- ja valmistuspaikat	tervahaudat	historiallinen	-
2	Hietahauta	Haapajärvi	työ- ja valmistuspaikat	tervahaudat	historiallinen	-
3	Kauhistus	Haapajärvi	työ- ja valmistuspaikat	tervahaudat	historiallinen	-
4	Hautakangas	Haapajärvi	työ- ja valmistuspaikat	tervahaudat	historiallinen	-
5	Selkanlehto	Haapajärvi	työ- ja valmistuspaikat	tervahaudat	historiallinen	1000041602
6	Kutukallio	Haapajärvi	työ- ja valmistuspaikat	tervahaudat	historiallinen	-
7	Vastaskangas	Haapajärvi	työ- ja valmistuspaikat	tervahaudat	historiallinen	-
8	Konineva	Haapajärvi	työ- ja valmistuspaikat	tervahaudat	historiallinen	-
9	Tikkasenkangas	Haapajärvi	työ- ja valmistuspaikat	tervahaudat	historiallinen	-
10	Vittoudenoja	Pyhäjärvi	työ- ja valmistuspaikat	tervahaudat	historiallinen	-
11	Vittoudenkangas	Pyhäjärvi	työ- ja valmistuspaikat	tervahaudat	historiallinen	1000037676
12	Saarasenahde	Pyhäjärvi	työ- ja valmistuspaikat	tervahaudat	historiallinen	1000025904
13	Salonpää	Pyhäjärvi	työ- ja valmistuspaikat	tervahaudat	historiallinen	-
14	Palmikka-aho	Pyhäjärvi	työ- ja valmistuspaikat	tervahaudat	historiallinen	-
15	Haudansalo	Pyhäjärvi	työ- ja valmistuspaikat	tervahaudat	historiallinen	1000037687
MUUT KOHTEET						
16	Pysäysperä	Haapajärvi	kivirakenteet	kellarit	historiallinen, moderni -	

KOHDELUETTELO

KIINTEÄT MUINAISJÄÄNNÖKSET (* uusi kohde)

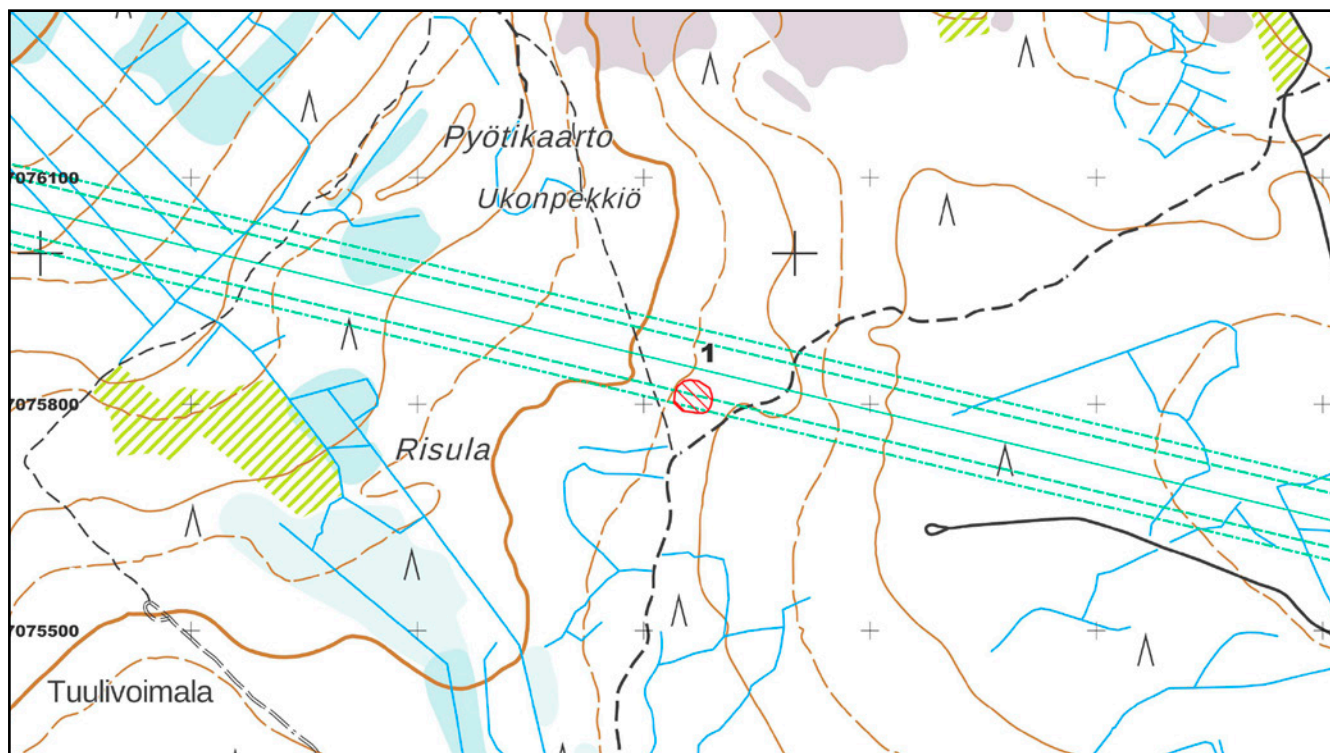
5.1. Ukonpekkiö*

Nimi:	Ukonpekkiö
Kunta:	Haapajarvi
Muinaisjäännöstunnus:	-
Laji:	kiinteä muinaisjäännös
Tyyppi:	työ- ja valmistuspaikat, tervahaudat
Ajoitus:	historiallinen
Aiemmat tutkimukset:	-
Koordinaatit:	N 7075809 E 418866 z 139
Koordinaattiselite:	GPS-mittaus

Kohteen kuvaus:

Suppilomainen tervahauta sijaitsee noin 50 metriä vanhasta metsäautotiestä itään, tiheässä sekapuumetsässä. Tervahaudan kohdalla kasvaa paljon erikasvuista puuta ja aluskasvillisuutta. Tervahaudan halkaisija on noin 18 metriä ja syvyys haudan pohjalta vallin yläreunaan mitattuna on noin 1,5 metriä. Vallin leveys on noin 4 metriä. Halssi suuntautuu pohjoiseen. Halssi on noin 9 metriä pitkä, 1,5 metriä leveä ja syvä. Tervahaudan ympärille on tehty katkoviivamaisia kaivantoja.

Kartta 3. Kohde Ukonpekkiö merkattu punaisella rasterilla. Suunniteltu voimajohtolinja on merkattu vihreällä viivalla.



Vaikutusten arvio:

Tervahauta sijaitsee suunnitellun voimajohtolinjan hankealueen eteläreunassa. Kohde tulee huomioida suunnittelussa sekä mahdollisessa rakentamisvaiheessa.

Kuva 9. Tervahauta kuvattu pohjoiseen.



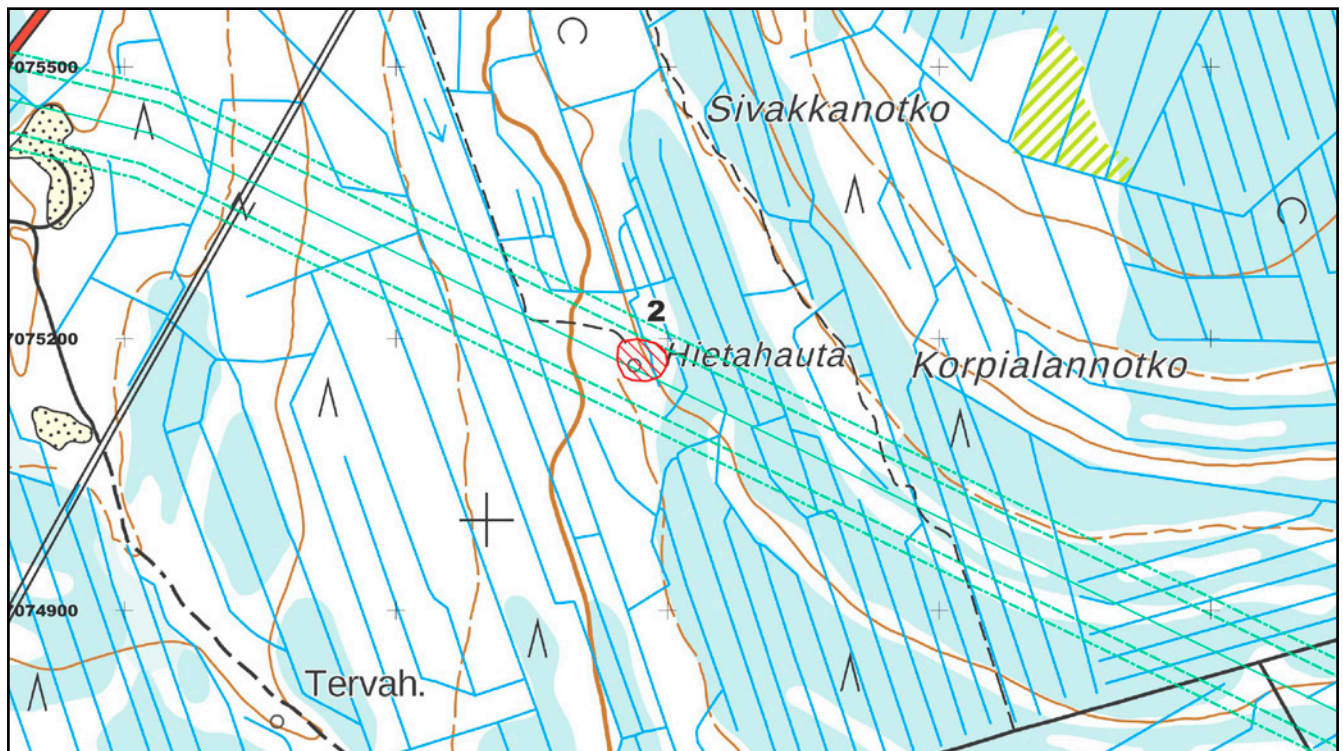
5.2. Hietahauta*

Nimi:	Hietahauta
Kunta:	Haapajärvi
Muinaisjäänköstunnus:	-
Laji:	kiinteä muinaisjäänkö
Tyyppi:	työ- ja valmistuspaikat, tervahaudat
Ajoitus:	historiallinen
Aiemmat tutkimukset:	-
Koordinaatit:	N 7075181 E 421172 z 128
Koordinaattiselite:	GPS-mittaus

Kohteen kuvaus:

Tervahauta sijaitsee tiheästi ojitetun alueen länsireunassa koivu-/kuusivaltaisessa metsässä. Haudan päällä kasvaa suurehkoja koivuja ja pienempiä kuusia, ja tervahauta sekä sen ympäristö on vahvasti heinittynyt. Tervahaudan halkaisija on noin 20 metriä ja sen syvyys haudan pohjalta vallin yläreunaan mitattuna on noin 1,5 metriä. Vallin leveys on noin 4,5 metriä. Halssi suuntautuu koilliseen. Se on noin 7 metriä pitkä, 2 metriä leveä ja 1,5 metriä syvä. Tervahaudan ympärillä on katkoviivamaista kaivantoa. Tervahauta on merkattu nykyiselle peruskartalle.

Kartta 4. Kohde Hietahauta merkattu punaisella rasterilla. Suunniteltu voimajohtolinja on merkattu vihreällä viivalla.



Vaikutusten arvio:

Tervahauta sijaitsee lähes keskellä suunnitellun voimajohtolinjan hankealuetta. Kohde tulee huomioida suunnittelussa sekä mahdollisessa rakentamisvaiheessa.

Kuva 10. Tervahauta kuvattu pohjoiseen.



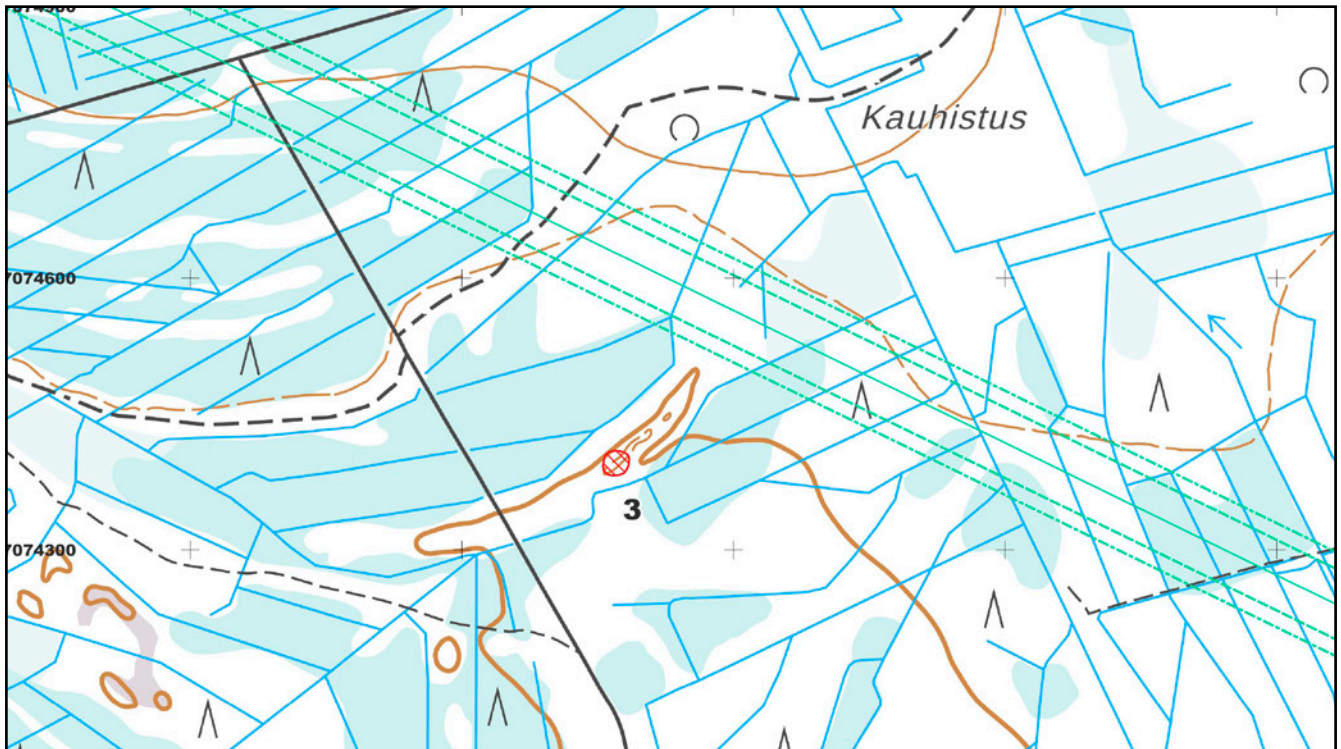
5.3. Kauhistus*

Nimi:	Kauhistus
Kunta:	Haapajärvi
Muinaisjäännöstunnus:	-
Laji:	kiinteä muinaisjäännös
Tyyppi:	työ- ja valmistuspaikat, tervahaudat
Ajoitus:	historiallinen
Aiemmat tutkimukset:	-
Koordinaatit:	N 7074395 E 422271 z 130,5
Koordinaattiselite:	GPS-mittaus

Kohteen kuvaus:

Tervahauta sijaitsee nuorehkossa mäntymetsässä hiekkaisella kaaralla, joka erottuu selvästi ympärillä olevasta matalapiirteisemmästä ja kosteammasta ojitetuista metsäalueista. Tervahaudan halkaisija on noin 15 metriä ja sen syvyys haudan pohjalta vallin yläreunaan mitattuna on noin 1,7 metriä. Vallin leveys on noin 3 metriä. Maastossa ei havaittu halssia, joten kyseessä on todennäköisesti rännitön tervahauta.

Kartta 5. Kohde Kauhistus merkattu punaisella rasterilla. Suunniteltu voimajohtolinja on merkattu vihreällä viivalla.



Vaikutusten arvio:

Ei vaikutusta. Tervahauta sijaitsee noin 150 metriä suunnitellun voimajohtolinjan hankealueesta lounaaseen.

Kuva 11. Tervahauta kuvattu itään.



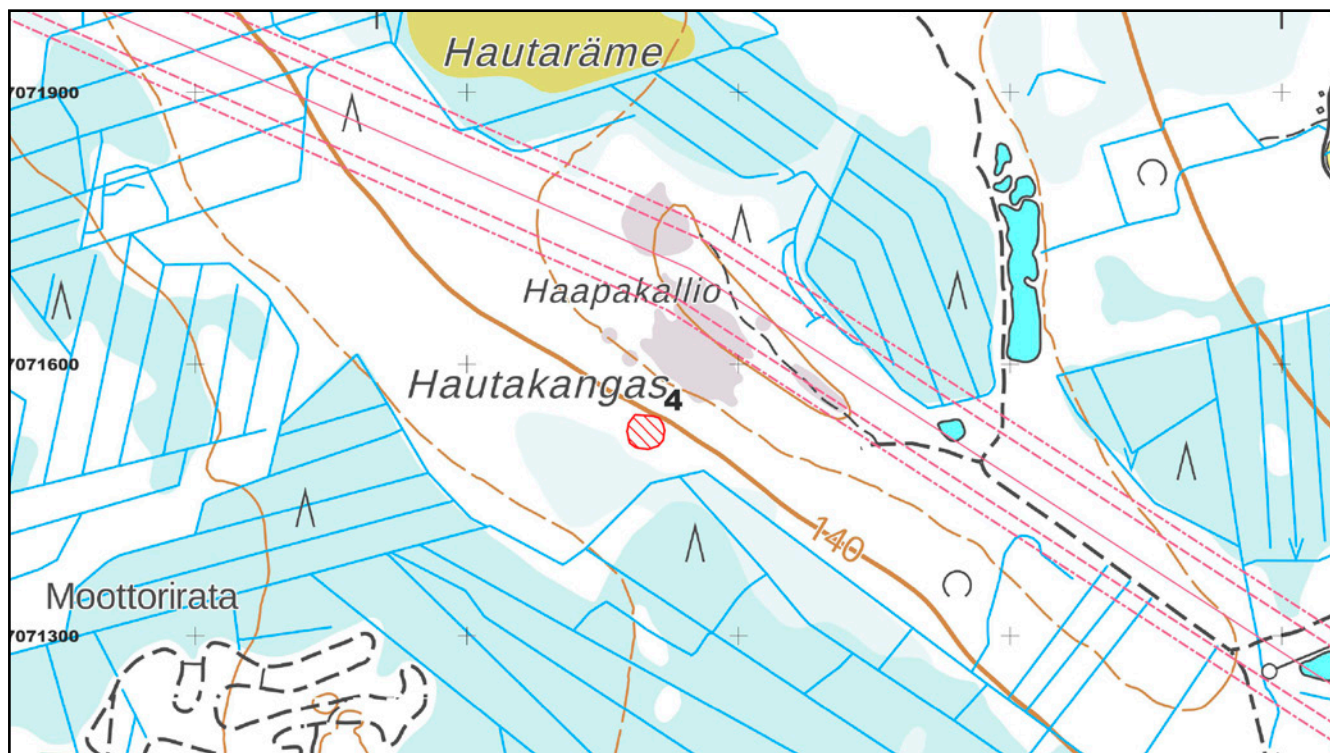
5.4. Hautakangas 3*

Nimi:	Hautakangas 3
Kunta:	Haapajärvi
Muinaisjäännöstunnus:	-
Laji:	kiinteä muinaisjäännös
Tyyppi:	työ- ja valmistuspaikat, tervahaudat
Ajoitus:	historiallinen
Aiemmat tutkimukset:	-
Koordinaatit:	N 7071524 E 422297 z 125
Koordinaattiselite:	GPS-mittaus

Kohteen kuvaus:

Tervahauta sijaitsee kuivahkolla kankaalla lounaispuolella kallioista mäkeä. Haudan kohdalla kasvaa jykevää mäntyä ja koivua sekä pienempiä kuusia. Tervahaudan halkaisija on noin 12 metriä ja sen syvyys haudan pohjalta vallin yläreunaan mitattuna on noin 1,2 metriä. Vallin leveys on noin 3 metriä. Halssi suuntautuu etelään ja siitä on säilynyt havaittavia merkkejä ainoastaan noin 1 metrin matkalta.

Kartta 6. Kohde Hautakangas merkattu punaisella rasterilla. Suunniteltu voimajohtolinja on merkattu vaaleanpunaisella viivalla.



Vaikutusten arvio:

Ei vaikutusta. Tervahauta sijaitsee noin 115 metriä suunnitellun voimajohtolinjan hankealueesta lounaaseen.

Kuva 12. Tervahauta kuvattu etelään.



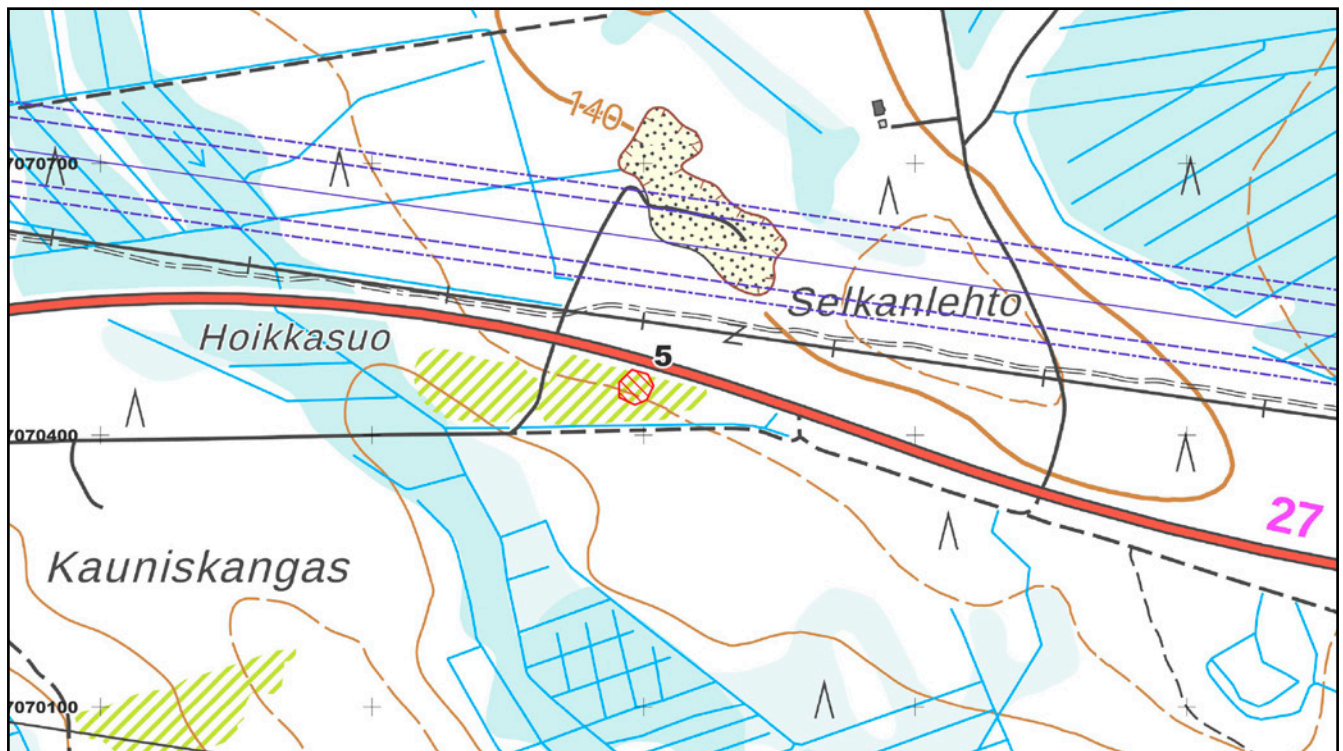
5.5. Selkanlehto

Nimi:	Selkanlehto
Kunta:	Haapajärvi
Muinaisjäännöstunnus:	1000041602
Laji:	kiinteä muinaisjäännös
Tyyppi:	työ- ja valmistuspaikat, tervahaudat
Ajoitus:	historiallinen
Aiemmat tutkimukset:	Hans-Peter Schulz inventointi 2021
Koordinaatit:	N 7070459 E 422689 z 138
Koordinaattiselite:	Muinaisjäännösrekisteristä

Muinaisjäännösrekisterin kuvaus:

Soraharjanteen loivalla etelärinteellä, aivan valtatie 27 eteläpuolella on pieni tervahauta. Haudan halkaisija on 9 m, kuopan syvyys 0,7 m; halssi suuntautuu etelään, sen pituus on noin 8 m. Ympäristö on avohakattu ja muokattu, pohjoisen vallin ja tien välissä kasvaa muutama iso haapa. 2021: Kohde on ennallaan.

Kartta 7. Kohde Selkanlehto merkattu punaisella rasterilla. Suunniteltu voimajohtolinja on merkattu sinisellä viivalla.



Tarkastus 2022:

Ei lisättävää edellä mainittuun kuvaukseen. Kohteen muinaisjäännösalueen raja sijaitsee noin 95 metrin päässä suunnitellun voimajohtolinjan eteläreunasta.

Vaikutusten arvio:

Ei vaikutusta. Kohteen muinaisjäännösalueen raja sijaitsee noin 95 metrin päässä suunnitellun voimajohtolinjan eteläreunasta.

Kuva 13. Tervahauta kuvattu koilliseen. Halssi erottuu keskellä.



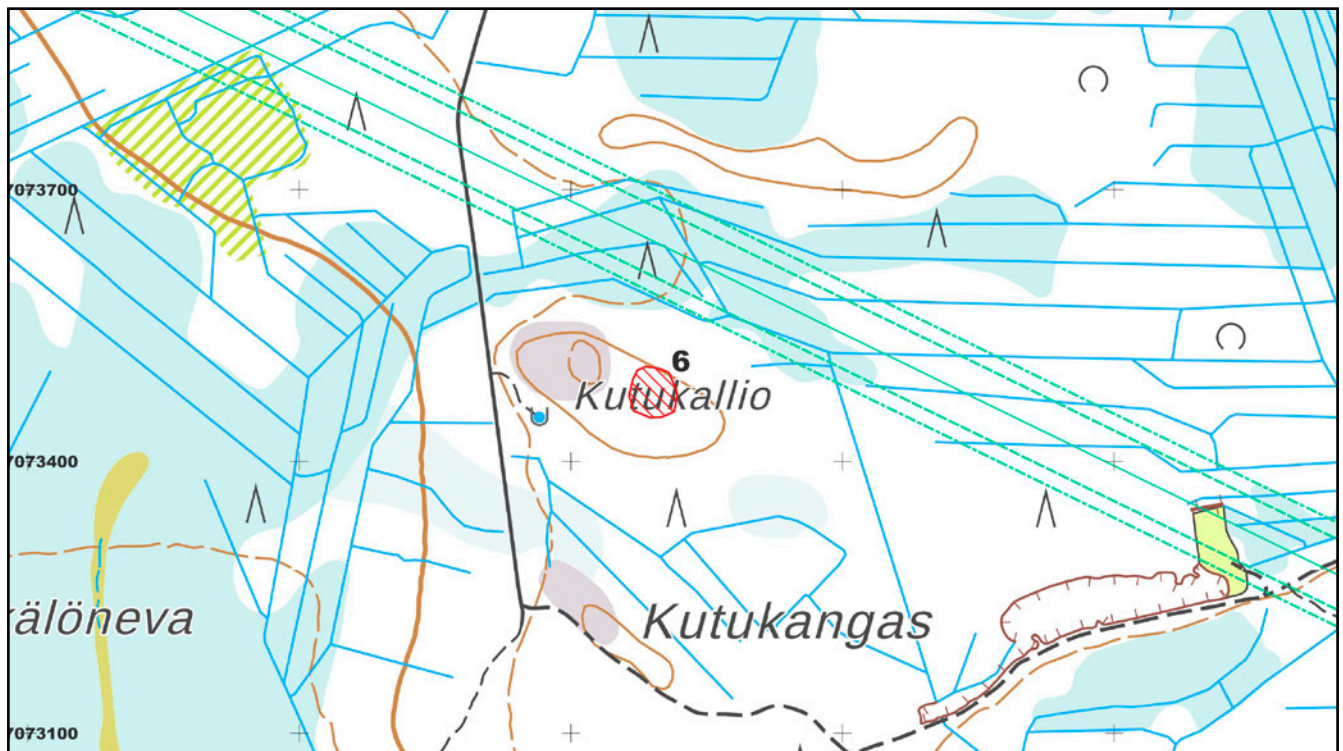
5.6. Kutukallio*

Nimi:	Kutukallio
Kunta:	Haapajärvi
Muinaisjäännostunnus:	-
Laji:	kiinteä muinaisjäänös
Tyyppi:	työ- ja valmistuspaikat, tervahaudat
Ajoitus:	historiallinen
Aiemmat tutkimukset:	-
Koordinaatit:	N 7073479 E 424285 z 130
Koordinaattiselite:	GPS-mittaus

Kohteen kuvaus:

Tervahauta sijaitsee muusta ympäristöstä korkeamman kallion kaakkoispuolella tiheän aluskasvillisuuden, kuusitaimikon ja heinikon peitteissä maastossa. Tervahaudan halkaisija on noin 21 metriä ja sen syvyys haudan pohjalta vallin yläreunaan mitattuna on noin 2 metriä. Vallin leveys on noin 4 metriä. Halssi suuntautuu itäkoilliseen. Se on noin 7 metriä pitkä, 2 metriä leveä ja 1 metrin syvä. Halssin poikkisuuntaisesti on kaatunut lahonnut puunranka. Kaatuneita ja lahonneita puunrankoja on myös tervahaudan päällä.

Kartta 8. Kohde Kutukallio merkattu punaisella rasterilla. Suunniteltu voimajohtolinja on merkattu vihreällä viivalla.



Vaikutusten arvio:

Ei vaikutusta. Tervahauta sijaitsee noin 95 metriä suunnitellun voimajohtolinjan hankealueesta lounaaseen.

Kuva 14. Tervahauta kuvattu etelään.



5.7. Vastaskangas*

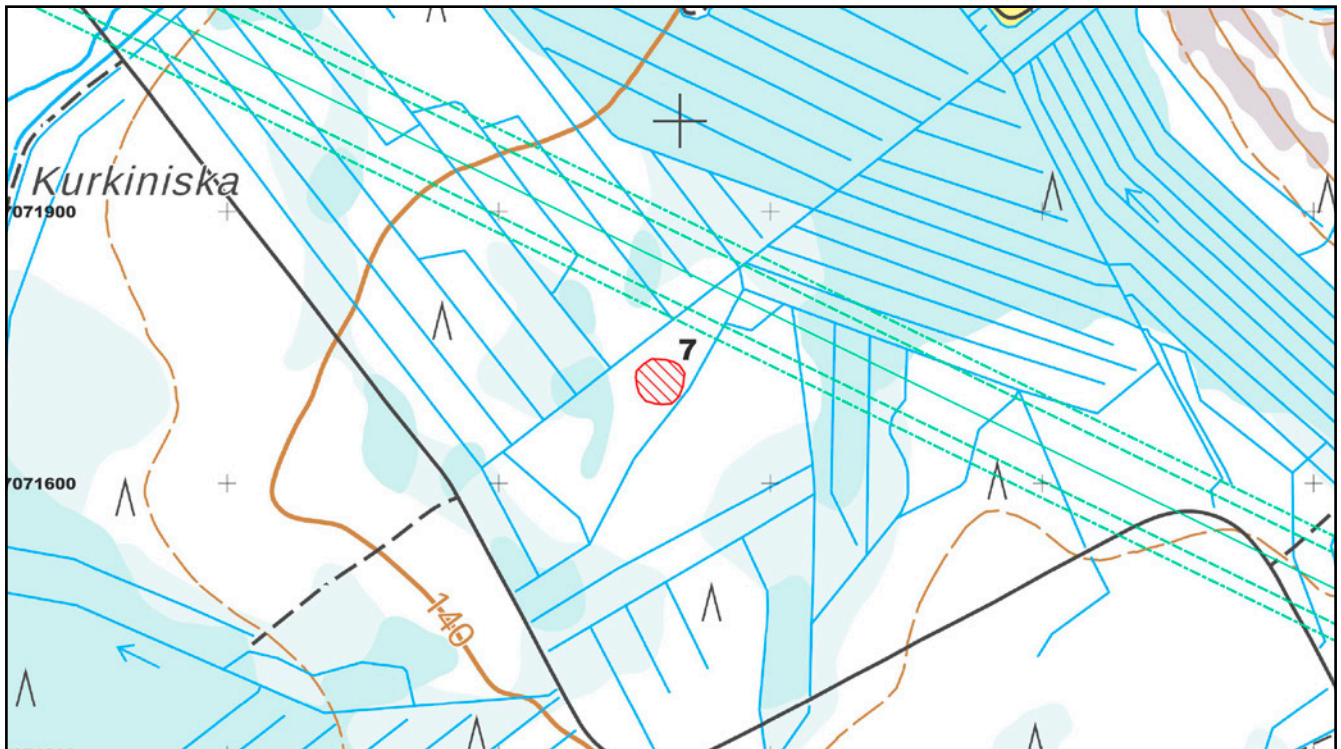
Nimi:	Vastaskangas
Kunta:	Haapajärvi
Muinaisjäännöstunnus:	-
Laji:	kiinteä muinaisjäännös
Tyyppi:	työ- ja valmistuspaikat, tervahaudat
Ajoitus:	historiallinen
Aiemmat tutkimukset:	-
Koordinaatit:	N 7071710 E 427978 z 136
Koordinaattiselite:	GPS-mittaus

Kohteen kuvaus:

Laakea tervahauta sijaitsee mäntyvaltaisessa sekametsässä vahvasti ojitetun alueen kuivalla ja hieman muusta ympäristöstä korkeammalla metsäsaarekkeella. Tervahaudan halkaisija on noin 23 metriä ja sen syvyys haudan pohjalta vallin yläreunaan mitattuna on noin 1 metriä. Vallin leveys on noin 6 metriä. Halssi suuntautuu länteen. Se on noin 8 metriä pitkä, 1 metrin leveä ja 1 metrin syvä.

.

Kartta 9. Kohde Vastaskangas merkattu punaisella rasterilla. Suunniteltu voimajohtolinja on merkattu vihreällä viivalla.



Vaikutusten arvio:

Ei vaikutusta. Tervahauta sijaitsee noin 55 metriä suunnitellun voimajohtolinjan hankealueesta etelälounaaseen.

Kuva 15. Tervahauta kuvattu lounaaseen.



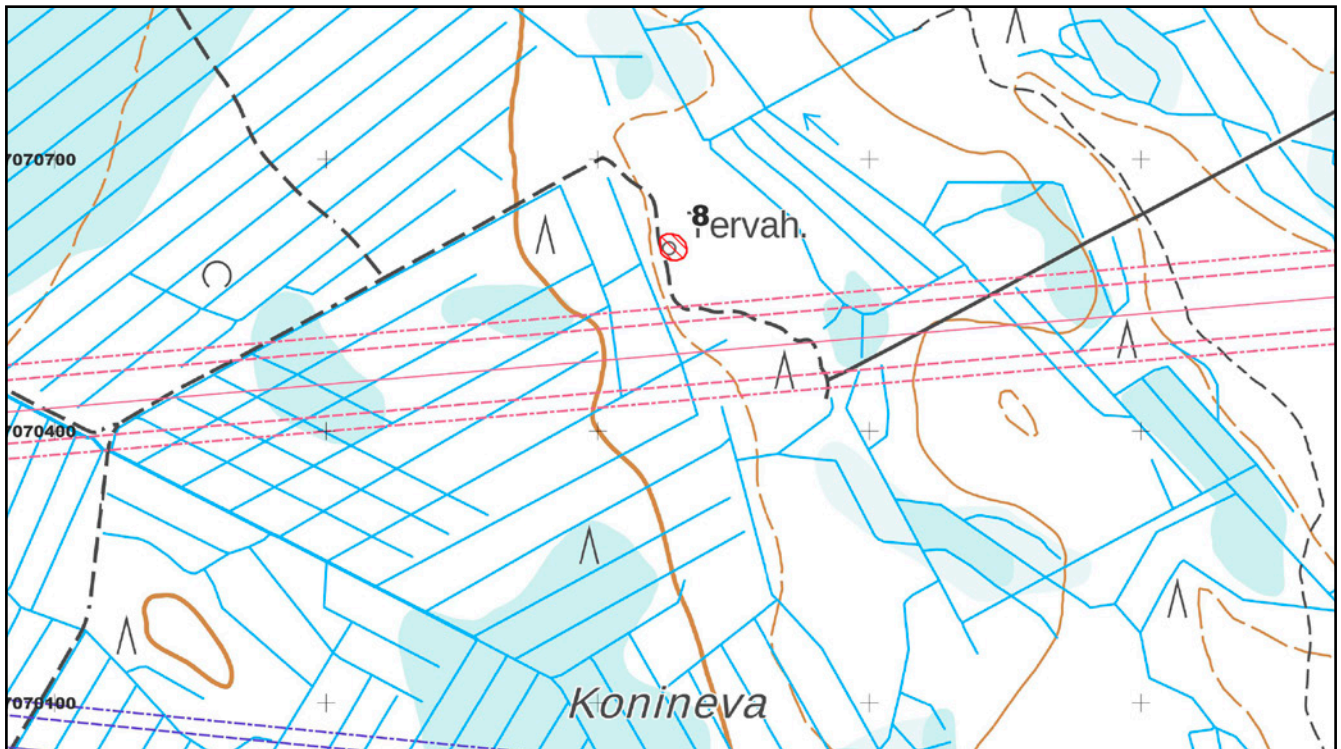
5.8. Konineva*

Nimi:	Konineva
Kunta:	Haapajärvi
Muinaisjäänöstunnus:	-
Laji:	kiinteä muinaisjäänös
Tyyppi:	työ- ja valmistuspaikat, tervahaudat
Ajoitus:	historiallinen
Aiemmat tutkimukset:	-
Koordinaatit:	N 7070600 E 428183 z 136
Koordinaattiselite:	GPS-mittaus

Kohteen kuvaus:

Tervahauta sijaitsee hakkuuaukean länsireunassa metsäkoneurasta noin 10 metriä itään. Hakkuun yhteydessä tervahaudan kohdalle on jätetty kasvamaan puustoa. Tervahauta erottuu hyvin maastosta. Tervahaudan halkaisija on noin 16 metriä ja sen syvyys haudan pohjalta vallin yläreunaan mitattuna on noin 1,5 metriä. Vallin leveys on noin 3,5 metriä. Halssi suuntautuu länteen. Se on noin 5 metriä pitkä, 1 metrin leveä ja 1 metrin syvä. Tervahauta on merkitty nykyiselle peruskartalle.

Kartta 10. Kohde Konineva merkattu punaisella rasterilla. Suunnitellut voimajohtolinjat on merkattu vaaleanpunaisella ja sinisellä viivalla.



Vaikutusten arvio:

Ei vaikutusta. Tervahauta sijaitsee noin 57 metriä suunnitellun voimajohtolinjan hankealueesta pohjoiseen.

Kuva 16. Tervahauta kuvattuna pohjoiseen.



5.9. Tikkasenkangas*

Nimi:	Tikkasenkanas
Kunta:	Haapajärvi
Muinaisjäännöstunnus:	-
Laji:	kiinteä muinaisjäännös
Tyyppi:	työ- ja valmistuspaikat, tervahaudat
Ajoitus:	historiallinen
Aiemmat tutkimukset:	-
Koordinaatit:	N 7070656 E 431049 z 145
Koordinaattiselite:	GPS-mittaus

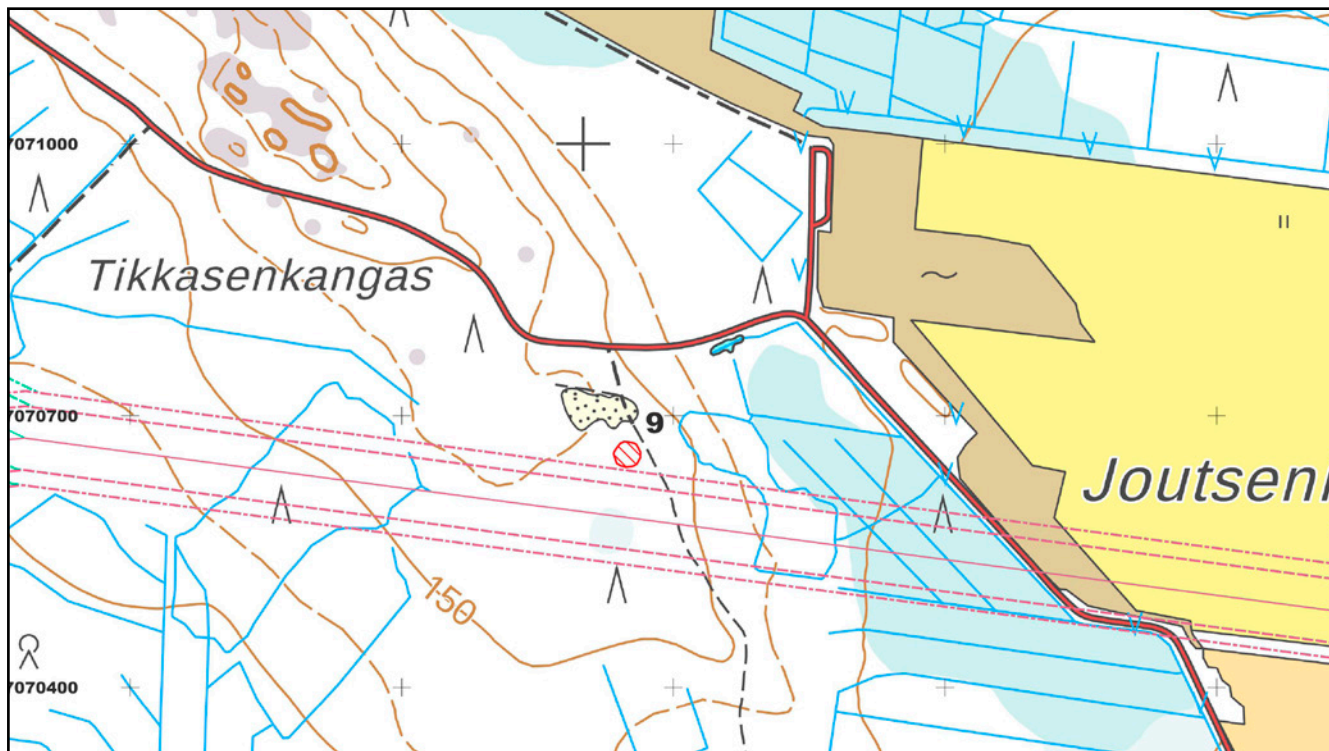
Kohteen kuvaus:

Tervahauta sijaitsee mäntytaimikon pohjoisreunassa. Tervahaudan kohdalle on jätetty pystyyn muutama suurempi mänty. Tervahaudan halkaisija on noin 17 metriä ja sen syvyys haudan pohjalta vallin yläreunaan mitattuna on noin 1,5 metriä. Vallin leveys on noin 3,5 metriä. Halssi suuntautuu itään. Vaikuttaa, että halssia on kaiveltu. Lisäksi halssin ja tervahaudan vallin väliin on rakennettu modernista laudasta katos. Katoksen sisällä on maarajaan laitettu muovinen putki, joka näyttäisi johtavan kohti tervahaudan keskustaa. Tervahaudan vallien päällä on lisäksi jonkin verran modernia puu- ja metallitavaraa.

Vaikutusten arvio:

Tervahauta sijaitsee vain noin 15 metriä suunnitellun voimajohtolinjan hankealueesta pohjoiseen, joten se kannattaa huomioida suunnittelussa sekä mahdollisessa rakentamisvaiheessa.

Kartta 11. Kohde Tikkasenkangas merkattu punaisella rasterilla. Suunniteltu voimajohtolinja on merkattu vaaleanpunaisella viivalla.





Kuva 17. Tervahauta kuvattu kaakkoon.

Kuva 18. Tervahaudan yhteyteen laudasta rakennettu katos kuvattu länteen.



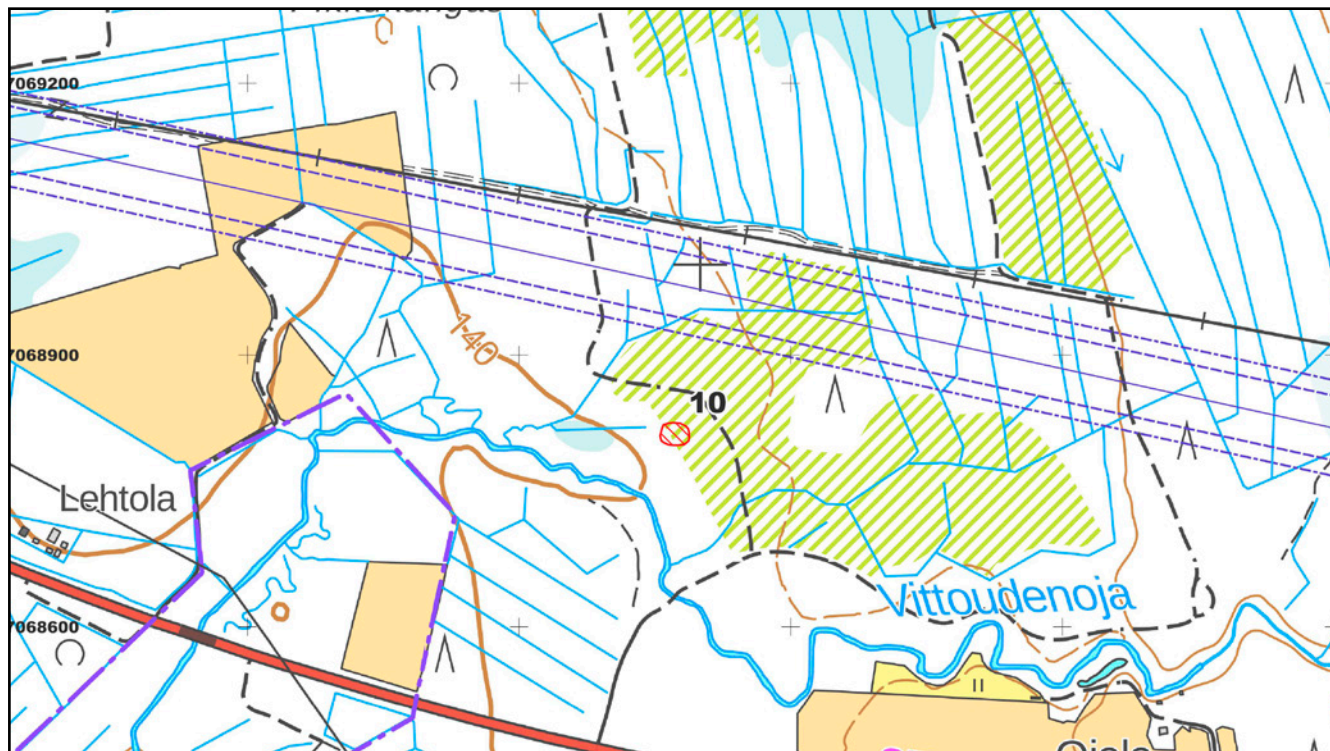
5.10. Vittoudenoja*

Nimi:	Vittoudenoja
Kunta:	Pyhäjärvi
Muinaisjäänköstunnus:	-
Laji:	kiinteä muinaisjäänkö
Tyyppi:	työ- ja valmistuspaikat, tervahaudat
Ajoitus:	historiallinen
Aiemmat tutkimukset:	-
Koordinaatit:	N 7068807 E 433973 z 132
Koordinaattiselite:	GPS-mittaus

Kohteen kuvaus:

Maljamainen tervahauta sijaitsee hakkuuaukean länsireunassa. Tervahaudan halkaisija on noin 16 metriä ja sen syvyys haudan pohjalta vallin yläreunaan mitattuna on noin 1,5 metriä. Vallin leveys on noin 2 metriä. Tervahaudan eteläpuolelta maasto jyrkkenee äkillisesti ja eteläpuolella tervahaudan ulkopuolella maan pinnalta vallin yläreunaan on noin 3 metriä. Pohjoisen puolella valli on lähes maan tasalla, sillä on korkeutta vain noin 40 cm. Tervahaudan ympärillä on katkoviivamainen kaivanto.

Kartta 12. Kohde Vittoudenoja merkattu punaisella rasterilla. Suunniteltu voimajohtolinja on merkattu sinisellä viivalla.



Vaikutusten arvio:

Ei vaikutusta. Tervahauta sijaitsee noin 105 metriä suunnitellun voimajohtolinjan hankealueesta etelään.

Kuva 19. Tervahauta kuvattu etelään.



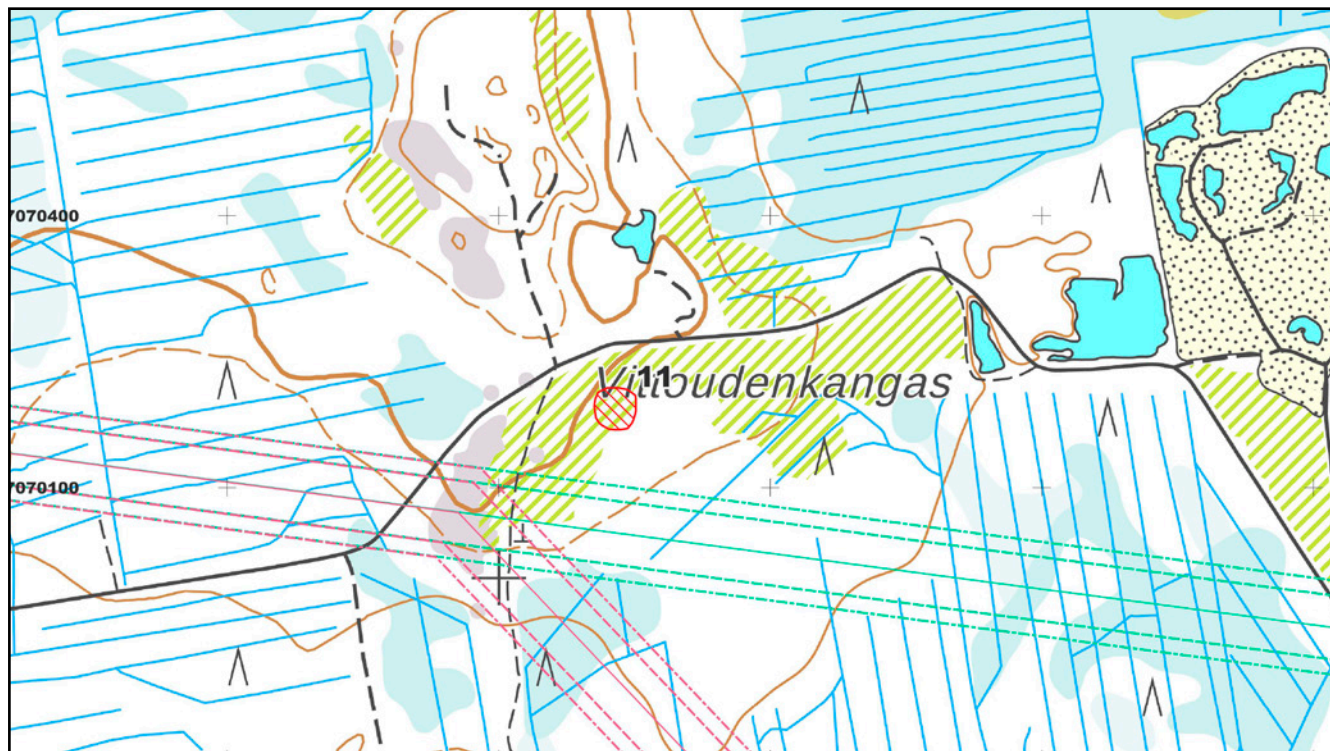
5.11. Vittoudenkangas

Nimi:	Vittoudenkangas
Kunta:	Pyhäjärvi
Muinaisjäännöstunnus:	1000037676
Laji:	kiinteä muinaisjäännös (aiemmin mahdollinen muinaisjäännös)
Tyyppi:	työ- ja valmistuspaikat, tervahaudat
Ajoitus:	historiallinen
Aiemmat tutkimukset:	Hans-Peter Schulz inventointi 2013
Koordinaatit:	N 7070190 E 435129 z 151
Koordinaattiselite:	GPS-mittaus

Muinaisjäännösrekisterin kuvaus:

Lidar-kartoituskohde, ei ole kartoitettu maastossa. Soiden ympäröimä tuoreehko kangas, alue on hakattu 2012, myös tervahaudan päältä, suojavyöhyke merkitty sinisellä nauhalla. Hauta sijaitsee loivalla kaakkoisrinteellä, läpimitta valli mukaan lukien n. 22 m, kuopan läpimitta n. 13 m, halssi suuntautuu kaakkoon, pituus n. 3 m.

Kartta 13. Kohde Vittoudenkangas merkattu punaisella rasterilla. Suunnitellut voimajohtolinjat on merkattu vihreällä ja vaaleanpunaisella viivalla.



Tarkastus 2022:

Kohde tarkastettiin maastossa. Vuoden 2012 hakkuun yhteydessä tervahaudan kohdalle on jätetty noin 4 metrin korkeudelta katkaistuja puunrankoja pystyyn. Kohdalla on myös harvakseltaan taimikkoa ja jonkin verran tervahautaa peittävää aluskasvillisuutta. Kohde ehdotetaan muutettavaksi kiinteäksi muinaisjäänneksi.

Vaikutusten arvio:

Ei vaikutusta. Tervahauta sijaitsee noin 75 metrin päässä suunnitellun voimajohtolinjan pohjoisreunasta.

Kuva 20. Tervahauta kuvattu etelään.



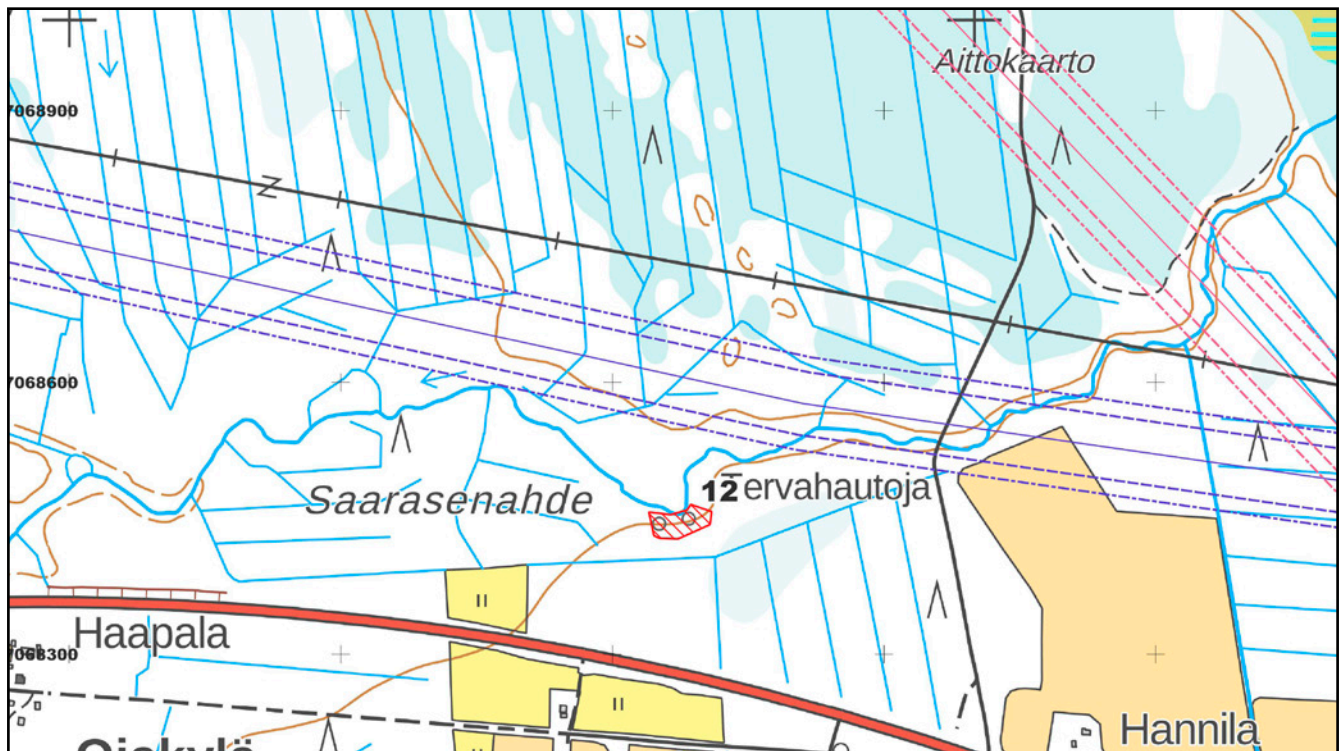
5.12. Saarassenahde

Nimi:	Saarassenahde
Kunta:	Pyhäjärvi
Muinaisjäännöstunnus:	1000025904
Laji:	kiinteä muinaisjäännös
Tyyppi:	työ- ja valmistuspaikat, tervahaudat
Ajoitus:	historiallinen
Aiemmat tutkimukset:	Hans-Peter Schulz & Jaana Itäpalo inventointi 2014
Koordinaatit:	N 7068450 E 435693 z 150
Koordinaattiselite:	Muinaisjäännösrekisteristä

Muinaisjäännösrekisterin kuvaus:

Kohde sijaitsee Vittoudenojan eteläpuolella tasaisella metsittyneellä pakettipellolla nuoressa kasvatusmetsikössä. Haudat sijaitsevat 30 m:n etäisyydellä toisistaan n. 3 m korkean purotörmän yläpuolella. Niiden läpimitta on valli mukaan lukien 9–10 m, kuopan läpimitta 5–6 m ja syvyys 0,6 m. Molemmissa halssit suuntautuvat purolle päin, pituus 2,5–3 m ja syvyys n. 1,5 m. Läntinen hauta on auruksessa vaurioitunut. Hautojen päällä kasvaa nuorta puustoa.

Kartta 14. Kohde Saarassenahde merkattu punaisella rasterilla. Suunnitellut voimajohtolinjat on merkattu sinisellä ja vaaleanpunaisella viivalla.



Tarkastus 2022:

Molemmat tervahaudat erottuvat hyvin huonosti maastosta. Varsinkin läntinen tervahauta erottuu huonosti vaurioitumisen takia. Tervahaudat on merkattu nykyiseen peruskarttaan.

Vaikutusten arvio:

Ei vaikutusta. Muinaisjäännösalueen raja on noin 85 metriä suunnitellun voimajohtolinjan eteläreunasta.

Kuva 21. Itäisempi tervahautoista kuvattu länteen.



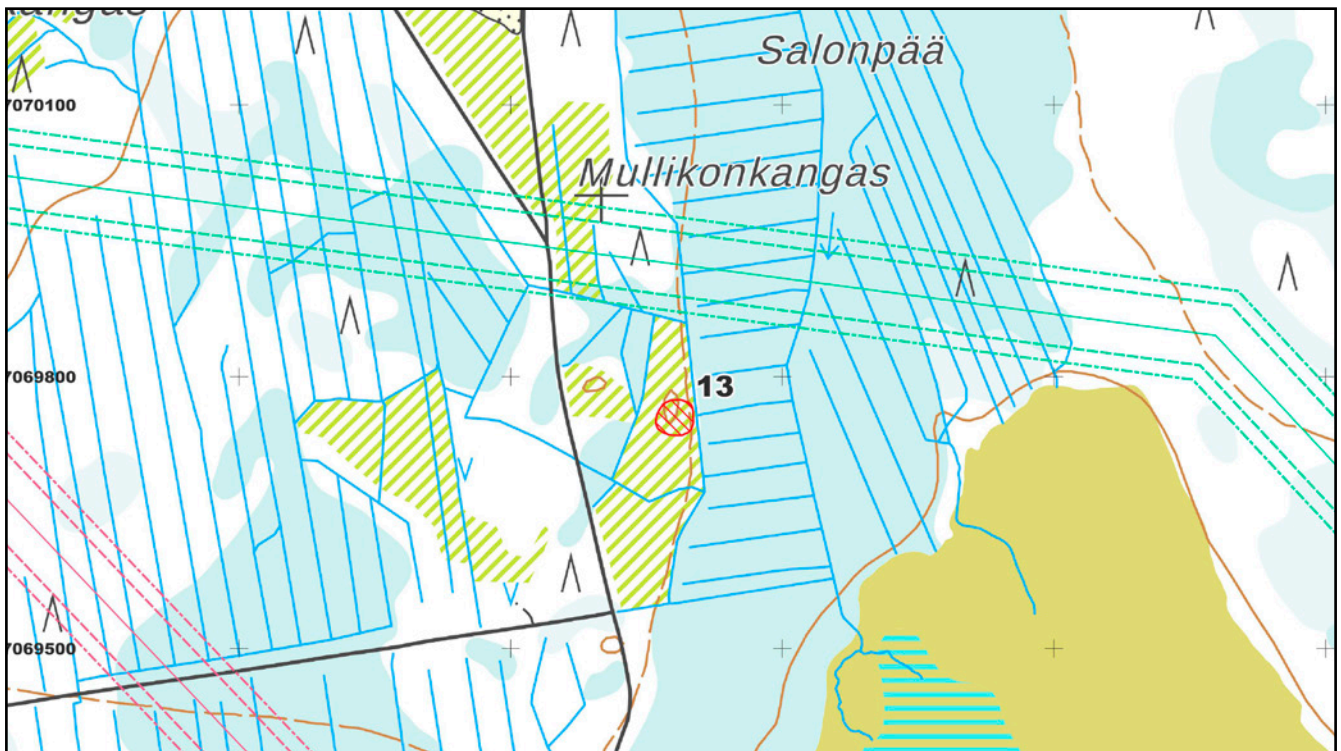
5.13. Salonpää*

Nimi:	Salonpää
Kunta:	Pyhäjärvi
Muinaisjäännöstunnus:	-
Laji:	kiinteä muinaisjäännös
Tyyppi:	työ- ja valmistuspaikat, tervahaudat
Ajoitus:	historiallinen
Aiemmat tutkimukset:	-
Koordinaatit:	N 7069753 E 436086 z 147
Koordinaattiselite:	GPS-mittaus

Kohteen kuvaus:

Maljamainen tervahauta sijaitsee hiekkaisella harjanteella hakkuuaukealla. Tervahaudan halkaisija on noin 22 metriä ja sen syvyys haudan pohjalta vallin yläreunaan mitattuna on noin 1,7 metriä. Vallin leveys on noin 4,5 metriä. Halssi suuntautuu itään. Se on noin 5 metriä pitkä, 1,5 metriä leveä ja 1 metrin syvä. Tervahaudan kohdalla on paikoitellen noussut maanpinnalle hiiltä sekä rapautunutta kiveä. Lisäksi sen pohjalla on muutama maasta käännetty kanto, jotka ovat tehneet pohjalle noin 40 cm syvän kuopan. Nämä liittyvät todennäköisesti alueella tehtyyn metsänhoitoon.

Kartta 15. Kohde Salonpää merkattu punaisella rasterilla. Suunnitellut voimajohtolinjat on merkattu vihreällä ja vaaleanpunaisella viivalla.



Vaikutusten arvio:

Ei vaikutusta. Tervahaudan reuna sijaitsee noin 105 metrin päässä suunnitellun voimajohtolinjan eteläreunasta.

Kuva 22. Tervahauta kuvattu etelään.



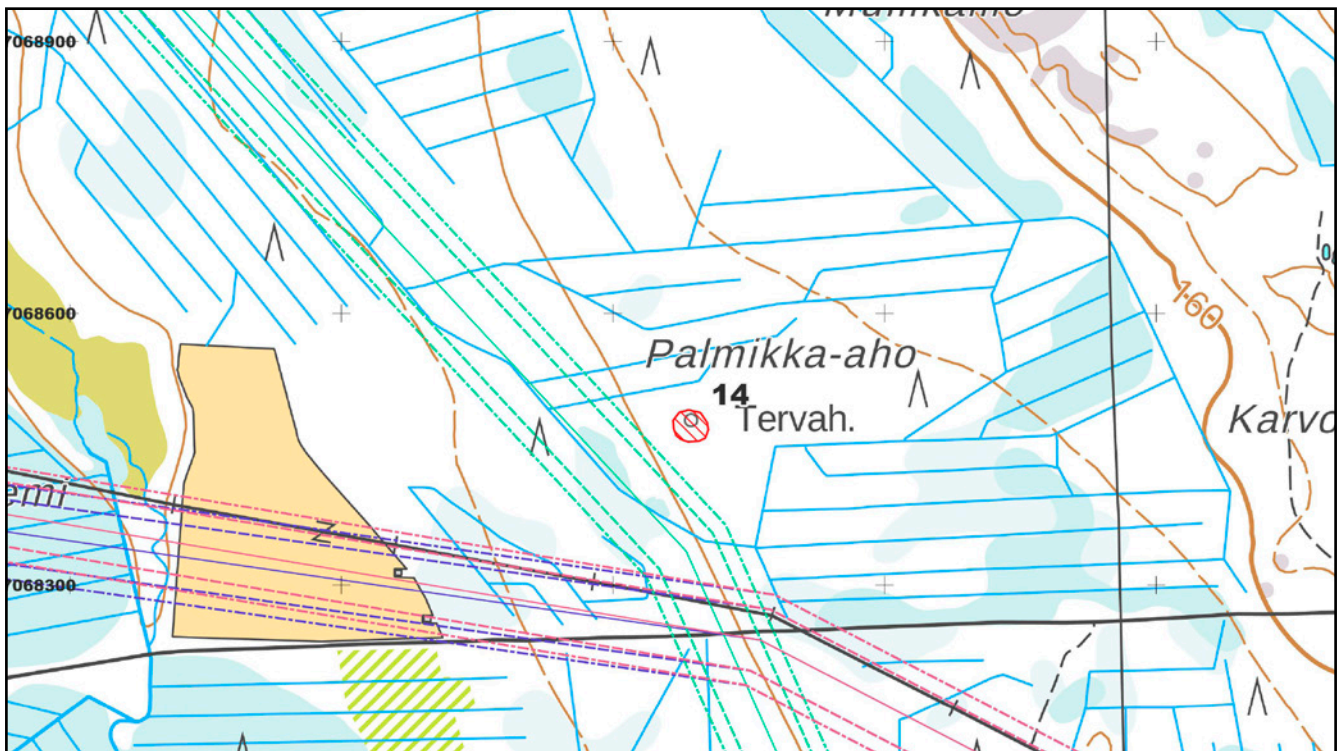
5.14. Palmikka-aho*

Nimi:	Palmikka-aho
Kunta:	Pyhäjärvi
Muinaisjäännöstunnus:	-
Laji:	kiinteä muinaisjäännös
Tyyppi:	työ- ja valmistuspaikat, tervahaudat
Ajoitus:	historiallinen
Aiemmat tutkimukset:	-
Koordinaatit:	N 7068476 E 438088 z 145
Koordinaattiselite:	GPS-mittaus

Kohteen kuvaus:

Laakea tervahauta sijaitsee hyvin peitteisessä sekapuumetsässä. Tervahaudan halkaisija on noin 17 metriä ja sen syvyys haudan pohjalta vallin yläreunaan mitattuna on noin 0,5 metriä. Vallin leveys on noin 3,5 metriä. Halssi suuntautuu luoteeseen. Se on noin 6 metriä pitkä ja 0,5 metriä syvä. Tervahauta on merkattu nykyiselle peruskartalle.

Kartta 16. Kohde Palmikka-aho merkattu punaisella rasterilla. Suunnitellut voimajohtolinjat on merkattu vihreällä ja vaaleanpunaisella/sinisellä viivalla.



Vaikutusten arvio:

Tervahauta sijaitsee vain noin 37 metriä suunnitellun voimajohtolinjan hankealueesta koilliseen, joten se kannattaa huomioida suunnittelussa sekä mahdollisessa rakentamisvaiheessa.

Kuva 23. Tervahauta kuvattu itään.



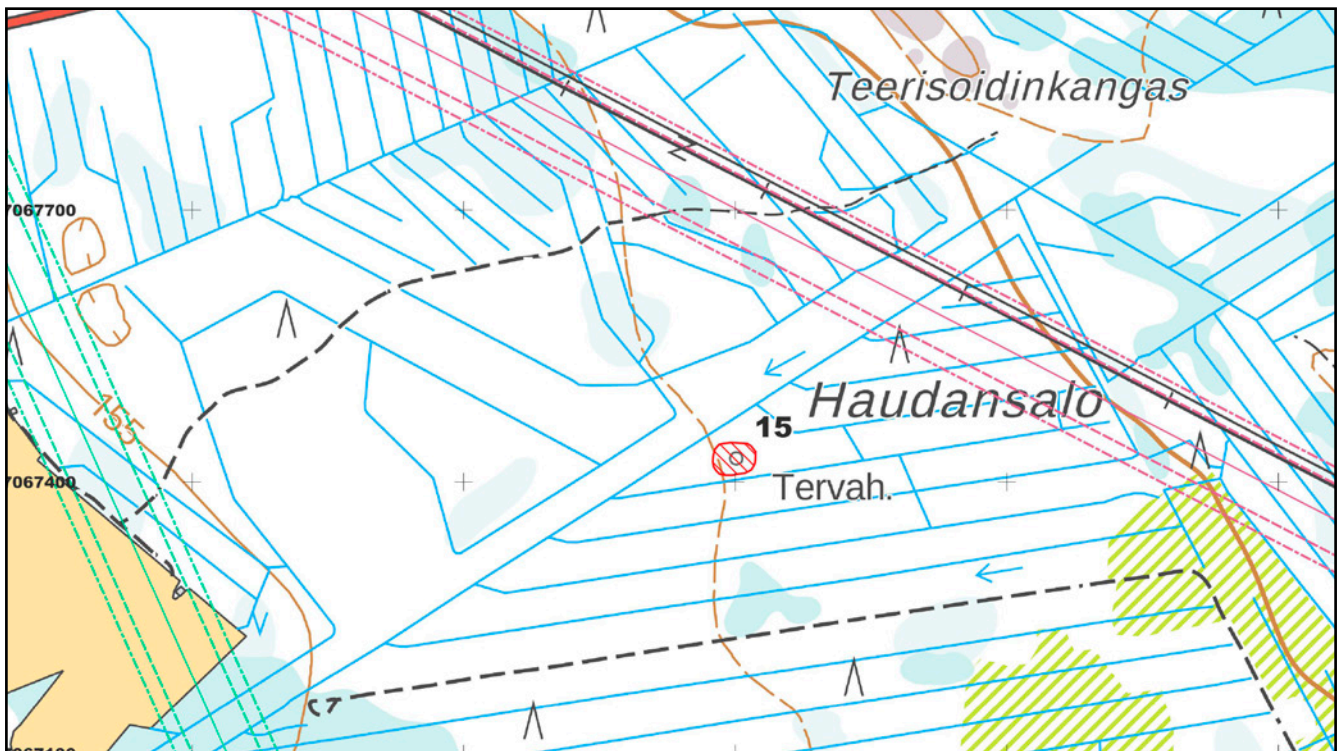
5.15. Haudansalo

Nimi:	Haudansalo
Kunta:	Pyhäjärvi
Muinaisjäännöstunnus:	-
Laji:	kiinteä muinaisjäännös (aiemmin mahdollinen muinaisjäännös)
Tyyppi:	työ- ja valmistuspaikat, tervahaudat
Ajoitus:	historiallinen
Aiemmat tutkimukset:	Hans-Peter Schulz inventointi 2013
Koordinaatit:	N 7067424 E 439201 z 154
Koordinaattiselite:	GPS-mittaus

Muinaisjäännösrekisterin kuvaus:

Lidar-kartoituskohte, ei ole tarkastettu maastossa. Pieni soiden ympäröimä saareke, kuivahko kangas, nuorta kasvatusmetsikköä. Haudan läpimitta valli mukaan lukien n. 18 m, kuopan halkaisija n. 13 m, halssi suuntautuu lounaaseen, pituus n. 5 m. Haudan päällä on isoa puustoa.

Kartta 17. Kohde Haudansalo merkattu punaisella rasterilla. Suunnitellut voimajohtolinjat on merkattu vihreällä ja vaaleanpunaisella viivalla.



Tarkastus 2022:

Kohde on muinaisjäännösrekisterin kuvauksen mukainen. Tervahaudan pohjois-länsivallissa on paljon ilmeisesti ketun tai jonkin muun eläimen koloja. Tervahauta on merkattu nykyiselle peruskartalle.

Muinaisjäännösrekisterin piste on noin 13 metriä länteen tervahaudan oikeasta sijainnista. Yllä mainitut koordinaatit on mitattu tervahaudan keskeltä. Kohde ehdotetaan muutettavaksi mahdollisesta muinaisjäännöksestä kiinteäksi muinaisjäännökseksi.

Vaikutusten arvio:

Ei vaikutusta. Tervahauta sijaitsee noin 200 metriä lähimmästä suunnitellusta voimajohtolinjasta lounaaseen. Toinen vaihtoehtoinen reitti sijaitsee noin 600 metriä luoteeseen tervahaudasta.

Kuva 24. Tervahauta kuvattu itään.



MUUT KOHTEET (* uusi kohde)

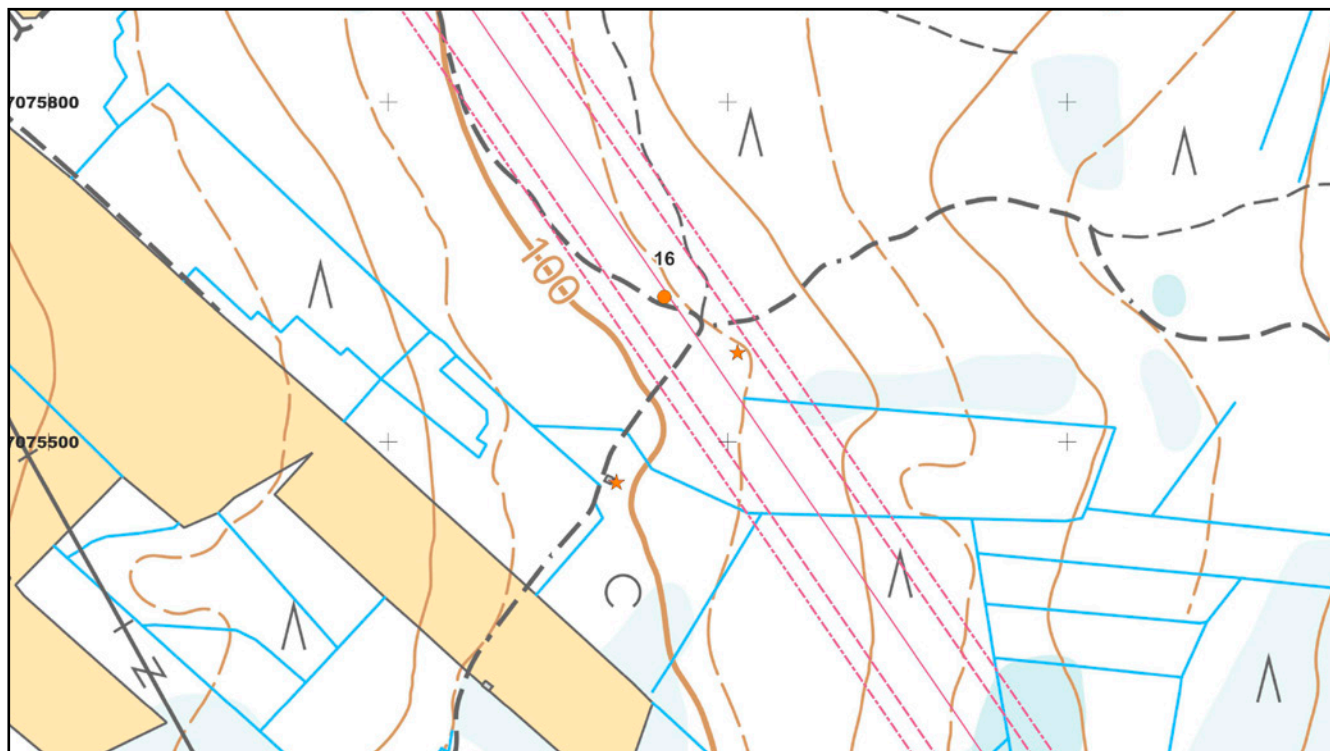
5.16. Pysäysperä*

Nimi:	Pysäysperä
Kunta:	Haapajarvi
Muinaisjäännöstunnus:	-
Laji:	muu kohde
Tyyppi:	asuinpaikat
Ajoitus:	historiallinen, moderni
Aiemmat tutkimukset:	-
Koordinaatit:	N 7068476 E 438088 z 145
Koordinaattiselite:	GPS-mittaus kellarin kohdalta

Kohteen kuvaus:

Tiheässä sekapuumetsässä, heti alueella kulkevan vanhan metsäautotien koillispuolella sijaitsee suorakaiteen muotoinen kellarin jäännös, joka on kooltaan noin 5 x 4 metriä. Kellarin kohta on vahvasti pensoittunut, joka vaikeutti sen havainnointia. Vaikuttaa, että kellari on rakennettu kivistä sekä laastista. Kivet ovat pääsääntöisesti sammaleen ja aluskasvillisuuden peitossa, mutta ne erottuvat osaksi kellarin eteläseinämässä. Kellarin kattorakennetta ei enää ole, vaan se on auki päältä. Aukon leveys on noin 3 x 2,5 metriä.

Kartta 18. Oranssi piste on inventoinnissa havaittu kellari. Kellarin kaakkoispuolelle kaivo on merkitty oranssilla tähdellä ja kellarin eteläpuolelle merkitty kiviröykkiö myös oranssilla tähdellä. Suunniteltu voimajohtolinja on merkattu vaaleanpunaisella viivalla.

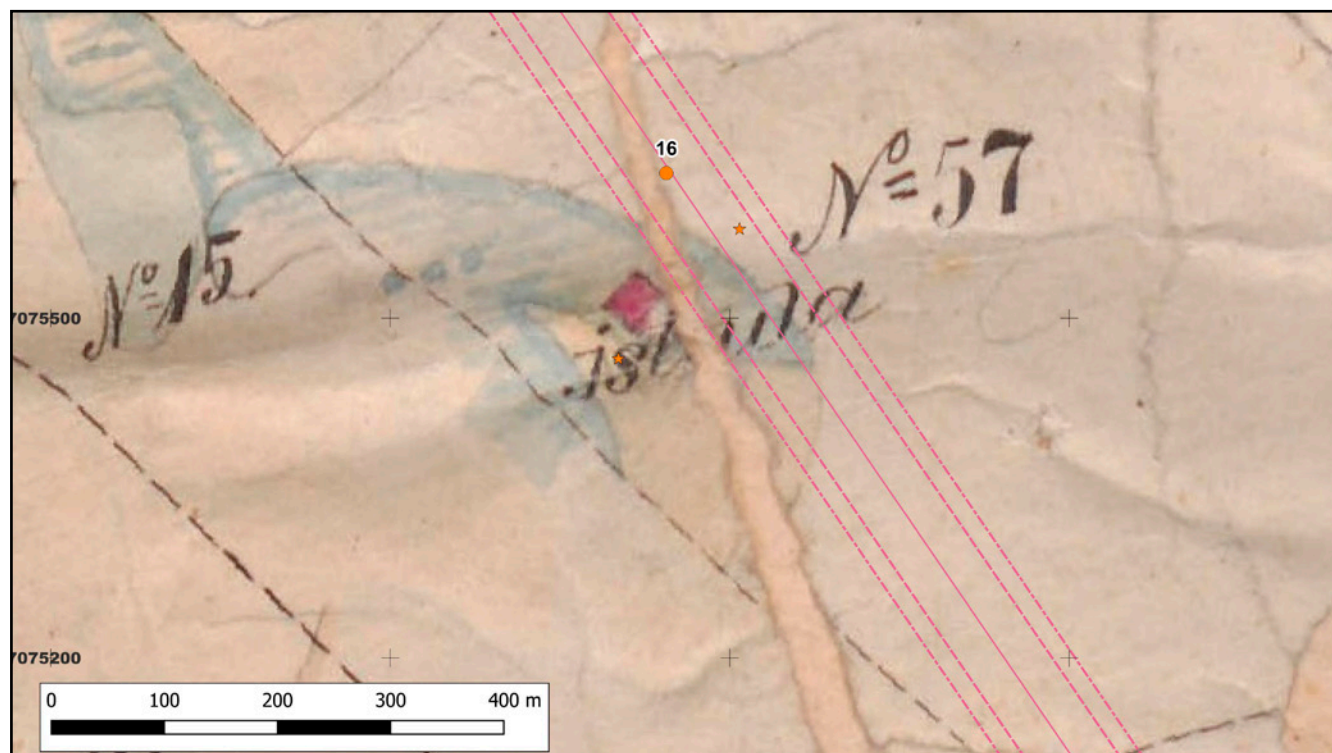


Noin 80 metriä kellarista kaakkoon havaittiin ilmeisesti vanhan puisen kaivon jäännös (N 7075578 E 416709), joka on kooltaan noin 1 x 1 metriä. Kaivo on täyttynyt oksista, risuista sekä vedestä, joten sen todellista syvyyttä on hankala määrittää. Näkyvillä oleviin oksiin ja risuihin on syvyyttä noin 0,5 metriä. Alueella kasvaa kaikenkokoisia kuusia. Kaivon koillisseinämän päällä kasvaa melko kookas kuusi.

Tasamaassa, heinittyneessä sekapuumetsässä, noin 170 metriä kellarista etelään, noin 15 metriä alueella kulkevasta metsäkoneenurasta itään on pienehkö kiviröykkiö (N 7075463 E 416601), jonka laajuus on noin 1 x 1 metriä ja korkeus noin 0,3 metriä. Röykkiö on sammaleen sekä heinien peitossa. Röykkiöstä noin 5 metriä luoteeseen sijaitsee vanha harmaa lato, joka ilmeisesti toimii nykyisin puuliiterinä. Ympäristö vaikuttaa entiseltä pellolta ja on hyvin todennäköistä että kyseessä on peltotöihin liittyvä raivausryötkiö.

Vuoden 1844 pitäjänkartalle alueelle on merkitty Istulan talo. Vuoden 1928 Istulan perintötilan tiluskarttaan havaitun kellarin kohdalle on merkitty tonttialuetta, kiviröykkiön kohdalle on merkitty peltoaluetta. Vuoden 1962 peruskartalle kellarin kohdalle ei ole merkitty rakennusta, mutta sen läheisyyteen on merkitty kolme rakennusta. Havaittu kaivo sijaitsee myös näiden rakennuksien läheisyydessä. Vuoden 1962 peruskartalle kiviröykkiön ympärille on merkitty peltoalueita. Vuoden 1977 peruskartalla tilanne on samanlainen kuin vuoden 1962 peruskartalla, mutta vuoden 1983 peruskartalla alueelle ei ole enää merkitty rakennuksia ja pellot ovat siirtyneet kauemmas lounaaseen.

Kartta 19. Ote vuoden 1844 pitäjänkartalta. Oranssi piste on inventoinnissa havaittu kellari. Kellarin kaakkoispuolelle kaivo on merkitty oranssilla tähdellä ja kellarin eteläpuolelle merkitty kiviröykkiö myös oranssilla tähdellä. Suunniteltu voimajohtolinja on merkattu vaaleanpunaisella viivalla.

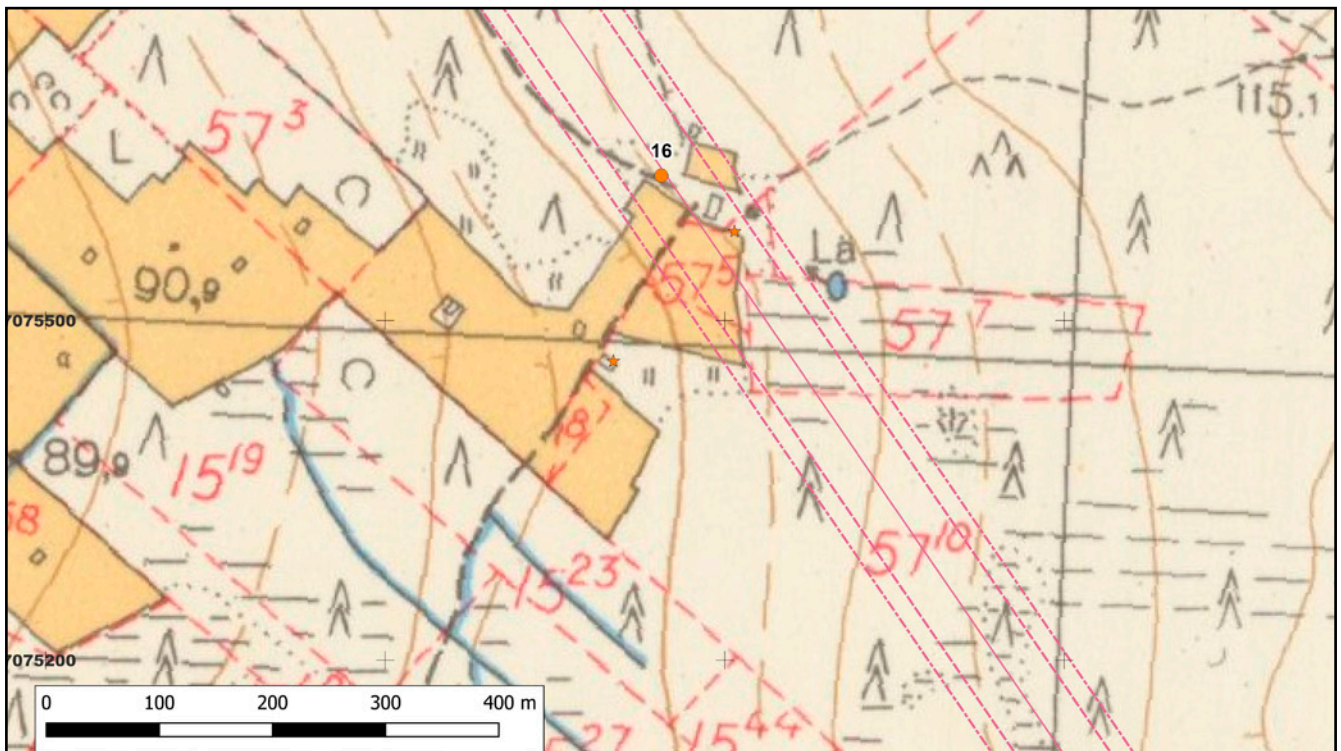


Karttatarkastelun ja maastossa tehtyjen havaintojen perusteella kyseessä ei ole kiinteä muinaisjäännös, vaan kohde katsottiin tässä yhteydessä muuksi kohteeksi. Alueelle on karttatarkastelun perusteella merkitty vuoden 1844 pitäjänkartalle rakennus ja alue on ollut asuttu ainakin vuoteen 1977 asti.

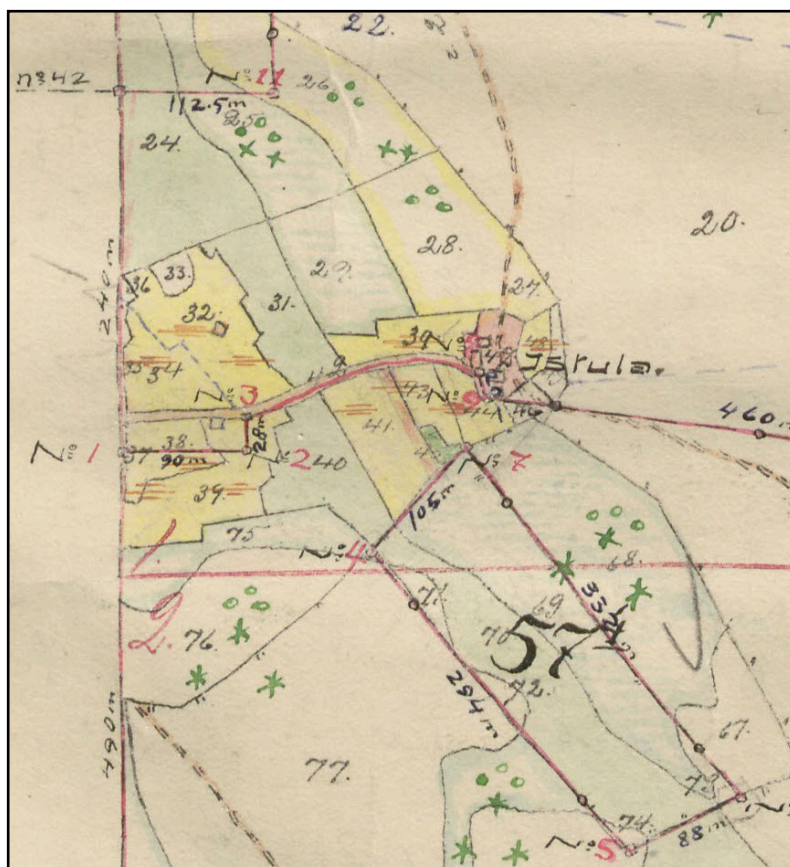
Vaikutusten arvio:

Kellari sekä kaivo sijaitsevat suunnitellun voimajohtolinjan hankealueella. Kiviröykkiö sijaitsee noin 80 metriä suunnitellun voimajohtolinjan hankealueesta lounaaseen. Vaikka kohde on määritelty muuksi kohteeksi, on se hyvä huomioida suunnittelussa sekä mahdollisessa rakentamisvaiheessa.

***Kartta 20.** Ote vuoden 1962 peruskartasta. Oranssi piste on inventoinnissa havaittu kellari. Kellarin kaakkoispuolelle kaivo on merkitty oranssilla tähdellä ja kellarin eteläpuolelle merkitty kiviröykkiö myös oranssilla tähdellä. Suunniteltu voimajohtolinja on merkattu vaaleanpunaisella viivalla.*



Kuva 25.
Ote Vuoden 1928 Istulan
perintötilan tiluskartasta.
Punaisella merkattu tontti,
keltaisella pellot ja vihreällä niityt.



Kuva 26. Inventoinnissa havaittu kellari pusikoituneessa maastossa. Pohjoiseen.





Kuva 27. Inventoinnissa havaittu puinen kaivo. Luoteeseen

Kuva 28. Inventoinnissa havaittu raivausröykkiö lapion oikealla puolella. Itään.



LÄHTEET

KARTTALÄHTEET

Hällström, H.J. 1844:

Karta öfver Haapajärvi socken i Haapajärvi härad af Uleåborgs län. Pitäjänkartta, myöhemmin nimetyt karttalehdet 2344 07 Haapajärvi, 2344 10 + 3322 01 Haapajärvi ja 3322 04 Haapajärvi.

Hårdh, C.H. 1846:

Geografisk karta öfver Pyhäjärvi socken i Haapajärvi härad och Uleåborgs län.

Pitäjänkartta myöhemmin nimetyt karttalehdet 3322 04 Pyhäjärvi.

Sjöstedt, O. 1928:

Kartta Istulan perintötilan R. N=57 kaikista tiluksista Haapajärven kunnan Kuusaan kylässä Oulun lääniä.

Vanhat peruskartta (Maanmittaushallitus)

Karttalehti 2344 07 Haapajärvi, vuosi 1962.

Karttalehti 2344 10 + 3322 01 Kuona, vuosi 1962.

Karttalehti 3321 06 Väätinperä, vuosi 1964.

Karttalehti 3321 09 Pyhäjärvi Ol, vuosi 1964.

Karttalehti 3322 04 Kuonanjärvi, vuosi 1963.

Karttalehti 3322 05 Parkkima, vuosi 1963.

TUTKIMUSRAPORTIT

Latvakoski, Niko 2011:

Haapajärven inventointi 2010–2011.

Mäkivuoti, Markku 1992:

Haapajärven inventointi 1992.

Sarkkinen, Mika 1995:

Pyhäjärvi O. L. inventointi 1995.

Schulz, Hans-Peter 2013:

Keski-Pohja itäosa kulttuuriperintöinventointi 2013. Metsähallitus.

Schulz, Hans-Peter & Itäpalo, Jaana 2014:

Pyhäjärvi. Murtomäen tuulivoimapuiston, voimajohtolinjauksen ja sähköaseman selvitysalueen arkeologinen inventointi. Keski-Pohjanmaan ArkeologiaPalvelu.

Schulz, Hans-Peter 2021:

Itämäen tuulivoimapuiston sekä Itämäki–Haapajärvi-voimajohtolinjauksen arkeologinen inventointi.

Keski-Pohjanmaan ArkeologiaPalvelu.

Schulz, Hans-Peter 2021:

Haapajärvi, Koivuhaan sähköasema–Pyhäjärvi Ruotanen 110 kV voimajohtolinjauksen arkeologinen inventointi Keski-Pohjanmaan ArkeologiaPalvelu.

Partanen, Janne 2021:

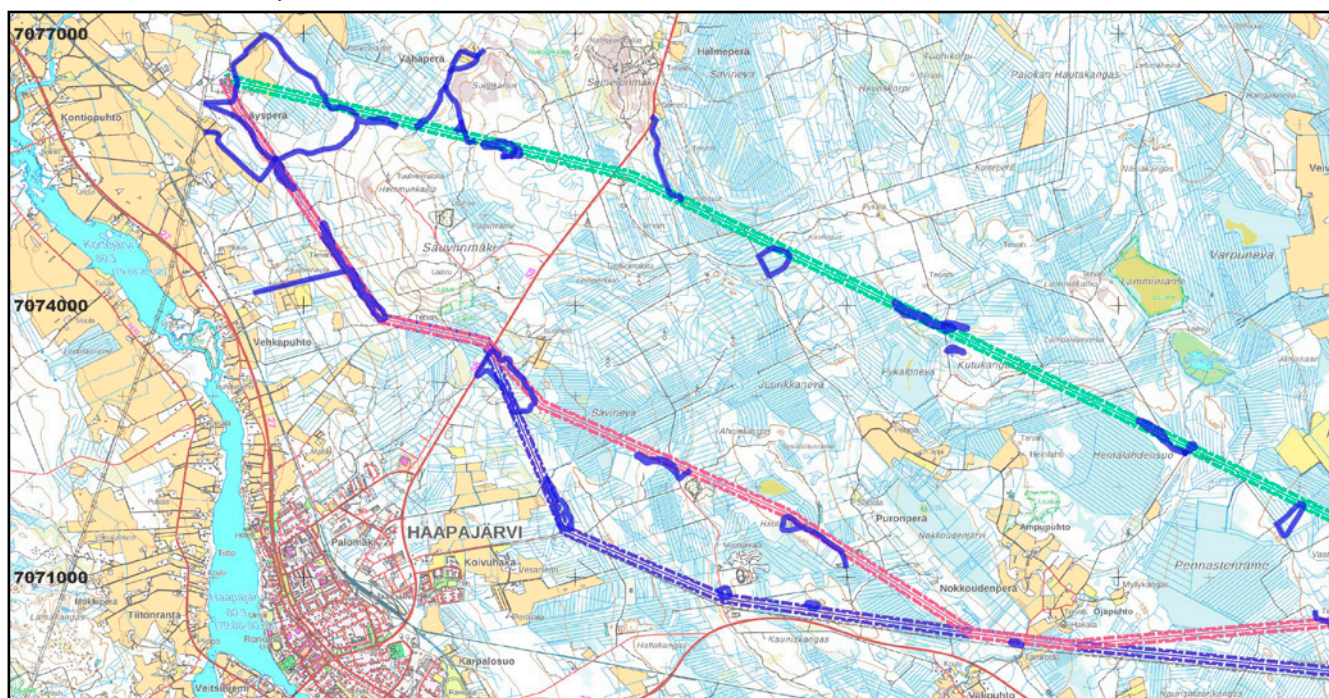
Pyhäjärven Murtomäki 2 tuulivoimapuiston arkeologinen inventointi 2021. Ahlman Group Oy.

LIITTEET

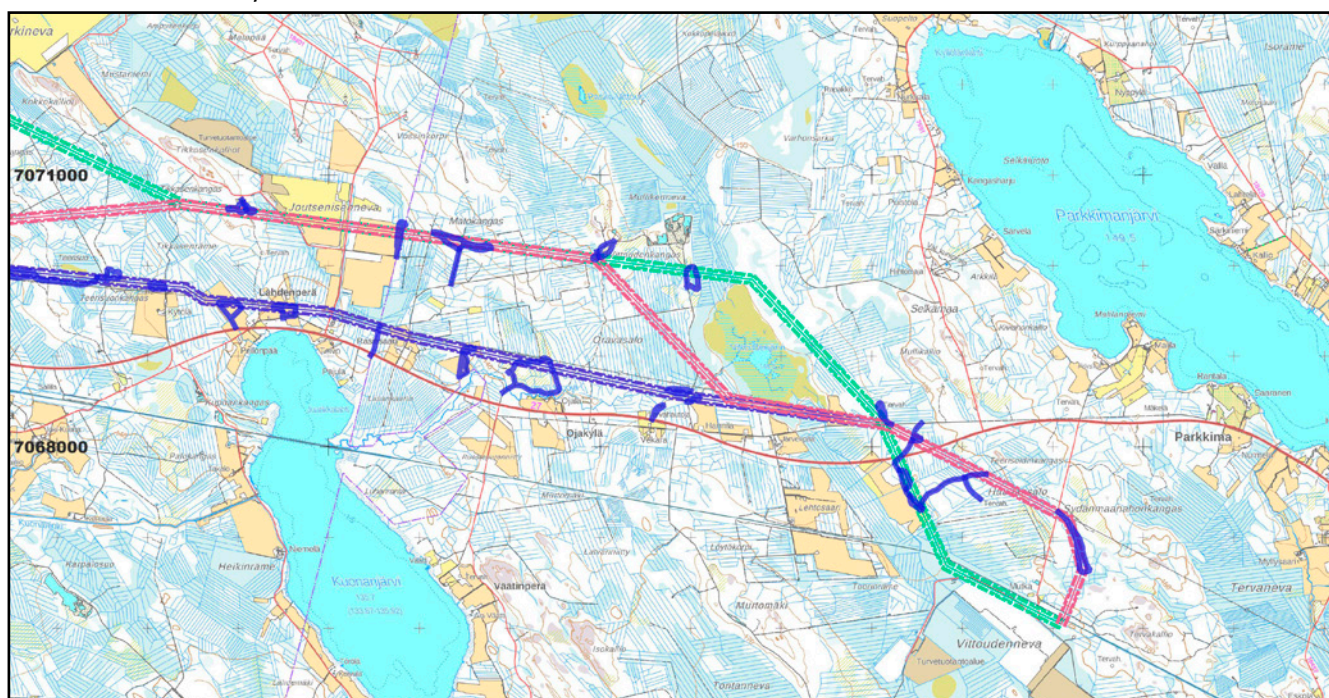
MAASTOSSA KULJETUT ALUEET

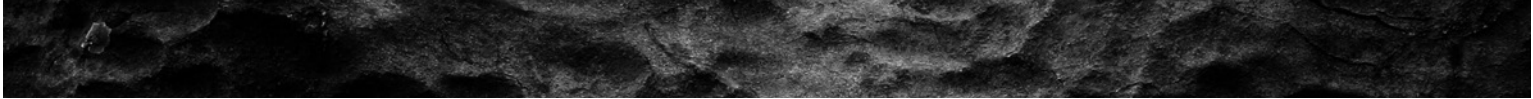
Maastossa jalkaisin tarkastetut alueet merkitty karttoihin sinisellä viivalla. Kartta 21 on läntisempi osa ja kartta 22 itäisempi osa suunnitelluista voimajohtolinjoista.

Kartta 21. Läntisempi osa

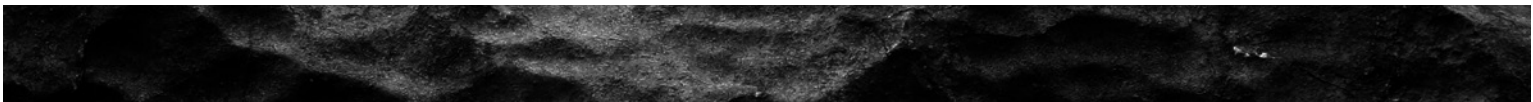


Kartta 22. Itäisempi osa





Santtu Ahlman
Toimitusjohtaja
Ahlman Group Oy



Liite 22

Melu- ja väikeselvitys, AFRY Finland Oy



Hallakallion tuulivoimahankkeen
YVA-selostuksen liite 22

Eolus Energy Oy

Hallakallion tuulivoimapuiston melu- ja väikeselvitys, VE1

101022132-004, 17.6.2024

Tekijä
AFRY Finland Oy
Erkki Heikkola

E-mail
erkki.heikkola@afry.com

Osasto
Wind and Solar Finland

Raporttiversio
001

Asiakas
Eolus Energy Oy
Jarno Hautamäki

Päivämäärä
17/06/2024

Projektinumero
101022132-004

Raportin tila
LOPULLINEN

Hallakallion tuulivoimapuiston melu- ja välkeseelvitys, VE1

Raporttihistoria

Versio	Pvm/Laatiija	Pvm/Tarkastaja	Merkinnät/Muutokset
001	17.06.2024/ Erkki Heikkola, Senior Consultant	17.06.2024/ Mika Laitinen, Senior Consultant	Alkuperäinen

Aineistojen käyttöoikeudet

Selvityksessä on käytetty Maanmittauslaitoksen, Suomen ympäristökeskuksen, Ilmatieteen laitoksen ja Luonnonvarakeskuksen avoimien aineistojen käyttö lupien alaista materiaalia, jotka on lisensoitu Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>.

Sisällysluettelo

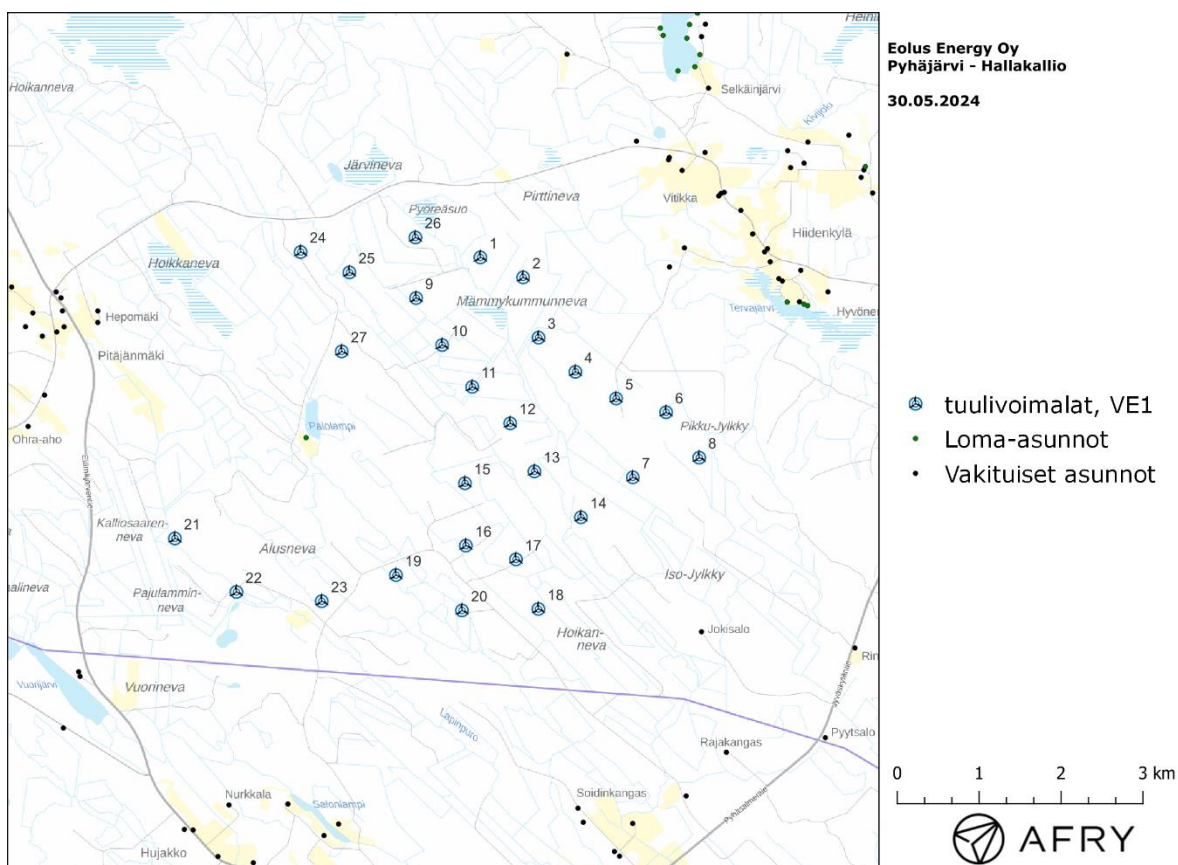
1	Johdanto	4
2	Tuulivoimaloiden melu	6
2.1	Yleistä tuulivoimamelusta	6
2.2	Melumallinnusohjeistus	7
2.3	Ohjearvot	8
2.4	Sisämelutasojen arviointi.....	9
3	Tuulivoimakohteen melumallinnus	10
3.1	Keskiäänitasojen LAeq mallinnus	10
3.2	Matalataajuisen melun mallinnus	13
4	Tuulivoimaloiden välke	16
4.1	Välkevaikutus	16
4.2	Välkkeen rajoittaminen	16
4.3	Arvioinnin epävarmuudet.....	16
4.4	Ohjearvot	17
5	Tuulivoimakohteen välkemallinnus.....	18
5.1	Mallinnusmenetelmä ja lähtöaineisto	18
5.2	Välkevaikutus	20
6	Yhteenveto	22
7	Välkevaikutuksen laskentamenetelmä	23
8	Viitteet	25
9	Melumallinnuksen tiedot	26

1 Johdanto

Selvityksessä arvioidaan Pyhäjärven kaupungin alueelle suunnitellun Hallakallion tuulivoimapuiston aiheuttamaa melu- ja välkevaikutusta laskennallisten mallien avulla. Arviointi tehdään 27 voimalan toteutusvaihtoehdolle VE1, jonka voimalasijainnit on esitetty karttapohjalla kuvassa 1. Voimaloiden sijaintikoordinaatit on annettu taulukossa 1.

Melumallinnuksissa Hallakallion voimaloille on käytetty napakorkeutta 217,5 m, kokonaiskorkeutta 310 m ja tuulivoimalatyyppin V162 7.2 MW (with serrated trailing edges) taajuusjakaumaa äänitehotasolla 107,5 dB(A) (tuulivoimalavalmistajan ilmoittama maksimiäänitehotaso 105,5 dB(A) + varmuusarvo 2 dB(A)). Tuulivoimalatyyppin melupäästön tunnusarvoa ei pystytä tässä yhteydessä määrittämään standardin IEC TS 61400-14 mukaisesti, joten ilmoitettuun melupäästön lukuarvoon lisätään 2 dB tunnusarvon saamiseksi. Näin määriteltynä selvityksessä käytetyt lähtömelutasot ovat ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisia melupäästön tunnusarvoja.

Välkemallinnuksissa Hallakallion voimaloille on käytetty napakorkeutta 217,5 m ja roottorin halkaisijaa 185 m. Näin ollen voimaloiden kokonaiskorkeus on 310 m.



Kuva 1: Tuulivoimaloiden sijainnit Hallakallion suunnitelmalla VE1.

Taulukko 1: Hallakallion suunnitelman VE1 (27 kpl) tuulivoimaloiden sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
T1	432767	7049566	164,8
T2	433289	7049322	160,3
T3	433477	7048587	159,0
T4	433927	7048170	168,0
T5	434424	7047845	177,4
T6	435034	7047677	162,9
T7	434628	7046883	152,6
T8	435438	7047123	162,9
T9	431983	7049070	173,0
T10	432301	7048497	162,9
T11	432668	7047987	155,6
T12	433131	7047542	154,7
T13	433427	7046956	153,4
T14	433994	7046396	150,6
T15	432579	7046811	165,6
T16	432590	7046050	160,8
T17	433202	7045882	153,9
T18	433475	7045278	149,4
T19	431737	7045691	154,6
T20	432543	7045259	145,5
T21	429039	7046138	151,4
T22	429790	7045485	152,9
T23	430831	7045372	159,9
T24	430574	7049631	185,6
T25	431169	7049383	184,3
T26	431974	7049809	173,0
T27	431075	7048419	182,5

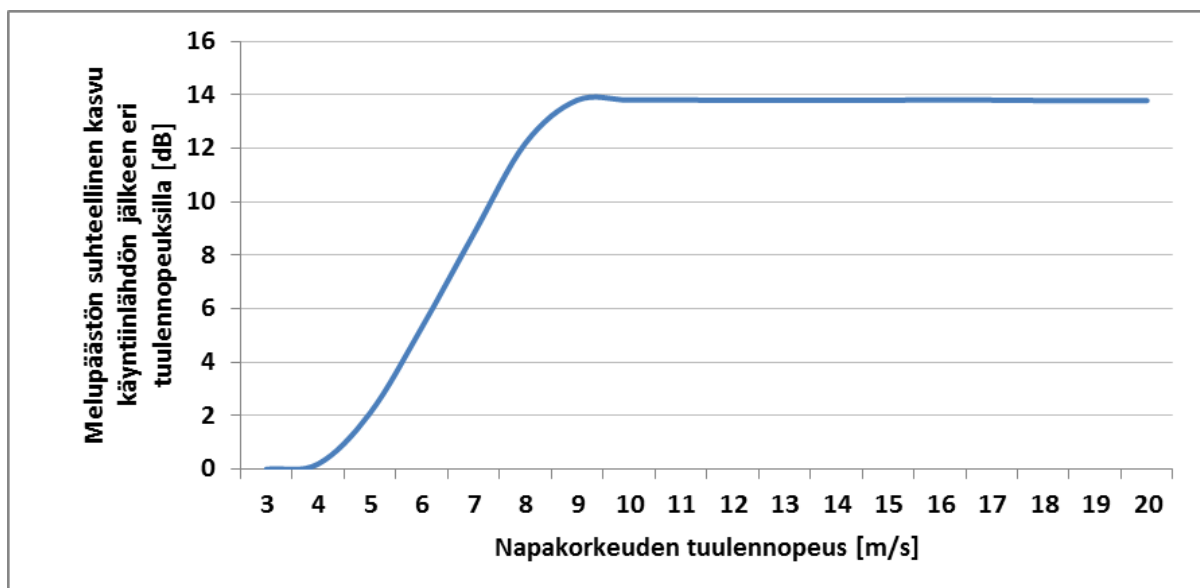
2 Tuulivoimaloiden melu

2.1 Yleistä tuulivoimamelusta

Tuulivoimalaitosten käyntiääni koostuu pääosin laajakaistaisesta lapojen aerodynaamisesta melusta sekä hieman kapeakaistaisemmasta sähköntuotantokoneiston yksittäisten osien aiheuttamasta melusta johon kuuluvat muun muassa vaihteisto, generaattori sekä jäähdytysjärjestelmät. Tuulivoimaloiden aerodynaaminen melu on hallitsevin äänilähde, joka kattaa noin 90 prosenttia kokonaisäänienenergiasta lapojen suuren vaikutuspinta-alan vuoksi [15]. Tuulivoimamelu on A-taajuusjakaumaltaan painottunut tyypillisesti 200–1000 Hz:n väliin.

Modernit kolmilapaiset tuulivoimalaitokset ovat nykyisin ylävirtalaitoksia, joissa siivistö sijaitsee tuulen etupuolessa suhteessa voimalan torniin. Katsottaessa aerodynaamisen melun suuntaavuutta ylhäältä käsin on siivistön äänitaso sivutuulen puolelta noin 4–6 dB alhaisempi kuin tuulen ylä- ja alapuolilla samalla etäisyydellä [19].

Vaihtuvanopeuksisen tuulivoimalan äänipäästö on suoraan verrannollinen tuulennopeuteen siten, että alhaisilla tuulilla eli hitaalla roottorin pyörimisnopeudella ja lähellä käyntiinlähtönopeutta lähtöäänitaso on usein noin 10–15 dB alhaisempi kuin voimalan nimellisteholla, jossa roottori saavuttaa suurimman kierrosnopeuden (Kuva 2).



Kuva 2: Esimerkkikuva äänipäästön kasvusta napakorkeuden tuulennopeuden mukaan. Äänitason nousu tasoittuu n. 10 m/s voimalan napakorkeudella mitatun tuulennopeuden jälkeen.

Äänipäästön L_{WA} huipputaso saavutetaan tyypillisesti voimalan nimellistehotasolla, joka tarkoittaa yli 10 m/s tuulennopeutta napakorkeudella voimalamallista ja etenkin tornikorkeudesta riippuen. Tuulennopeuden edelleen kasvaessa tuulivoimalan siipikulmasäätö tasoittaa äänitehotason nousun roottorin pyörimisnopeuden pysyessä ennallaan.

Taustamelu, kuten liikennemelu ja teollisuusmelu sekä tuulen tuottama aallokko- ja puustokohina, peittävät tuulivoimaloiden melua, mutta peittoäänet ovat ajallisesti ja tasoltaan vaihtelevia. Tuulikohina esimerkiksi puustossa on taajuuskaistaltaan laajakaistaista ja tuulensuunnasta,

puulajeista, vuodenajasta ja tuulennopeudesta riippuva. Puustokohinan äänitaso mittauskorkeudella 1,5 m voi nousta kuitenkin tuulennopeuden mukaan kokemusperäisesti jopa yli 60 dB:n tasolle [18].

Ilmakehän pystysuuntaisen stabiilisuuden ja ilmavirran turbulenssin vaihtelut vuorokauden eri aikoina voivat vaikuttaa tuulisuuden tasoon eri korkeuksilla [16]. Ilmakehän neutraalin stabiilisuuden vallitessa 8 m/s tuulennopeus 10 metrin korkeudella vastaa korkeudella 100 m nopeutta 12 m/s, korkeudella 160 m nopeutta 14 m/s ja korkeudella 200 m nopeutta 15 m/s.

Moderneissa tuulivoimalaitoksissa melun lähtöäänitاسoa voidaan kontrolloida erillisellä optimointisäädöllä, jonka avulla kellonajan, tuulensuunnan ja tuulennopeuden mukaan säädetään lapakulmaa haluttuun pyörimisnopeuteen ja melutasoon. Tällä säädöllä on kuitenkin vaikutuksia voimalan sen hetkiseen tuotantotehoon. Modernit voimalamallit sisältävät usein myös siiven jättöreunan sahalaudoituksen, joka vähentää melupäästöä nimellisteholla tällä hetkellä noin 2–3 dB ja tulevaisuudessa vieläkin enemmän serraatioiden tuotekehityksen johdosta [14].

Tarkempia taustatietoja tuulivoimaloiden aiheuttaman melun syntymekanismeista, luonteesta ja vaikutuksista on koottuna julkaisuihin [1], [2] ja [5].

2.2 Melumallinnusohjeistus

Ympäristöministeriö on julkaissut 28.2.2014 ohjeen tuulivoimaloiden melun mallintamiseen [7]. Ohjeessa on annettu tietoja mallinnusmenettelyistä arvioitaessa tuulivoimaloiden aiheuttamaa melukuormitusta ympäristönsuojelulain täytäntöönpanossa ja soveltamisessa sekä maankäyttö- ja rakennuslain mukaisissa menettelyissä. Ohjeissa määritellään yksityiskohtaisesti käytettävät mallit, niiden parametrit ja lähtötiedot sekä tulosten esittämistavat. Yksityiskohtainen ohjeistus on koettu tarpeelliseksi, jotta mallinnustulokset olisivat aina tekijöistä riippumatta vertailukelpoisia keskenään. Tämän raportin melumallinnus on toteutettu ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisesti.

Melumallinnuksen lähtötietona tulisi käyttää teknisen spesifikaation IEC TS 61400-14 mukaista tuulivoimalan melupäästön tunnusarvoa (declared value) L_{WAd} . Se määritellään standardin IEC 61400-11 mukaisissa mittauksissa äänitehotasoksi, jonka varmuus melupäästön mahdollisessa verifiointissa on 95 %. Tunnusarvo koostuu mitatusta keskimääräisestä äänitehotasosta L_{WA} sekä varmuusarvosta K, joka vastaa tuulivoimalatyypin melutason vaihteluväliä 95 %:n varmuudella.

Äänitehotasot on ilmoitettava 1/3-oktaaveittain keskitaajuuksilla 20–10000 Hz ja oktaaveittain keskitaajuuksilla 31,5–8000 Hz, ja ne tulee olla saatavilla 10 m:n referenssikorkeutta vastaavilla tuulen nopeuksilla 8 m/s ja 10 m/s. Melumallinnuksen epävarmuus on tarkastelussa ja ohjeistuksessa sisällytetty laskennassa käytettyyn tuulivoimaloiden melupäästön arvoon, jolloin mallinnustuloksia voidaan suoraan verrata suunnitteluohjeistuksiin ilman erillistä epävarmuus-tarkastelua, ja äänen etenemisen ja ympäristöolosuhteiden mallinnukseen voidaan käyttää vakioituja sää- ja ympäristöolosuhtearvoja.

Melun häiritsevyyteen vaikuttaa äänitasojen lisäksi melupäästöön mahdollisesti liittyvät erityisen häiritsevät melukomponentit: melun kapeakaistaisuus, melun impulssimaisuus ja merkityksellinen sykintä (nk. amplitudimodulaatio). Melun impulssimaisuuden ja merkityksellisen sykinän vaikutukset oletetaan sisältyvän valmistajan ilmoittamiin melupäästön tunnusarvoihin, eikä mallinnusohjeistuksessa edellytetä niiden erillistä tarkastelua.

Äänen etenemislaskennassa käytetään ohjeen mukaisia standardiin ISO 9613-2 perustuvia sää- ja ympäristöolosuhtearvoja. Maaston pinnan laatu ja muoto otetaan mallinnuksessa erillisinä huomioon. Lisäksi matalataajuisen äänen eteneminen tulee mallintaa erikseen ohjeistuksessa

määritellyn erillislaskennan avulla, joka perustuu Tanskassa annettuun ohjeistukseen, jonka parametreja on mukautettu Suomen olosuhteisiin [3]. Laskennassa otetaan huomioon geometrinen etäisyysvaimennus sekä ohjeistuksen mukaiset ilmankäytön absorption ja maastovaikutuksen parametrit. Matalataajuisen äänen tarkastelu tehdään erikseen 1/3-oktaaveittain taajuusalueella 20–200 Hz melulle merkittävimmin altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella. Laskennan tarkoituksena on tuottaa tieto ulkomelutasoista terssikaistoittain, ja niiden perusteella voidaan arvioida rakennuksen sisämelutaso oletetulla ääneneristävyydellä.

2.3 Ohjearvot

Valtioneuvoston 1.9.2015 voimaan astunut asetus 1107/2015 määrittää tuulivoimaloiden aiheuttaman ulkomelutason ohjearvot [10]. Päätöstä sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyisyyden turvaamiseksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyissä. Ohjearvot määritetään melun A-painotettuina päivä- (klo 07–22) ja yöajan (klo 22–07) ekvivalenttimelutasoina ulkoalueille asumiseen käytettävillä alueilla. Valtioneuvoston asetus korvaa aiemmat ympäristöministeriön suosittelemat suunnitteluarvot tuulivoimaloiden ulkomelutasoille [8].

Valtioneuvoston aiemmassa melutasoihin liittyvässä päätöksessä 993/1992 on annettu luonnonsuojelualueille päiväajan ohjearvo 45 dB(A) ja yöajan ohjearvo 40 dB(A) [9]. Tuulivoimameluasetuksen 1107/1/2015 perustelumauktion mukaan asetusta ei sovelleta kaikilla luonnonsuojelualueilla, vaan ainoastaan yleiselle virkistyskäytölle tärkeillä luonnonsuojelualueilla, joille on rakennettu käyttöä palvelevia polkuja ja muita rakenteita. Aiemman melupäätöksen 993/1992 luonnonsuojelualueiden ohjearvoja ei siis tuulivoimamelun osalta sovellettaisi.

Kun laskennallisia melutasoja verrataan valtioneuvoston asetuksen ohjearvoihin, laskettuun melutasoon ei tehdä korjausta melun impulssimaisuuden tai kapeakaistaisuuden vuoksi. Ympäristöministeriön melumallinnusohjeistuksen [7] mukaan näiden vaikutusten oletetaan lähtökohtaisesti sisältyvän valmistajan ilmoittamiin melupäästön tunnusarvoihin, joita käytetään laskennan lähtötietoina. Sen sijaan valvonnan yhteydessä tehtäviin mittaustuloksiin lisätään 5 dB ennen valtioneuvoston ohjearvoon vertaamista, mikäli tuulivoimalan ääni sisältää kapeakaistaisia tai impulssimaisia komponentteja.

Valtioneuvoston ohjearvot on koottu taulukkoon (Taulukko 2).

Taulukko 2: Mallinnustulosten arvioinnissa sovellettavat valtioneuvoston asetuksen mukaiset ohjearvot.

Tuulivoimamelun ohjearvot	LA _{eq} päiväajalle (klo 7–22)	LA _{eq} yöajalle (klo 22–7)
Pysyvä asutus, Loma-asutus, Hoitolaitokset, Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Oppilaitokset, Virkistysalueet	45 dB	-
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Sosiaali- ja terveysministeriö on määrittänyt 15.5.2015 voimaan astuneessa asumisterveysasetuksessa toimenpiderajat matalataajuiselle yöaikaiselle melulle sisätiloissa [6]. Melun toimenpiderajat on annettu terssikaistoittain painottamattomille tunnin keskiäänitasoille, ja ne on lueteltu taulukossa (Taulukko 3). Ohjeistuksen mukaiset mallinnustulokset vastaavat matalataajuisen melun tasoa ulkotiloissa, joten ne eivät ole suoraan verrannollisia Asumisterveysasetuksen

arvoihin. Ulkomelutasojen avulla voidaan kuitenkin arvioida sisämelutasoja, kun rakennuksen vaipan ääneneristävyys tunnetaan riittävällä tarkkuudella.

Taulukko 3: Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat sisämelulle terassikaistoittain. Desibeliarvot ovat taajuus-painottamattomia.

Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Äänitaso $L_{eq,1h}$ [dB]	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

2.4 Sisämelutasojen arviointi

Asumisterveysasetuksessa 545/2015 annetaan matalien taajuuksien 20–200 Hz tunnin keskiäänitasojen (Taulukko 3) lisäksi toimenpiderajat päivä- ja yöajan kokonaismelutasoille sisätiloissa. Päiväaikainen (klo 07-22) keskiäänitaso ei saa ylittää 35 dB(A) ja yöaikainen (klo 22-07) keskiäänitaso 30 dB(A). Lisäksi yöaikainen musiikkimelu tai muu vastaava mahdollisesti unhäiriötä aiheuttava melu, joka erottuu selvästi taustamelusta, ei saa ylittää 25 dB yhden tunnin keskiäänitasona $L_{eq,1h}$ mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

Ympäristöministeriön melumallinnusohjeet eivät sisällä erillisiä ohjeita sisämelun kokonaisäänitason mallintamiseksi. Yöajan sisämelun toimenpiderajojen oletetaan kuitenkin alittuvan, mikäli melumallinnuksen antamat ulkomelutasot sekä matalataajuisen sisämelun tasot alittavat valtioneuvoston asetuksen ja asumisterveysasetuksen ohjearvot. Ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 mukaan uudisrakennusten ulkovaipan ääneneristykseen on oltava vähintään 30 dB. Jos tuulivoimaloiden aiheuttama ulkomelutaso alittaa 40 dB(A), niin sisämelutaso pysyy uudisrakennuksilla selkeästi toimenpiderajan alapuolella. Vanhemmat rakennukset eivät kuitenkaan välttämättä toteuta uuden asetuksen vaatimustasoa.

Suomalaisten asuinrakennusten ääneneristävyttä on tutkittu artikkelissa [4], jossa on esitetty taajuuskohtaiset äänitasoerot matalille taajuuskaistoille 20-200 Hz. Artikkelin arvot (Taulukko 6) on määritetty tilastollisesti niin, että ne ylittyvät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja niitä on käytetty tässä selvityksessä matalataajuisen sisämelutasojen arviointiin. Rakennusten ilmääänieristykseen keskimääräinen profiili kasvaa korkeammille taajuuksille mentäessä, jonka perusteella mallinnusohjeistuksen mukainen sisämelujen arviointi tehdään vain matalille taajuuksille. Jos matalataajuisen sisämelun tasojen todetaan pysyvän annetuissa toimenpiderajoissa, myös kokonaismelun tasot pysyvät todennäköisesti raja-arvojen alapuolella.

3 Tuulivoimakohteen melumallinnus

3.1 Keskiäänitasojen LAeq mallinnus

Tuulivoimaloiden aiheuttaman keskiäänitason mallinnus on suoritettu laskentastandardin ISO 9613-2 mukaisesti AFRY Numerola -mallinnusohjelmistolla. Mallinnuksessa on käytetty voimalatyyppin V162 7,2 MW (with serrated trailing edges) taajuusjakauma. Taajuusjakauma on saatu seuraavasta voimalavalmistajan dokumentista:

- Third octave noise emission EnVentusTM 162-7.2MW 50/60 Hz. Document no. 0116-1715_00. 2022-01-07.

Dokumenttia varten tuulivoimalatyyppin V162 testimittauksia ei ollut saatavilla. Esitetyt melutasot perustuvat tuulivoimalatyyppillä V136 tehtyihin mittauksiin, joiden perusteella V162:n melutasoja on arvioitu dokumentissa esitetyllä tavalla. Dokumentissa esitetyn taajuusjakauman melutaso perustuu standardin IEC 61400-11 mukaisiin mittauksiin. Ilmoitettuun melutasoon on lisätty ympäristöministeriön 14.9.2016 antaman lisäohjeistuksen mukainen 2 dB:n varmuusarvo [11]:

”Takuuarvoa ei ole aina esitetty dokumentissa IEC 61400-14 standardin määrittämällä tavalla ja takuuarvo joudutaan tällöin arvioimaan hankekehittäjän tai meluselvitystä tekevän konsultin toimesta. Tässä tapauksessa laskeminen tulee suorittaa IEC 61400-14 mukaisesti. Mikäli takuuarvoa ei ole mahdollista määrittää standardin IEC 61400-14 mukaisesti, tulee tuulivoimalan melupäästön lukuarvoon lisätä varmuusarvona 2 dB takuuarvon saamiseksi.”

Tuulivoimalatyyppin V162 7,2 MW PO7200 ilmoitettu maksimiäänitehotaso on 105,5 dB(A), ja mallinnoissa on käytetty äänitehotasoa 107,5 dB(A). Mallinnoissa käytetyt taajuusjakaumat vastaavat tuulen nopeutta 15 m/s napakorkeudella, jonka arvioidaan vastaavan melumallinnusohjeistuksen mukaista referenssinopeutta 8 m/s 10 m korkeudella. Tuulivoimaloiden melun impulssimaisuuteen tai amplitudimodulaatioon liittyvää sanktiota ei ole käytetty mallinnoissa.

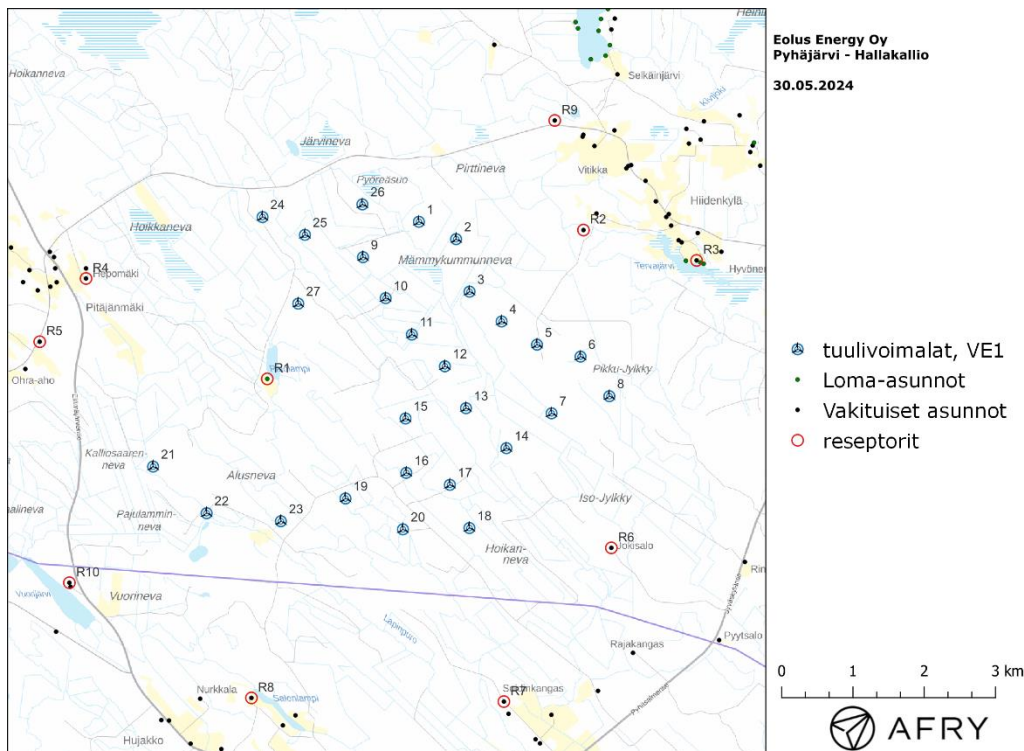
Tuulivoimatyyppien melupäästön kapeakaistaisuuden arvioinnissa on käytetty ympäristöministeriön raportissa Ympäristömelun mittaaminen [12] esitettyä yksinkertaista menetelmää, joka perustuu äänitehotasojen vertailuun terssikaistoittain (1/3-oktaaveittain). Melun tulkitaan olevan kapeakaistaista, mikäli ainakin yhden terssikaistan äänitehotaso on vähintään 5 dB suurempi kuin välittömästi kyseisen kaistan ala- ja yläpuolella olevien terssikaistojen tasot. Luvussa 9 esitettyjen melun taajuusjakaumien mukaan tämä ehto ei toteudu, joten melun kapeakaistaisuuteen liittyvää sanktiota ei ole käytetty.

Maaston korkeusaineistona on käytetty Maanmittauslaitoksen aineistoa *Korkeusmalli 2 m*, jonka pystysuuntainen tarkkuus on 0,3 m ja vaakasuuntainen resoluutio 2 m. Melutasot tuulivoimaloiden ympäristössä laskettiin hilapisteistöön, jonka korkeus on (ohjeistuksen mukaisesti) 4 m maanpinnasta ja vaakaresoluutio 10 m. Ilmakehän absorption aiheuttama vaimennus, äänen suuntaavuus ja sääolosuhteiden vaikutus äänen etenemiseen on määritetty ympäristöministeriön ohjeistusten mukaisesti. Tuulivoimalan sijoituspaikan ympäristössä maaston vaikutuskerroin on ollut maa-alueilla 0,4 ja vesialueilla 0,0. Mallinnusohjeistuksen mukaisesti tuulivoimalan melupäästöön lisätään 2 dB, mikäli voimalan ja melulle altistuvan kohteen välinen korkeusero ylittää 60 m. Akustisen laskennan lähtötiedoista ja parametreista on tehty yhteenveto lukuun 9.

Taulukossa (Taulukko 4) on määritelty tuulivoimaloiden ympäristöstä 10 rakennusta, joiden kohdilla keskiäänitason LAeq ja matalataajuisen melun tasoja tarkastellaan tarkemmin. Rakennusten sijaintipisteitä kutsutaan reseptoripisteiksi, ja niiden paikat suhteessa tuulivoimaloihin on esitetty kartta-pohjalla (Kuva 3). Kiinteistöt sijaitsevat noin 2 km etäisyydellä lähimmästä voimaloista lukuunottamatta pistettä R1, jossa olevan lomarakennus on noin 1,1 km etäisyydellä voimalasta T27.

Taulukko 4: Reseptorien koordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa.

Reseptori	E	N	Maaston korkeus [m]	Rakennusluokitus
R1	430641	7047365	165,5	lomarakennus
R2	435076	7049448	153,4	vakituinen asuinrakennus
R3	436663	7049023	151,1	vakituinen asuinrakennus
R4	428099	7048770	194,2	vakituinen asuinrakennus
R5	427450	7047884	190,6	vakituinen asuinrakennus
R6	435467	7044998	148,1	vakituinen asuinrakennus
R7	433960	7042846	135,7	vakituinen asuinrakennus
R8	430419	7042897	156,2	vakituinen asuinrakennus
R9	434673	7050982	160,3	vakituinen asuinrakennus
R10	427866	7044510	146,5	vakituinen asuinrakennus



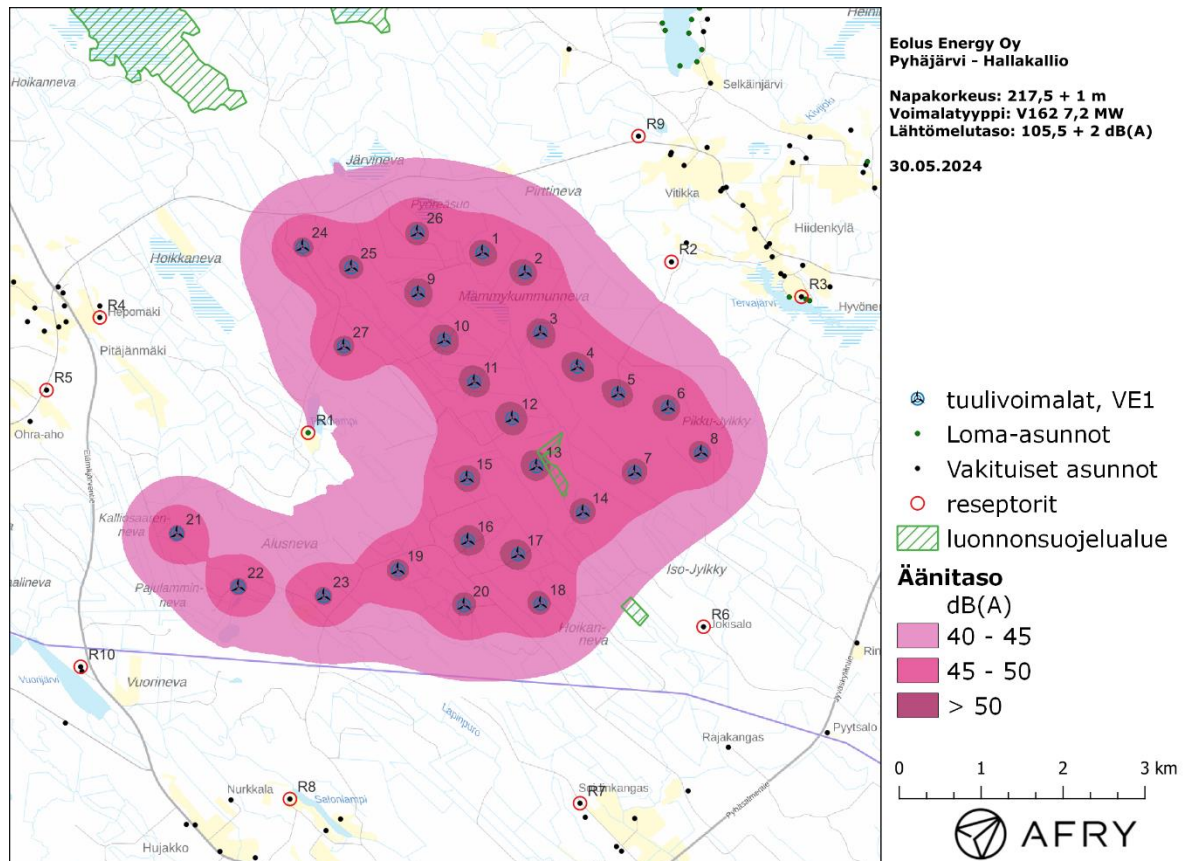
Kuva 3: Reseptorien paikat tuulivoimapaiston hankealueella.

Meluvaikutus

Tuulivoimaloiden aiheuttama mallinnettu keskiäänitaso LAeq on esitetty karttakuvana (Kuva 4). Alueen rakennustieto perustuu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineistoon, jossa on eritelty alueen asuinrakennukset ja loma-asunnot. Karttakuvaan on merkitty keskiäänitasojen 40 dB(A), 45 dB(A) ja 50 dB(A) mukaiset vyöhykkeet, joita käytetään apuna tulosten arvioinnissa.

Keskiäänitasot reseptoreiden kohdilla on lueteltu taulukossa (Taulukko 5). Mallinnustulosten perusteella keskiäänitasot jäävät valtioneuvoston asetuksen 40 dB(A):n ohjearvojen alapuolelle kaikkien alueen asuin- ja lomarakennusten kohdilla. Korkein melutaso saavutetaan reseptoripisteessä R1, joka on Palolammen rannalla sijaitseva loma-asunto.

Karttakuvissa on lisäksi esitetty hankkeen ympäristössä sijaitsevat luonnonsuojelualueet. Alueen keskellä voimalan T13 vieressä on yksityisessä omistuksessa oleva Metsä-Mutkalan luonnonsuojelualue, jossa 45 dB:n melutaso ylittyy. Tämä ei kuitenkaan ole yleisessä virkistyskäytössä oleva alue, eikä tuulivoimalle asetetut ohjearvot tällä perusteella ylitä.



Kuva 4: Keskiäänitasot LAeq Hallakallion tuulivoimapaiston suunnitelmalla VE1.

Taulukko 5: Keskiäänitasot LAeq reseptoripisteiden kohdilla.

Reseptori	Äänitaso dB(A)
R1	39,5
R2	37,7
R3	33,8
R4	31,2
R5	30,1
R6	35,6
R7	31,4
R8	31,2
R9	33,7
R10	31,6

3.2 Matalataajuisen melun mallinnus

Matalataajuisen melun laskenta on suoritettu ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisesti [7]. Laskennan lähtötietona on käytetty samoja valmistajan ilmoittamia melun taajuusjakaumia kuin keskiäänitasojen mallinnuksessa, mutta rajoittuen 1/3-oktaaveittain taajuuksille 20–200 Hz. Matalataajuisen melun laskenta suoritetaan taajuuspainottamattomilla melutasoilla.

Meluvaikutus

Matalataajuisen melun arvioinnissa käytetään Suomen asumisterveysasetuksessa määriteltyjä taajuuskohtaisia arvoja, jotka antavat toimenpiderajat matalataajuisen melun yöaikaisille sisämelutasoille (Taulukko 3). Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen mallinnus antaa matalataajuisen ulkomelun tasot voimaloita lähimpien kiinteistöjen kohdilla. Tulokset eivät siis ole suoraan vertailukelpoisia asumisterveysasetuksen arvoihin, vaan tulkinnassa pitää huomioida myös rakennusten ulkovaipan ääneneristävyys.

Ympäristöministeriön ohjeiden mukainen matalataajuisen melun laskenta perustuu Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa esitettyyn menetelmään [3], jonka parametreihin on tehty joitakin Suomen olosuhteisiin perustuvia tarkennuksia. Tanskan menetelmässä on määritelty rakennuksesta aiheutuva äänitasoero (ΔL_o) taajuuskaistoittain, jolloin saadaan laskettua myös sisämelutasot ja toimenpiderajoihin verrannolliset mallinnustulokset.

Tässä raportissa käytetyt rakennusten parametrit perustuvat tutkimukseen suomalaisten pientalojen äänieristävyyden arvoista [4]. Turun ammattikorkeakoulussa tehdyssä tutkimuksessa esitetyt arvot perustuvat suomalaisissa pientaloissa tehtyihin mittauksiin, joiden avulla on johdettu tilastollinen estimaatti talojen ääneneristävyyksille eri taajuuksilla. Artikkelin [4] äänitasoerot ylittyvät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja ne ovat selkeästi alhaisempia kuin Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa annetut arvot. Ne antavat siten konservatiivisen arvion rakennusten aiheuttamalle ääneneristävyydelle, ja tässä raportissa vertailurakennusten matalataajuisia sisämelutaseja arvioidaan käyttäen näitä alempia äänitasoeroja. Taulukossa (Taulukko 6) on esitetty sekä Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa että artikkelissa [4] annetut äänitasoerot.

Taulukko 6: Rakennuksen äänitasoerot taajuuskaistoittain.

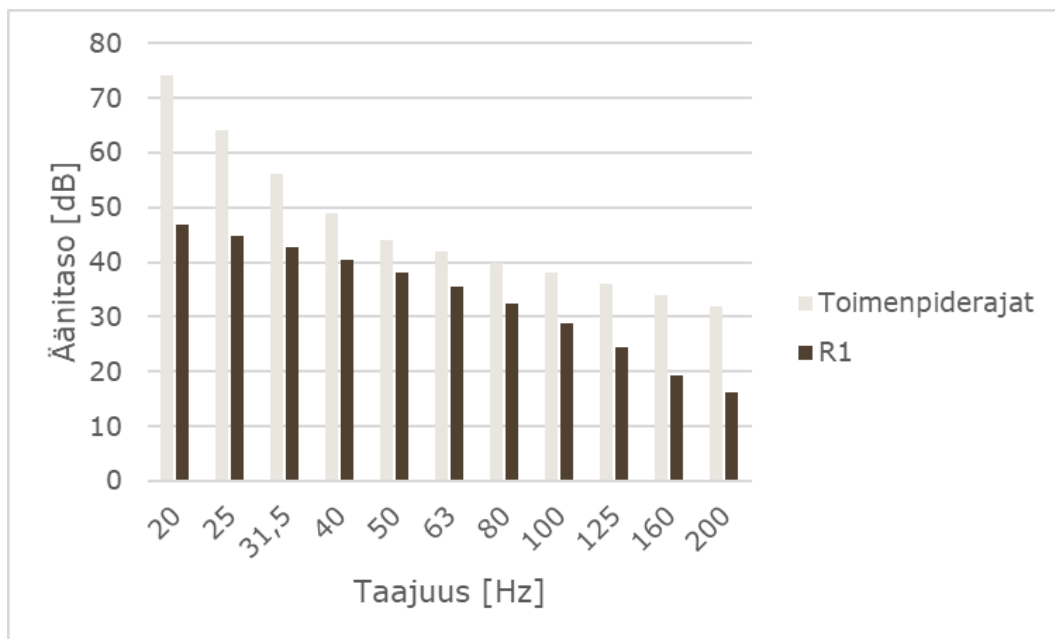
Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Äänitasoero [dB] (Tanskan ohjeistus)	6,6	8,4	10,8	11,4	13,0	16,6	19,7	21,2	20,2	21,2	-
Äänitasoero [dB] (viite [4])	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Melutasoja tarkastellaan aiemmin määriteltyjen reseptoreiden paikoilla. Lisäksi lasketaan sisämelutasot eniten melulle altistuvassa kohteessa käyttäen alempia äänitasoeroja (Taulukko 6) ja verrataan näitä tuloksia asumisterveysasetuksen arvoihin. Tuulivoimaloiden aiheuttama matalataajuinen ulkomelutaso reseptoreiden kohdilla taajuuskaistoittain ja ilman taajuuspainotusta on lueteltu taulukossa (Taulukko 7). Taulukkoon on eritelty ohjeistuksen mukaisesti lasketut ulkotilojen melutasot.

Korkeimmat matalataajuisen melun tasot kohdistuvat reseptoriin R1. Tämän pisteen kohdalla laskettuja sisämelutasoja on verrattu Asumisterveysasetuksen arvoihin kuvassa (Kuva 5). Kun otetaan huomioon rakennuksien ääneneristävyys, melutasot jäävät toimenpiderajojen alapuolelle koko taajuusvälillä.

Taulukko 7: Matalataajuisen ulkomelun äänitasot (dB) reseptoreiden kohdilla suunnitelmalla VE1.

taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	54,5	53,2	51,9	50,8	49,7	48,6	47,1	45,6	43,3	40,3	39,0
R2	53,2	51,8	50,6	49,5	48,4	47,2	45,8	44,2	41,9	38,9	37,5
R3	50,4	49,1	47,9	46,7	45,6	44,4	42,9	41,2	38,8	35,6	34,0
R4	49,2	47,8	46,6	45,4	44,2	43,0	41,5	39,8	37,3	34,0	32,2
R5	48,4	47,1	45,8	44,7	43,5	42,3	40,7	39,0	36,4	33,0	31,2
R6	51,8	50,4	49,2	48,1	46,9	45,8	44,3	42,7	40,3	37,2	35,7
R7	49,2	47,8	46,6	45,4	44,3	43,1	41,5	39,8	37,3	34,0	32,2
R8	49,0	47,6	46,4	45,2	44,1	42,8	41,3	39,6	37,1	33,8	32,0
R9	50,6	49,3	48,1	46,9	45,8	44,6	43,1	41,4	39,0	35,8	34,2
R10	48,7	47,4	46,1	45,0	43,8	42,6	41,1	39,3	36,9	33,6	31,9



Kuva 5: Matalataajuisten sisämelun tasot reseptorin R1 kohdalla suunnitelmalla VE1.

4 Tuulivoimaloiden välke

4.1 Välkevaikutus

Välkevaikutuksella tarkoitetaan tilannetta, jossa Auringon paisteen ja tarkastelupisteen väliin jäävän voimalan lavat aiheuttavat välkkyvän varjon. Välke voi ulottua pisimmillään 1–3 km etäisyydelle voimalasta. Välkevaikutuksen etäisyyteen ja keston vaikuttavat tuulivoimalan korkeus ja roottorin halkaisija, vuoden- ja vuorokaudenaika, maaston muodot sekä näkyvyyttä rajoittavat tekijät kuten kasvillisuus ja pilvisuus.

Suomen sijainnin vuoksi yksittäisen tuulivoimalan välkevaikutus kohdistuu valtaosin voimalan pohjoispuolelle (päiväaika) sekä lounais- ja kaakkoispuolille (aamu- ja ilta-ajat). Suomessa voimala aiheuttaa välkevaikutusta eteläpuolelleen vain pohjoisen napapiirin pohjoispuolella.

Välkevaikutuksen laskenta voi perustua joko teoreettisen maksimivälkkeen tai todennäköisen tilanteen mallinnukseen:

- Teoreettisen maksimivälkkeen laskennassa oletetaan, että päiväaikaan Aurinko paistaa jatkuvasti, tuulivoimalan roottori pyörii jatkuvasti, ja roottori on aina kohtisuorassa Aurinkoa kohden.
- Todennäköisen tilanteen mallinnuksessa otetaan huomioon paikallinen tilastollinen aineisto auringonpaisteen määrästä ja ajoittumisesta sekä tuulen suuntien ja nopeuksien jakautumisesta.

Tämän selvityksen väkelaskenta on tehty mallintamalla sekä todennäköinen välkeaika että teoreettinen maksimivälke.

4.2 Välkkeen rajoittaminen

Välkevaikutusta voidaan vähentää voimalakohtaisella välkkeen hallintatyökalulla (shadow flicker protection system), joka sisältää valoanturin ja välkkeenhallintasovelluksen. Työkalun avulla voimala voidaan pysäyttää joko havaitun auringonpaisteen perusteella ja/tai haluttuina vuoden- ja kellon-aikoina. Pysäytetty voimala ei aiheuta välkettä.

4.3 Arvioinnin epävarmuudet

Mallinnettu todennäköinen välkevaikutus perustuu auringonpaisteen ja tuulisuuden tilastolliseen aineistoon. Yksittäisen vuoden sääolosuhteet saattavat poiketa merkittävästi keskimääräisistä olosuhteista, jolloin vuotuinen välkevaikutus voi poiketa mallinnetusta arvosta. Auringonpaisteen aineisto on saatu Pelmaan sääasemalta, josta etäisyys hankealueeseen on noin 150 km.

Mallinnuksessa ei ole huomioitu paikallisen puuston vaikutusta voimaloiden näkyvyyteen ja välkevaikutukseen. Puusto voi rajoittaa merkittävästi näkyvyyttä tuulivoimaloille ja vähentää vuotuista välkevaikutusta. Puuston näkyvyyttä peittävä vaikutus vaihtelee kuitenkin vuosien ja vuodenaikojen suhteen, minkä vuoksi puuston välkettä vähentävää vaikutusta ei pystytä arvioimaan tarkasti.

Rakennuksiin kohdistuvan välkkeen laskennassa käytetään ns. kasvihuone-oletusta, jolloin rakennukseen kohdistuva välkevaikutus huomioidaan riippumatta suunnasta. Välkevaikutuksen laskennallinen arvio kuvaa siis välkevaikutusta ulkona. Rakennusten sisätiloissa välkevaikutus on yleensä vähäisempi, koska välkevaikutus kohdistuu rakennuksen sisätiloihin vain ikkunoiden suunnasta.

4.4 Ohjearvot

Tuulivoimaloiden välkevaikutukselle ei ole Suomessa määritelty ohjearvoja. Ympäristöministeriön ohjeissa tuulivoimapuiston suunnitteluun suositellaan käytettäväksi muiden maiden suosituksia välkemäärien osalta [8]. Tanskassa on määritetty vuotuisen välketuntimäärän suositusarvoksi 10 h. Ruotsissa vastaava suositusarvo on 8 h ja korkeintaan 30 min päivässä [20]. Näiden ohjearvojen käyttö edellyttää todennäköisen välketilanteen laskentaa. Mikäli välketuntien arvioinnissa käytetään laskennallista maksimituntimäärää, voidaan vuotuisen välkevaikutuksen ohjearvona käyttää Saksassa käytettävää 30 h raja-arvoa. Tässä raportissa mallinnettujen välketasojen arvioinnissa käytetään Ruotsin suunnitteluohjeissa annettuja ohjearvoja todennäköisen välkkeen tapauksessa. Teoreettisen maksimivälkkeen arvioinnissa käytetään Saksan 30 tunnin raja-arvoa vuodessa ja 30 minuuttia päivässä.

5 Tuulivoimakohteen välkemallinnus

5.1 Mallinnusmenetelmä ja lähtöaineisto

Tuulivoimaloiden aiheuttama välkevaikutus (shadow flicker) arvioitiin AFRY Numerola mallinnusohjelmistolla. Ohjelmiston laskentamalli huomioi auringon paikan vuoden eri aikoina, tuulivoimalueen ja sen ympäristön maastonmuodot sekä tuulivoimaloiden dimensiot. Laskennan tuloksena saadaan tieto siitä, kuinka monta tuntia vuodessa alueen eri kohteet ovat välkevaikutuksen alaisena. Tulosta havainnollistetaan tasa-arvokäyrästä, jonka perusteella voidaan arvioida varjostusvaikutusta tarkastelualueella.

Tarkastelualueiden maanpinnan korkeuserot on saatu Maanmittauslaitoksen aineistosta *Korkeusmalli 10 m*. Korkeusdatan vaakaresoluutio on 10 m ja pystysuorainen tarkkuus 1,4 m. Laskennassa huomioitiin korkeuserot siten, että jos Auringon, tuulivoimalan ja tarkastelupisteen kautta kulkeva jana leikkaa maanpintaa, niin varjostusta ei esiinny. Välkevaikutus laskettiin 2 m korkeudelle. Auringonpaistekulman rajana horisontista käytettiin kolmea astetta, jonka alle menevää säteilyä ei oteta huomioon varjostuksessa.

Tuulivoimalan lapojen aiheuttama varjo heikkenee asteittain liikuttaessa etäämmälle voimalasta, eikä tietyn etäisyyden jälkeen varjo ole enää ihmissilmin havaittavissa. Tämä etäisyys riippuu tuulivoimalan lavan leveydestä, ja esimerkiksi Ruotsin tuulivoimarakentamisen suunnitteluohjeituksessa määritellään, että välkevaikutus huomioidaan mikäli lapa peittää vähintään 20 % Auringosta. Käytännössä tämä asettaa lavan leveydestä riippuvan maksimietäisyyden yksittäisen tuulivoimalan aiheuttamalle välkevaikutukselle, eikä sen ulkopuolella välkevaikutusta ole.

Yleensä väkelaskennan maksimietäisyyden laskenta perustuu lavan keskimääräiseen leveyteen, joka määrää maksimietäisyyden. Käytännössä tuulivoimalan lapa ei ole vakiolevyinen: Levein kohta sijaitsee lähellä tuulivoimalan napaa, ja lapa kapenee huomattavasti kärkeä kohti liikuttaessa. Tällä perusteella lavan tyven välkevaikutus ulottuu huomattavasti pidemmälle kuin lavan kärjen, mikäli arvointiperusteena käytetään Auringon peittoastetta. Tässä selvityksessä väkelaskennassa ei ole käytetty tavanomaista maksimietäisyyttä, vaan on huomioitu tuulivoimalan muuttuva lapaprofiili.

Väkelaskennassa Hallakallion voimaloille on käytetty napakorkeutta 217,5 m ja roottorin halkaisijaa 185 m. Tuulivoimaloille on käytetty tuulivoimalatyyppin Vestas V162 lapaprofiilia skaalattuna roottorin halkaisijalle 185 m. Profiilia on samalla levennetty siten, että lavan levein kohta on 4,5 m (V162:n lapaprofiilin levein kohta on 4,3 m). Lapaprofiilia on arvioitu tuulivoimalavalmistajan toimittamien tietojen perusteella. Laskentamenetelmän yksityiskohdat on kuvattu luvussa 7.

Todelliseen välkevaikutukseen vaikuttavat tuulivoimaloiden käyttöaste, puusto ja paikallinen säätila (pilvisuus ja tuulisuus). Jos esimerkiksi tuulen suunta on kohtisuorassa auringon ja tarkastelupisteen välistä linjaa vasten, ei varjostusvaikutusta esiinny. Varjostuksen laskennassa tuulivoimaloiden orientaatio voidaan määrittää, jolloin roottori oletetaan tiettyyn suuntaan asetetuksi ympyrätasoksi. Todennäköisen välkevaikutuksen laskenta on suoritettu kuudella eri tuulivoimalan orientaatiolla. Tämä vastaa 12 tuulen suuntasektorin varjostustuloksia, sillä vastakkaiset tuulensuunnat aiheuttavat välkkeen kannalta efektiivisesti saman roottorin orientaation. Kullakin tuulen suunnalla laskettua välketuntimäärää on skaalattu Suomen tuuliatlaksesta [21] saatavan suuntasektorin esiintymisfrekvenssillä ja suuntakohtaisesta nopeusjakaumasta määritellyn tuulivoimalan käyntinopeuksien ajallisella osuudella. Käynnistysnopeutta alemmissa tai pysäytysnopeutta korkeammissa tuulissa tuulivoimalat ovat paikallaan, jolloin roottorin pyörimisestä aiheutuvaa valon välkymistä ei esiinny. Suomen tuuliatlaksen tuulisuusestimaatti on otettu tuulivoima-alueen keskeltä korkeudelta

200 m, ja sen perusteella lasketut suuntasektorikohtaiset osuudet tuulivoimalan käyntinopeusvälille osuville tuulille on lueteltu taulukossa (Taulukko 8).

Paikallinen pilvisyys on huomioitu skaalaamalla eri roottoriorientaatioilla laskettuja varjostusaikoja Seinäjoen Pelmaan sääasemalta mitattujen auringonpaistettuntien suhteellisella osuudella teoreettisesta maksimipaistettuntien määrästä [22]. Sääaseman mittausten perusteella lasketut kuukausittaiset auringonpaisteen todennäköisyydet on koottuna taulukkoon (Taulukko 9). Suuntakohtaisesti skaalatut välketuntimäärät yhteen laskien saadaan arvio todellisesta, säätilan huomioonottavasta välketuntimäärästä tarkastelualueella.

Taulukko 8: Suuntasektorikohtaiset osuudet yli 3 m/s tuulennopeuksille Suomen tuuliatlaksen perusteella.

Suuntasektori	0/180	30/210	60/240	90/270	120/300	150/330
Yli 3 m/s osuus	0,180	0,166	0,153	0,145	0,130	0,164

Taulukko 9: Auringonpaisteen kuukausittaiset todennäköisyydet Pelmaan sääasemalla.

Kuukausi	Auringonpaisteen todennäköisyys
Tammikuu	0,162
Helmikuu	0,291
Maaliskuu	0,398
Huhtikuu	0,423
Toukokuu	0,479
Kesäkuu	0,459
Heinäkuu	0,454
Elokuu	0,414
Syyskuu	0,358
Lokakuu	0,260
Marraskuu	0,150
Joulukuu	0,110

5.2 Välkevaikutus

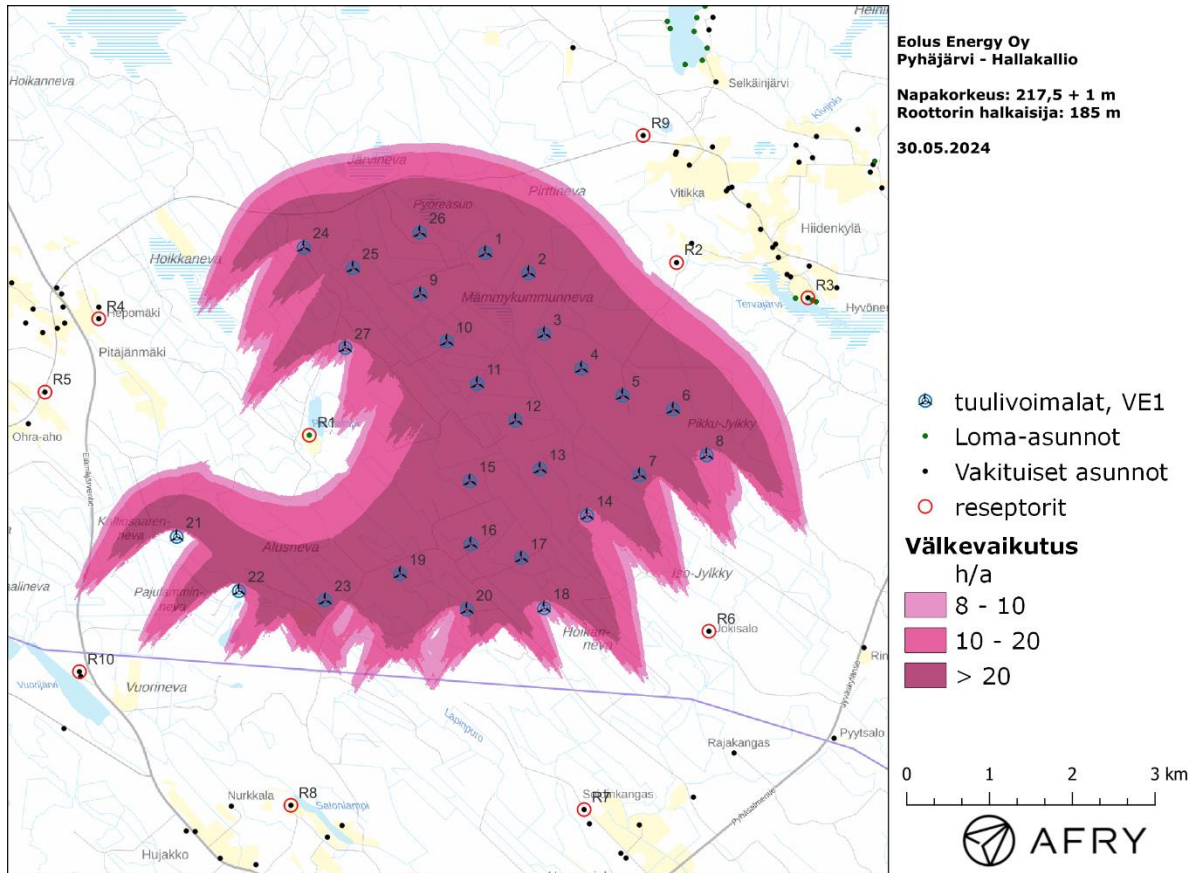
Mallinnettu arvio todennäköisestä välketuntien vuotuisesta määrästä on esitetty karttakuvana (Kuva 6). Mallinnuksessa ei ole huomioitu paikallisen puuston vaikutusta tuulivoimaloiden näkyvyyteen ja välkevaikutukseen. Karttoihin on merkitty ympäristössä sijaitsevat loma- ja asuinrakennukset käyttäen lähtötietona Maanmittauslaitoksen maastotietokannan sisältämiä tietoja.

Taulukossa 10 on esitetty todennäköinen välkevaikutus ja teoreettinen maksimivälke reseptoreiden kohdilla, sekä vuotuisena tuntimääränä että suurimpana päiväkohtaisena välkeaikana. Mallinnusten perusteella todennäköinen vuotuinen välkevaikutus jää alle Ruotsin 8 tunnin ohjearvon ja Tanskan 10 tunnin ohjearvon kaikkien alueen asuin- ja lomarakennusten kohdilla. Myös todennäköisen välkkeen suurin päiväkohtainen määrä jää alle Ruotsin 30 minuutin ohjearvon kaikkien alueen asuin- ja lomarakennusten kohdalla. Teoreettinen vuotuinen maksimivälke jää alle Saksan 30 tunnin raja-arvon. Myös teoreettisen maksimivälkkeen suurin päiväkohtainen arvo jää alle Saksan 30 minuutin raja-arvon kaikkien reseptoreiden kohdilla.

Suurin todennäköinen välkevaikutus kohdistuu reseptorin R1 kohdalla olevaan asuntoon. Todennäköisen välkkeen tarkempi ajoittuminen tämän reseptorin kohdalla on esitetty taulukossa (Taulukko 11). Taulukossa esitetyt kellonajat ovat aikavyöhykkeen UTC+2 mukaisia (Suomen talviaika).

Taulukko 10: Välkeajat tunteina ([h:min]) reseptoreiden kohdilla suunnitelmalla VE1. Taulukossa on esitetty vuotuinen välke aika ja välkeajan suurin päiväkohtainen arvo, sekä todennäköisenä arvona että teoreettisen maksimivälkkeen menetelmällä laskettuna.

Reseptori	Todennäköinen vuotuinen välke	Todennäköinen päiväkohtainen maksimi	Teoreettinen vuotuinen maksimivälke	Teoreettinen päiväkohtainen maksimivälke
R1	4:35	4	26:08	21
R2	4:20	4	22:58	19
R3	0:35	2	3:54	11
R4	0:00	0	0:00	0
R5	0:12	1	1:15	8
R6	2:59	5	11:21	16
R7	0:00	0	0:00	0
R8	0:00	0	0:00	0
R9	0:30	2	3:11	11
R10	0:41	3	2:34	11



Kuva 6: Suunnitelman VE1 todennäköinen vuotuinen välkevaikutus ilman puuston vaikutusta.

Taulukko 11: Todennäköisen välkevaikutuksen ajoittuminen ja kesto ([h:min]) reseptorin R1 kohdalla.

Kellonaika	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	
Tammikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:13	0:02	0:10	0:00	0:00	0:00	0:00	0:25
Helmikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:05	0:17	0:00	0:11	0:02	0:00	0:00	0:00	0:35
Maaliskuu	0:00	0:00	0:00	0:15	0:02	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:17
Huhtikuu	0:00	0:00	0:16	0:05	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:21
Toukokuu	0:00	0:00	0:43	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:43
Kesäkuu	0:00	0:00	0:04	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:04
Heinäkuu	0:00	0:00	0:45	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:45
Elokuu	0:00	0:00	0:16	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:16
Syyskuu	0:00	0:00	0:00	0:18	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:18
Lokakuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:08	0:00	0:00	0:12	0:00	0:00	0:00	0:00	0:20
Marraskuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:07	0:14	0:10	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:31
Joulukuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
Yhteensä	0:00	0:00	2:04	0:38	0:22	0:44	0:12	0:33	0:02	0:00	0:00	0:00	4:35

6 Yhteenveto

Raportissa on esitetty Pyhäjärven kaupungin Hallakallion tuulivoimapuiston ympäristölleen aiheuttaman melu- ja välkevaikutuksen laskennalliset arviot. Vaikutusten arvioinnit on tehty 27 voimalan suunnitelmalle VE1.

Mallinnusten perusteella melutasot alueen loma- ja asuinrakennusten kohdilla jäävät alle valtioneuvoston ohjearvojen. Myös matalataajuisen melun tasot pysyvät kaikkien rakennusten kohdalla asumisterveysasetuksessa asetettujen arvojen alapuolella.

Tuulivoimaloiden välkevaikutukselle ei ole Suomessa määritelty ohjearvoja, ja ympäristöministeriö suosittelee käyttämään muiden maiden ohjearvoja. Mallinnusten mukaan todennäköinen vuotuinen välkevaikutus jää alle Ruotsin 8 tunnin ohjearvon ja Tanskan 10 tunnin ohjearvon alueen kaikkien asuin- ja lomarakennusten kohdilla. Myös todennäköinen päiväkohtainen välkeaika alittaa Ruotsin 30 minuutin ohjearvon kaikkien alueen asuntojen kohdalla. Teoreettinen vuotuinen maksimivälke jää alle Saksan 30 tunnin raja-arvon kaikkien asuntojen kohdilla. Myös teoreettisen maksimivälkkeen päiväkohtainen arvo alittaa Saksan 30 minuutin raja-arvon kaikkien asuntojen kohdilla.

7 Välkevaikutuksen laskentamenetelmä

Välkevaikutuksen laskennassa hyödynnetään taivaanpallon käsitettä, joka on maapallon maantieteellistä koordinaatistoa vastaava kuvitteellinen kuori katsottaessa maapallolta taivaalle. Samalla tavoin kuin paikan sijainti maapallolla voidaan ilmoittaa pituus- ja leveyspiirien avulla, voidaan taivaankappaleiden paikat taivaanpallolla ilmoittaa kahden koordinaatin (rektaskensio ja deklinaatio) avulla. Aurinko kulkee vuoden aikana taivaanpallolla kääntöpiirien väliin asettuvalla nauhalla, ja Auringon esiintymistiheys kyseisellä nauhalla voidaan esittää tiheysfunktiona.

Tiettyyn pisteeseen kohdistuvaa vuotuista välkevaikutusta laskettaessa tarkastellaan sitä osaa taivaanpallosta, joka näkyy pisteeseen tuulivoimaloiden roottorikehien läpi. Näkyvyyden arvioinnissa otetaan huomioon paikallinen maaston korkeusaineisto. Mikäli kääntöpiirien väliin asettuva nauha ei näy roottorikehien läpi, tarkastelupisteeseen ei kohdistu välkevaikutusta. Muussa tapauksessa yksittäisen tuulivoimalan aiheuttamien välketuntien määrä saadaan integroimalla tiheysfunktioita tuulivoimalan roottorikehien läpinäkyvällä taivaanpallon osuudella. Tuulivoimaloiden yhteisvaikutus saadaan summaamalla tuulivoimakohtaiset välketunnit ottaen kuitenkin huomioon mahdolliset päällekkäisyydet roottorikehien peittämässä alueissa. Laskenta suoritetaan erikseen tuulivoimaloiden eri orientaatioille, joita skaalataan suuntakohtaisilla tuulisuusosuuksilla.

Huomioitaessa kuukausittaista (tai muuta lyhytaikaista) vaihtelua auringonpaisteen todennäköisyydessä, taivaanpallon nauha jaetaan vastaaviin osiin Auringon deklinaation mukaan. Tiheysfunktio määritellään näissä osissa erikseen, ja integroinnin tuloksia skaalataan kuukausikohtaisilla todennäköisyyksillä.

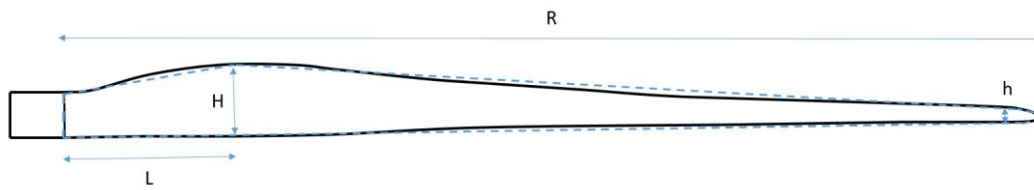
Tuulivoimalan lapojen aiheuttama varjo heikkenee asteittain liikuttaessa etäämmälle voimalasta, eikä tietyn etäisyyden jälkeen varjo ole enää ihmissilmin havaittavissa. Tämä etäisyys riippuu tuulivoimalan lavan leveydestä, ja esimerkiksi Ruotsin ja Saksan tuulivoimarakentamisen suunnitteluohjeistuksessa määritellään, että välkevarjostus huomioidaan, mikäli lapa peittää vähintään 20 % Auringosta. Käytännössä tämä asettaa lavan leveydestä riippuvan maksimietäisyyden yksittäisen tuulivoimalan aiheuttamalle välkevaikutukselle, eikä sen ulkopuolella välkevaikutusta ole.

Kun lavan leveys on w metriä, niin 20 % Auringon peittoon perustuvan välkevarjostuksen maksimietäisyyden määrittämiseen voidaan johtaa laskentakaava

$$\text{maksimietäisyys} = (5 * d * w) / 1'097'780,$$

missä d on etäisyys Aurinkoon (150'000'000 km). Yleensä välkelaskennan maksimietäisyyden laskenta perustuu lavan keskimääräiseen leveyteen, joka määrää maksimietäisyyden. Käytännössä tuulivoimalan lapa ei ole vakiolevyinen: Levein kohta sijaitsee lähellä tuulivoimalan napaa ja lapa kapenee huomattavasti kärkeä kohti liikuttaessa. Tällä perusteella lavan tyven välkevaikutus ulottuu huomattavasti pidemmälle kuin lavan kärjen, mikäli arviointiperusteena käytetään Auringon peittoastetta.

Seuraavassa kaaviokuvassa (Kuva 7) on esitetty yksinkertaistettu malli tyypillisestä profiilista, jossa lavan maksimileveys on H etäisyydellä L lavan tyvestä. Lavan kokonaispituus on R ja lavan leveys 90 % etäisyydellä tyvestä on h . Lavan oletetaan kapenevan lineaarisesti arvosta H arvoon h liikuttaessa maksimikohdasta kärkeen. Tavanomaisesti välkelaskennassa tuulivoimalan keskimääräinen leveys on määritetty parametrien H ja h keskiarvona.



Kuva 7: Tuulivoimalan lavan yksinkertaistettu profiili.

Tämän raportin väkelaskennassa lavan leveys on määritetty useasta kohtaa lapaa, jolloin lavan muoto saadaan kuvattua vielä tarkemmin kuin kahteen leveysarvoon H ja h perustuvassa lineaarisessa approksimaatiossa. Tällä tavoin väkelaskennassa huomioidaan tarkemmin tuulivoimalan muuttuva lapaprofiili, ja saadaan realistisempia tuloksia kuin olettamalla tietty keskimääräinen lavan leveys ja sitä vastaava kiinteä maksimietäisyys.

8 Viitteet

- [1] C. Di Napoli: Tuulivoimaloiden melun syntytavat ja leviäminen, Suomen Ympäristö 4, 2007.
- [2] D. Siponen: Noise Annoyance of Wind Turbines, VTT Research Report VTTR-00951-11, 2011.
- [3] J. Jakobsen: Danish regulation for low frequency noise from wind turbines, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control 31(4), 2012.
- [4] J. Keränen, J. Hakala, V. Hongisto: The sound insulation of façades at frequencies 5–5000Hz, Building and Environment 156, 2019.
- [5] S. Uosukainen: Tuulivoimaloiden melun synty, eteneminen ja häiritsevyys, VTT Tiedotteita 2529, 2010.
- [6] Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Sosiaali- ja terveysministeriö 2015.
- [7] Tuulivoimaloiden melun mallintaminen, Ympäristöhallinnon ohjeita 2|2014. Ympäristöministeriö.
- [8] Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5|2016. Ympäristöministeriö, 2016.
- [9] Valtioneuvoston päätös 993/1992 melutason ohjearvoista. Astui voimaan 1.1.1993.
- [10] Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista. Astui voimaan 1.9.2015.
- [11] Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä. Ympäristöministeriö, 14.9.2016.
- [12] Ympäristömelun mittaaminen. Ympäristöministeriö, Ohje I 1995.
- [13] IECRE - IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications. IECRE.WE.TC.21.0091-R1, EnVentus V162. 20.8.2021, DNV Renewables Certification.
- [14] C. A. León: Trailing Edge Serrations, Effect of Their Flap Angle on Flow and Acoustics. 7th International Conference on Wind Turbine Noise, Rotterdam, 2nd to 5th May 2017.
- [15] M. Gupta, K. Madsen: Advancements in continuous learning for tonality free turbine design. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.
- [16] K. Bolin: The Influence of Background Sounds on Loudness and Annoyance of Wind Turbine Noise. Acta Acustica united with Acustica, Vol 98 (2012) pages 741-748.
- [17] G.P. van den Berg: The sound of high winds: the effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise. Doctoral Thesis, University of Groningen, Holland, 2006.
- [18] D. Halstead, N. Tam: A study of background noise levels measured during far-field receptor testing of wind turbine facilities. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.
- [19] S. Oerlemans, J.G. Schepers: Prediction of wind turbine noise directivity and swish, Proc. 3rd Int. conference on wind turbine noise, Aalborg, Denmark, 2009.
- [20] Boverket: Vindkraftshandboken, Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden, 2009.
- [21] B. Tammelin et al.: Production of the Finnish Wind atlas. Wind Energy, 2011.
- [22] P. Pirinen et al.: Tilastoja Suomen ilmastosta 1981-2010, Ilmatieteen laitos, Raportteja 2012:1

9 Melumallinnuksen tiedot

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT							
Mallinnusraportin numero/tunniste: 101022132-004				Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 4.6.2024			
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: AFRY Finland Oy							
Vastuhenkilöt: Erkki Heikkola							
Laatija: Erkki Heikkola				Tarkastaja/hyväksyjä: Mika Laitinen			
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT							
Mallinnusohjelma ja versio: AFRY Numerola -mallinnusohjelmisto				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2			
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT							
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas				Tyyppi: V162 7.2MW		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 7,2 MW		Napakorkeus: 217,5 m		Roottorin halkaisija: 162 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB			dB	
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa			dB	
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Melupäästötiedot: V162-7.2MW (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot varmuusarvolla 2 dB)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	62,8	200	94,3	2000	
63	88,0	25	67,3	250		2500	
125	95,6	31,5	71,6	315		3150	
250	100,4	40	75,7	400		4000	
500	102,5	50	79,2	500		5000	
1000	101,7	63	82,6	630		6300	
2000	98,2	80	85,7	800		8000	
4000	91,9	100	88,3	1000		10000	
8000	82,8	125	90,5	1250			
		160	92,7	1600			

Melun erityispiirteiden mittaust ja havainnot:											
Kapeakaistaisuus/ tonaalisuus			Impulssimaisuus			Merkityksellinen sykintä (amplitudi- modulaatio)			Muu, mikä:		
kyllä	ei		kyllä	ei		kyllä	ei		kyllä	ei	
Laskentakorkeus						Laskentaruudun koko [m x m]					
4 m						10 m x 10 m					
Suhteellinen kosteus						Lämpötila					
70 %						15 C°					
Maastomallin lähde ja tarkkuus											
Maastomallin lähde: Maanmittauslaitos						Vaakaresoluutio: 2 m			Pystyresoluutio: 0,3 m		
Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastuksen huomiointi, käytetyt kertoimet											
ISO 9613-2											
Vesialueet, (0) / (G)											
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)											
Maa-alueet (0) / (G)											
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus											
Neutraali											
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen											
Vapaa avaruus											
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)											
Asukkaat: 0 kpl				Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl				Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl			
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)											
Asukkaat: 0 kpl				Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl				Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl			
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille											
Virkistysalueet: 0 kpl						Luonnonsuojelualueet: 1 kpl					
Lineaariset melutasot [dB] altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella suunnitelmalla VE1:											
Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	54,5	53,2	51,9	50,8	49,7	48,6	47,1	45,6	43,3	R1	54,5
R2	53,2	51,8	50,6	49,5	48,4	47,2	45,8	44,2	41,9	R2	53,2
R3	50,4	49,1	47,9	46,7	45,6	44,4	42,9	41,2	38,8	R3	50,4
R4	49,2	47,8	46,6	45,4	44,2	43,0	41,5	39,8	37,3	R4	49,2
R5	48,4	47,1	45,8	44,7	43,5	42,3	40,7	39,0	36,4	R5	48,4
R6	51,8	50,4	49,2	48,1	46,9	45,8	44,3	42,7	40,3	R6	51,8
R7	49,2	47,8	46,6	45,4	44,3	43,1	41,5	39,8	37,3	R7	49,2
R8	49,0	47,6	46,4	45,2	44,1	42,8	41,3	39,6	37,1	R8	49,0
R9	50,6	49,3	48,1	46,9	45,8	44,6	43,1	41,4	39,0	R9	50,6
R10	48,7	47,4	46,1	45,0	43,8	42,6	41,1	39,3	36,9	R10	48,7



Eolus Energy Oy

Hallakallion tuulivoimapaiston melu- ja väikeselvitys, VE2

101022132-004, 17.6.2024

Tekijä
AFRY Finland Oy
Erkki Heikkola

E-mail
erkki.heikkola@afry.com

Osasto
Wind and Solar Finland

Raporttiversio
001

Asiakas
Eolus Energy Oy
Jarno Hautamäki

Päivämäärä
17/06/2024

Projektinnumero
101022132-004

Raportin tila
VALMIS

Hallakallion tuulivoimapuiston melu- ja välkeseelvitys, VE2

Raporttihistoria

Versio	Pvm/Laatiija	Pvm/Tarkastaja	Merkinnät/Muutokset
001	17.06.2024/ Erkki Heikkola, Senior Consultant	17.06.2024/ Mika Laitinen, Senior Consultant	Alkuperäinen

Aineistojen käyttöoikeudet

Selvityksessä on käytetty Maanmittauslaitoksen, Suomen ympäristökeskuksen, Ilmatieteen laitoksen ja Luonnonvarakeskuksen avoimien aineistojen käyttö lupien alaista materiaalia, jotka on lisensoitu Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>.

Sisällysluettelo

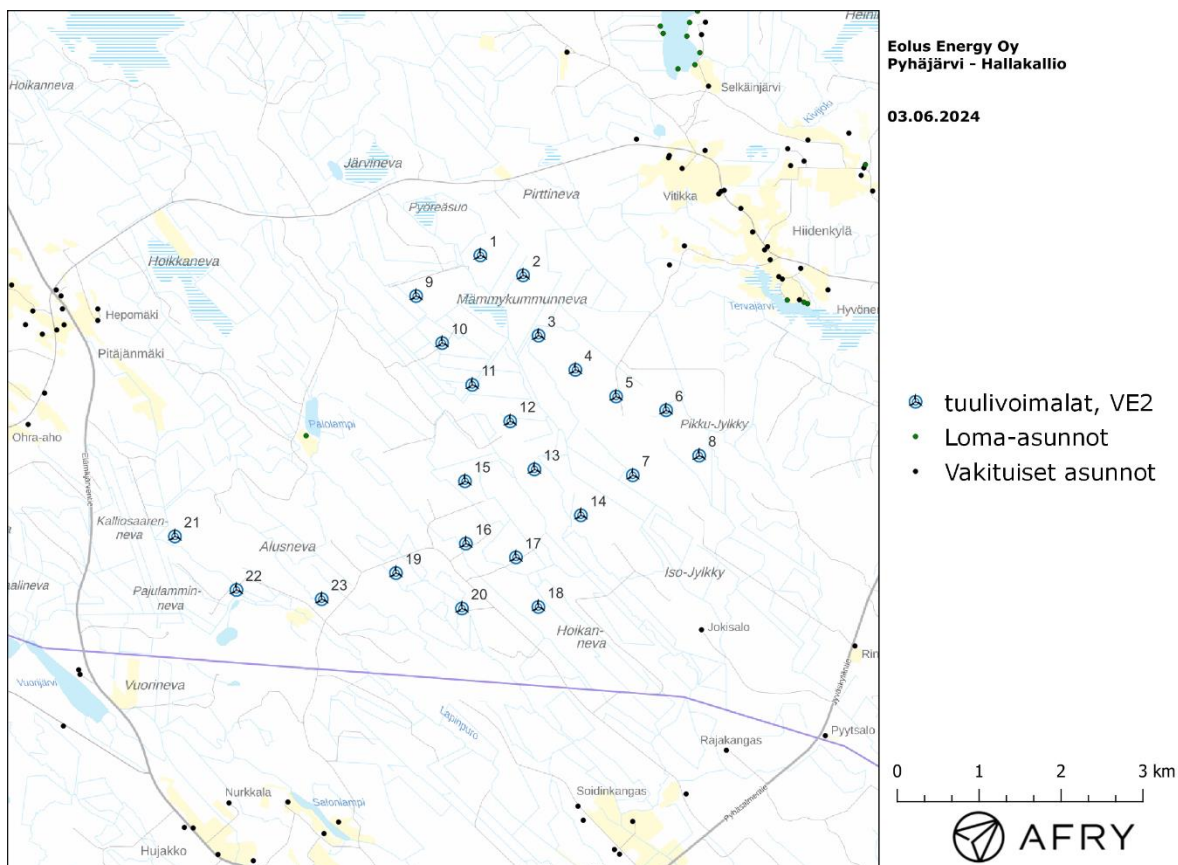
1	Johdanto	4
2	Tuulivoimaloiden melu	6
2.1	Yleistä tuulivoimamelusta	6
2.2	Melumallinnusohjeistus	7
2.3	Ohjearvot	8
2.4	Sisämelutasojen arviointi.....	9
3	Tuulivoimakohteen melumallinnus	10
3.1	Keskiäänitasojen LAeq mallinnus	10
3.2	Matalataajuisen melun mallinnus	13
4	Tuulivoimaloiden välke	16
4.1	Välkevaikutus	16
4.2	Välkkeen rajoittaminen	16
4.3	Arvioinnin epävarmuudet.....	16
4.4	Ohjearvot	17
5	Tuulivoimakohteen välkemallinnus.....	18
5.1	Mallinnusmenetelmä ja lähtöaineisto	18
5.2	Välkevaikutus	20
6	Yhteenveto	22
7	Välkevaikutuksen laskentamenetelmä	23
8	Viitteet	25
9	Melumallinnuksen tiedot	26

1 Johdanto

Selvityksessä arvioidaan Pyhäjärven kaupungin alueelle suunnitellun Hallakallion tuulivoimapuiston aiheuttamaa melu- ja välkevaikutusta laskennallisten mallien avulla. Arviointi tehdään 23 voimalan toteutusvaihtoehdolle VE2, jonka voimalasijainnit on esitetty karttapohjalla kuvassa 1. Voimaloiden sijaintikoordinaatit on annettu taulukossa 1.

Melumallinnuksissa Hallakallion voimaloille on käytetty napakorkeutta 217,5 m, kokonaiskorkeutta 310 m ja tuulivoimalatyyppin V162 7.2 MW (with serrated trailing edges) taajuusjakaumaa äänitehotasolla 107,5 dB(A) (tuulivoimalavalmistajan ilmoittama maksimiäänitehotaso 105,5 dB(A) + varmuusarvo 2 dB(A)). Tuulivoimalatyyppin melupäästön tunnusarvoa ei pystytä tässä yhteydessä määrittämään standardin IEC TS 61400-14 mukaisesti, joten ilmoitettuun melupäästön lukuarvoon lisätään 2 dB tunnusarvon saamiseksi. Näin määriteltynä selvityksessä käytetyt lähtömelutasot ovat ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisia melupäästön tunnusarvoja.

Välkemallinnuksissa Hallakallion voimaloille on käytetty napakorkeutta 217,5 m ja roottorin halkaisijaa 185 m. Näin ollen voimaloiden kokonaiskorkeus on 310 m.



Kuva 1: Tuulivoimaloiden sijainnit Hallakallion suunnitelmalla VE2.

Taulukko 1: Hallakallion suunnitelman VE2 (23 kpl) tuulivoimaloiden sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
T1	432767	7049566	164,8
T2	433289	7049322	160,3
T3	433477	7048587	159,0
T4	433927	7048170	168,0
T5	434424	7047845	177,4
T6	435034	7047677	162,9
T7	434628	7046883	152,6
T8	435438	7047123	162,9
T9	431983	7049070	173,0
T10	432301	7048497	162,9
T11	432668	7047987	155,6
T12	433131	7047542	154,7
T13	433427	7046956	153,4
T14	433994	7046396	150,6
T15	432579	7046811	165,6
T16	432590	7046050	160,8
T17	433202	7045882	153,9
T18	433475	7045278	149,4
T19	431737	7045691	154,6
T20	432543	7045259	145,5
T21	429039	7046138	151,4
T22	429790	7045485	152,9
T23	430831	7045372	159,9

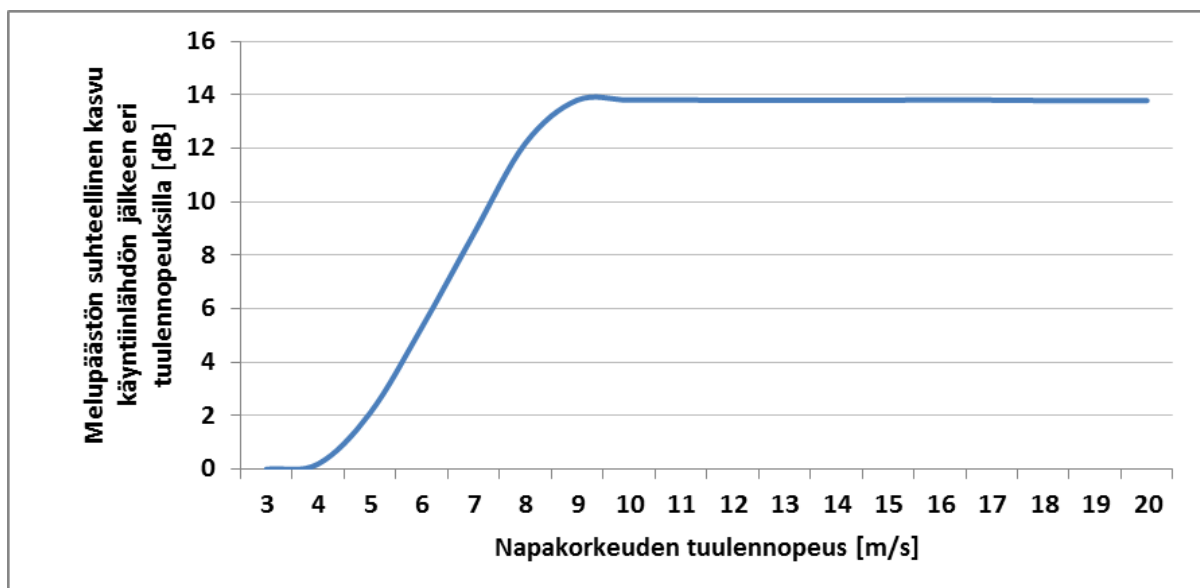
2 Tuulivoimaloiden melu

2.1 Yleistä tuulivoimamelusta

Tuulivoimalaitosten käyntiääni koostuu pääosin laajakaistaisesta lapojen aerodynaamisesta melusta sekä hieman kapeakaistaisemmasta sähköntuotantokoneiston yksittäisten osien aiheuttamasta melusta johon kuuluvat muun muassa vaihteisto, generaattori sekä jäähdytysjärjestelmät. Tuulivoimaloiden aerodynaaminen melu on hallitsevin äänilähde, joka kattaa noin 90 prosenttia kokonaisäänienenergiasta lapojen suuren vaikutuspinta-alan vuoksi [15]. Tuulivoimamelu on A-taajuusjakaumaltaan painottunut tyypillisesti 200–1000 Hz:n väliin.

Modernit kolmilapaiset tuulivoimalaitokset ovat nykyisin ylävirtalaitoksia, joissa siivistö sijaitsee tuulen etupuolessa suhteessa voimalan torniin. Katsottaessa aerodynaamisen melun suuntaavuutta ylhäältä käsin on siivistön äänitaso sivutuulen puolelta noin 4–6 dB alhaisempi kuin tuulen ylä- ja alapuolilla samalla etäisyydellä [19].

Vaihtuvanopeuksisen tuulivoimalan äänipäästö on suoraan verrannollinen tuulennopeuteen siten, että alhaisilla tuulilla eli hitaalla roottorin pyörimisnopeudella ja lähellä käyntiinlähtönopeutta lähtöäänitaso on usein noin 10–15 dB alhaisempi kuin voimalan nimellisteholla, jossa roottori saavuttaa suurimman kierrosnopeuden (Kuva 2).



Kuva 2: Esimerkkikuva äänipäästön kasvusta napakorkeuden tuulennopeuden mukaan. Äänitason nousu tasoittuu n. 10 m/s voimalan napakorkeudella mitatun tuulennopeuden jälkeen.

Äänipäästön L_{WA} huipputaso saavutetaan tyypillisesti voimalan nimellistehotasolla, joka tarkoittaa yli 10 m/s tuulennopeutta napakorkeudella voimalamallista ja etenkin tornikorkeudesta riippuen. Tuulennopeuden edelleen kasvaessa tuulivoimalan siipikulmasäätö tasoittaa äänitehotason nousun roottorin pyörimisnopeuden pysyessä ennallaan.

Taustamelu, kuten liikennemelu ja teollisuusmelu sekä tuulen tuottama aallokko- ja puustokohina, peittävät tuulivoimaloiden melua, mutta peittoäänet ovat ajallisesti ja tasoltaan vaihtelevia. Tuulikohina esimerkiksi puustossa on taajuuskaistaltaan laajakaistaista ja tuulensuunnasta,

puulajeista, vuodenajasta ja tuulennopeudesta riippuva. Puustokohinan äänitaso mittauskorkeudella 1,5 m voi nousta kuitenkin tuulennopeuden mukaan kokemusperäisesti jopa yli 60 dB:n tasolle [18].

Ilmakehän pystysuuntaisen stabiilisuuden ja ilmavirran turbulenssin vaihtelut vuorokauden eri aikoina voivat vaikuttaa tuulisuuden tasoon eri korkeuksilla [16]. Ilmakehän neutraalin stabiilisuuden vallitessa 8 m/s tuulennopeus 10 metrin korkeudella vastaa korkeudella 100 m nopeutta 12 m/s, korkeudella 160 m nopeutta 14 m/s ja korkeudella 200 m nopeutta 15 m/s.

Moderneissa tuulivoimalaitoksissa melun lähtöäänitاسoa voidaan kontrolloida erillisellä optimointisäädöllä, jonka avulla kellonajan, tuulensuunnan ja tuulennopeuden mukaan säädetään lapakulmaa haluttuun pyörimisnopeuteen ja melutasoon. Tällä säädöllä on kuitenkin vaikutuksia voimalan sen hetkiseen tuotantotehoon. Modernit voimalamallit sisältävät usein myös siiven jättöreunan sahalaudoituksen, joka vähentää melupäästöä nimellisteholla tällä hetkellä noin 2–3 dB ja tulevaisuudessa vieläkin enemmän serraatioiden tuotekehityksen johdosta [14].

Tarkempia taustatietoja tuulivoimaloiden aiheuttaman melun syntymekanismeista, luonteesta ja vaikutuksista on koottuna julkaisuihin [1], [2] ja [5].

2.2 Melumallinnusohjeistus

Ympäristöministeriö on julkaissut 28.2.2014 ohjeen tuulivoimaloiden melun mallintamiseen [7]. Ohjeessa on annettu tietoja mallinnusmenettelyistä arvioitaessa tuulivoimaloiden aiheuttamaa melukuormitusta ympäristönsuojelulain täytäntöönpanossa ja soveltamisessa sekä maankäyttö- ja rakennuslain mukaisissa menettelyissä. Ohjeissa määritellään yksityiskohtaisesti käytettävät mallit, niiden parametrit ja lähtötiedot sekä tulosten esittämistavat. Yksityiskohtainen ohjeistus on koettu tarpeelliseksi, jotta mallinnustulokset olisivat aina tekijöistä riippumatta vertailukelpoisia keskenään. Tämän raportin melumallinnus on toteutettu ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisesti.

Melumallinnuksen lähtötietona tulisi käyttää teknisen spesifikaation IEC TS 61400-14 mukaista tuulivoimalan melupäästön tunnusarvoa (declared value) L_{WAd} . Se määritellään standardin IEC 61400-11 mukaisissa mittauksissa äänitehotasoksi, jonka varmuus melupäästön mahdollisessa verifiointissa on 95 %. Tunnusarvo koostuu mitatusta keskimääräisestä äänitehotasosta L_{WA} sekä varmuusarvosta K, joka vastaa tuulivoimalatyypin melutason vaihteluväliä 95 %:n varmuudella.

Äänitehotasot on ilmoitettava 1/3-oktaaveittain keskitaajuuksilla 20–10000 Hz ja oktaaveittain keskitaajuuksilla 31,5–8000 Hz, ja ne tulee olla saatavilla 10 m:n referenssikorkeutta vastaavilla tuulen nopeuksilla 8 m/s ja 10 m/s. Melumallinnuksen epävarmuus on tarkastelussa ja ohjeistuksessa sisällytetty laskennassa käytettyyn tuulivoimaloiden melupäästön arvoon, jolloin mallinnustuloksia voidaan suoraan verrata suunnitteluohjeistuksiin ilman erillistä epävarmuus-tarkastelua, ja äänen etenemisen ja ympäristöolosuhteiden mallinnukseen voidaan käyttää vakioituja sää- ja ympäristöolosuhtearvoja.

Melun häiritsevyyteen vaikuttaa äänitasojen lisäksi melupäästöön mahdollisesti liittyvät erityisen häiritsevät melukomponentit: melun kapeakaistaisuus, melun impulssimaisuus ja merkityksellinen sykintä (nk. amplitudimodulaatio). Melun impulssimaisuuden ja merkityksellisen sykinän vaikutukset oletetaan sisältyvän valmistajan ilmoittamiin melupäästön tunnusarvoihin, eikä mallinnusohjeistuksessa edellytetä niiden erillistä tarkastelua.

Äänen etenemislaskennassa käytetään ohjeen mukaisia standardiin ISO 9613-2 perustuvia sää- ja ympäristöolosuhtearvoja. Maaston pinnan laatu ja muoto otetaan mallinnuksessa erillisinä huomioon. Lisäksi matalataajuisen äänen eteneminen tulee mallintaa erikseen ohjeistuksessa

määritellyn erillislaskennan avulla, joka perustuu Tanskassa annettuun ohjeistukseen, jonka parametreja on mukautettu Suomen olosuhteisiin [3]. Laskennassa otetaan huomioon geometrinen etäisyysvaimennus sekä ohjeistuksen mukaiset ilmankäytön absorption ja maastovaikutuksen parametrit. Matalataajuisen äänen tarkastelu tehdään erikseen 1/3-oktaaveittain taajuusalueella 20–200 Hz melulle merkittävimmin altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella. Laskennan tarkoituksena on tuottaa tieto ulkomelutasoista terssikaistoittain, ja niiden perusteella voidaan arvioida rakennuksen sisämelutaso oletetulla ääneneristävyydellä.

2.3 Ohjearvot

Valtioneuvoston 1.9.2015 voimaan astunut asetus 1107/2015 määrittää tuulivoimaloiden aiheuttaman ulkomelutason ohjearvot [10]. Päätöstä sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyisyyden turvaamiseksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyissä. Ohjearvot määritetään melun A-painotettuina päivä- (klo 07–22) ja yöajan (klo 22–07) ekvivalenttimelutasoina ulkoalueille asumiseen käytettävillä alueilla. Valtioneuvoston asetus korvaa aiemmat ympäristöministeriön suosittelemat suunnitteluarvot tuulivoimaloiden ulkomelutasoille [8].

Valtioneuvoston aiemmassa melutasoihin liittyvässä päätöksessä 993/1992 on annettu luonnonsuojelualueille päiväajan ohjearvo 45 dB(A) ja yöajan ohjearvo 40 dB(A) [9]. Tuulivoimameluasetuksen 1107/1/2015 perustelumauktion mukaan asetusta ei sovelleta kaikilla luonnonsuojelualueilla, vaan ainoastaan yleiselle virkistyskäytölle tärkeillä luonnonsuojelualueilla, joille on rakennettu käyttöä palvelevia polkuja ja muita rakenteita. Aiemman melupäätöksen 993/1992 luonnonsuojelualueiden ohjearvoja ei siis tuulivoimamelun osalta sovellettaisi.

Kun laskennallisia melutasoja verrataan valtioneuvoston asetuksen ohjearvoihin, laskettuun melutasoon ei tehdä korjausta melun impulssimaisuuden tai kapeakaistaisuuden vuoksi. Ympäristöministeriön melumallinnusohjeistuksen [7] mukaan näiden vaikutusten oletetaan lähtökohtaisesti sisältyvän valmistajan ilmoittamiin melupäästön tunnusarvoihin, joita käytetään laskennan lähtötietoina. Sen sijaan valvonnan yhteydessä tehtäviin mittaustuloksiin lisätään 5 dB ennen valtioneuvoston ohjearvoon vertaamista, mikäli tuulivoimalan ääni sisältää kapeakaistaisia tai impulssimaisia komponentteja.

Valtioneuvoston ohjearvot on koottu taulukkoon (Taulukko 2).

Taulukko 2: Mallinnustulosten arvioinnissa sovellettavat valtioneuvoston asetuksen mukaiset ohjearvot.

Tuulivoimamelun ohjearvot	LA _{eq} päiväajalle (klo 7–22)	LA _{eq} yöajalle (klo 22–7)
Pysyvä asutus, Loma-asutus, Hoitolaitokset, Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Oppilaitokset, Virkistysalueet	45 dB	-
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Sosiaali- ja terveysministeriö on määrittänyt 15.5.2015 voimaan astuneessa asumisterveysasetuksessa toimenpiderajat matalataajuiselle yöaikaiselle melulle sisätiloissa [6]. Melun toimenpiderajat on annettu terssikaistoittain painottamattomille tunnin keskiäänitasoille, ja ne on lueteltu taulukossa (Taulukko 3). Ohjeistuksen mukaiset mallinnustulokset vastaavat matalataajuisen melun tasoa ulkotiloissa, joten ne eivät ole suoraan verrannollisia Asumisterveysasetuksen

arvoihin. Ulkomelutasojen avulla voidaan kuitenkin arvioida sisämelutasoja, kun rakennuksen vaipan ääneneristävyys tunnetaan riittävällä tarkkuudella.

Taulukko 3: Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat sisämelulle terssikaistoittain. Desibeliarvot ovat taajuus-painottamattomia.

Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Äänitaso $L_{eq,1h}$ [dB]	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

2.4 Sisämelutasojen arviointi

Asumisterveysasetuksessa 545/2015 annetaan matalien taajuuksien 20–200 Hz tunnin keskiäänitasojen (Taulukko 3) lisäksi toimenpiderajat päivä- ja yöajan kokonaismelutasoille sisätiloissa. Päiväaikainen (klo 07-22) keskiäänitaso ei saa ylittää 35 dB(A) ja yöaikainen (klo 22-07) keskiäänitaso 30 dB(A). Lisäksi yöaikainen musiikkimelu tai muu vastaava mahdollisesti unhäiriötä aiheuttava melu, joka erottuu selvästi taustamelusta, ei saa ylittää 25 dB yhden tunnin keskiäänitasona $L_{eq,1h}$ mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

Ympäristöministeriön melumallinnusohjeet eivät sisällä erillisiä ohjeita sisämelun kokonaisäänitason mallintamiseksi. Yöajan sisämelun toimenpiderajojen oletetaan kuitenkin alittuvan, mikäli melumallinnuksen antamat ulkomelutasot sekä matalataajuisen sisämelun tasot alittavat valtioneuvoston asetuksen ja asumisterveysasetuksen ohjearvot. Ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 mukaan uudisrakennusten ulkovaipan ääneneristykseen on oltava vähintään 30 dB. Jos tuulivoimaloiden aiheuttama ulkomelutaso alittaa 40 dB(A), niin sisämelutaso pysyy uudisrakennuksilla selkeästi toimenpiderajan alapuolella. Vanhemmat rakennukset eivät kuitenkaan välttämättä toteuta uuden asetuksen vaatimustasoa.

Suomalaisten asuinrakennusten ääneneristävyttä on tutkittu artikkelissa [4], jossa on esitetty taajuuskohtaiset äänitasoerot matalille taajuuskaistoille 20-200 Hz. Artikkelin arvot (Taulukko 6) on määritetty tilastollisesti niin, että ne ylittyvät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja niitä on käytetty tässä selvityksessä matalataajuisen sisämelutasojen arviointiin. Rakennusten ilmajärjestyksen keskimääräinen profiili kasvaa korkeammille taajuuksille mentäessä, jonka perusteella mallinnusohjeistuksen mukainen sisämelujen arviointi tehdään vain matalille taajuuksille. Jos matalataajuisen sisämelun tasojen todetaan pysyvän annetuissa toimenpiderajoissa, myös kokonaismelun tasot pysyvät todennäköisesti raja-arvojen alapuolella.

3 Tuulivoimakohteen melumallinnus

3.1 Keskiäänitasojen LAeq mallinnus

Tuulivoimaloiden aiheuttaman keskiäänitason mallinnus on suoritettu laskentastandardin ISO 9613-2 mukaisesti AFRY Numerola -mallinnusohjelmistolla. Mallinnuksessa on käytetty voimalatyyppin V162 7,2 MW (with serrated trailing edges) taajuusjakauma. Taajuusjakauma on saatu seuraavasta voimalavalmistajan dokumentista:

- Third octave noise emission EnVentusTM 162-7.2MW 50/60 Hz. Document no. 0116-1715_00. 2022-01-07.

Dokumenttia varten tuulivoimalatyyppin V162 testimittauksia ei ollut saatavilla. Esitetyt melutasot perustuvat tuulivoimalatyyppillä V136 tehtyihin mittauksiin, joiden perusteella V162:n melutasoja on arvioitu dokumentissa esitetyllä tavalla. Dokumentissa esitetyn taajuusjakauman melutaso perustuu standardin IEC 61400-11 mukaisiin mittauksiin. Ilmoitettuun melutasoon on lisätty ympäristöministeriön 14.9.2016 antaman lisäohjeistuksen mukainen 2 dB:n varmuusarvo [11]:

”Takuuarvoa ei ole aina esitetty dokumentissa IEC 61400-14 standardin määrittämällä tavalla ja takuuarvo joudutaan tällöin arvioimaan hankekehittäjän tai meluselvitystä tekevän konsultin toimesta. Tässä tapauksessa laskeminen tulee suorittaa IEC 61400-14 mukaisesti. Mikäli takuuarvoa ei ole mahdollista määrittää standardin IEC 61400-14 mukaisesti, tulee tuulivoimalan melupäästön lukuarvoon lisätä varmuusarvona 2 dB takuuarvon saamiseksi.”

Tuulivoimalatyyppin V162 7,2 MW PO7200 ilmoitettu maksimiäänitehotaso on 105,5 dB(A), ja mallinuksissa on käytetty äänitehotasoa 107,5 dB(A). Mallinuksissa käytetyt taajuusjakaumat vastaavat tuulen nopeutta 15 m/s napakorkeudella, jonka arvioidaan vastaavan melumallinnusohjeistuksen mukaista referenssinopeutta 8 m/s 10 m korkeudella. Tuulivoimaloiden melun impulssimaisuuteen tai amplitudimodulaatioon liittyvää sanktiota ei ole käytetty mallinuksissa.

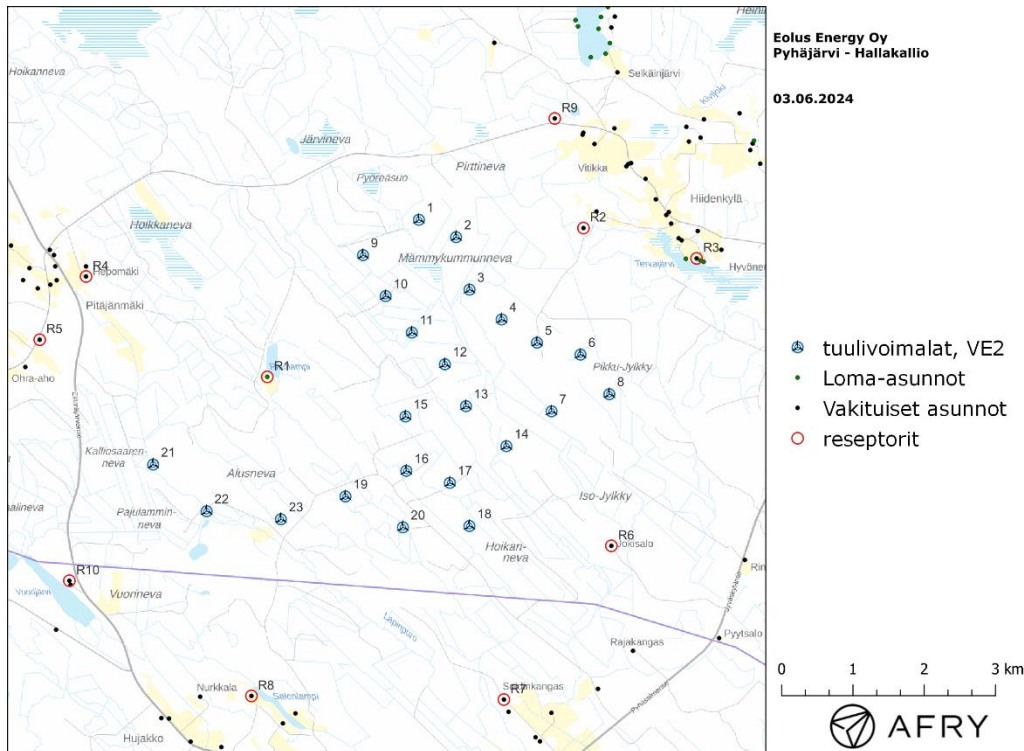
Tuulivoimatyyppien melupäästön kapeakaistaisuuden arvioinnissa on käytetty ympäristöministeriön raportissa Ympäristömelun mittaaminen [12] esitettyä yksinkertaista menetelmää, joka perustuu äänitehotasojen vertailuun terssikaistoittain (1/3-oktaaveittain). Melun tulkitaan olevan kapeakaistaista, mikäli ainakin yhden terssikaistan äänitehotaso on vähintään 5 dB suurempi kuin välittömästi kyseisen kaistan ala- ja yläpuolella olevien terssikaistojen tasot. Luvussa 9 esitettyjen melun taajuusjakaumien mukaan tämä ehto ei toteudu, joten melun kapeakaistaisuuteen liittyvää sanktiota ei ole käytetty.

Maaston korkeusaineistona on käytetty Maanmittauslaitoksen aineistoa *Korkeusmalli 2 m*, jonka pystysuuntainen tarkkuus on 0,3 m ja vaakasuuntainen resoluutio 2 m. Melutasot tuulivoimaloiden ympäristössä laskettiin hilapisteistöön, jonka korkeus on (ohjeistuksen mukaisesti) 4 m maanpinnasta ja vaakaresoluutio 10 m. Ilmakehän absorption aiheuttama vaimennus, äänen suuntaavuus ja sääolosuhteiden vaikutus äänen etenemiseen on määritetty ympäristöministeriön ohjeistusten mukaisesti. Tuulivoimalan sijoituspaikan ympäristössä maaston vaikutuskerroin on ollut maa-alueilla 0,4 ja vesialueilla 0,0. Mallinnusohjeistuksen mukaisesti tuulivoimalan melupäästöön lisätään 2 dB, mikäli voimalan ja melulle altistuvan kohteen välinen korkeusero ylittää 60 m. Akustisen laskennan lähtötiedoista ja parametreista on tehty yhteenveto lukuun 9.

Taulukossa (Taulukko 4) on määritelty tuulivoimaloiden ympäristöstä 10 rakennusta, joiden kohdilla keskiäänitason LAeq ja matalataajuuden melun tasoja tarkastellaan tarkemmin. Rakennusten sijaintipisteitä kutsutaan reseptoripisteiksi, ja niiden paikat suhteessa tuulivoimaloihin on esitetty kartta-pohjalla (Kuva 3). Kiinteistöt sijaitsevat noin 2 km etäisyydellä lähimmistä voimaloista.

Taulukko 4: Reseptorien koordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa.

Reseptori	E	N	Maaston korkeus [m]	Rakennusluokitus
R1	430641	7047365	165,5	lomarakennus
R2	435076	7049448	153,4	vakituinen asuinrakennus
R3	436663	7049023	151,1	vakituinen asuinrakennus
R4	428099	7048770	194,2	vakituinen asuinrakennus
R5	427450	7047884	190,6	vakituinen asuinrakennus
R6	435467	7044998	148,1	vakituinen asuinrakennus
R7	433960	7042846	135,7	vakituinen asuinrakennus
R8	430419	7042897	156,2	vakituinen asuinrakennus
R9	434673	7050982	160,3	vakituinen asuinrakennus
R10	427866	7044510	146,5	vakituinen asuinrakennus



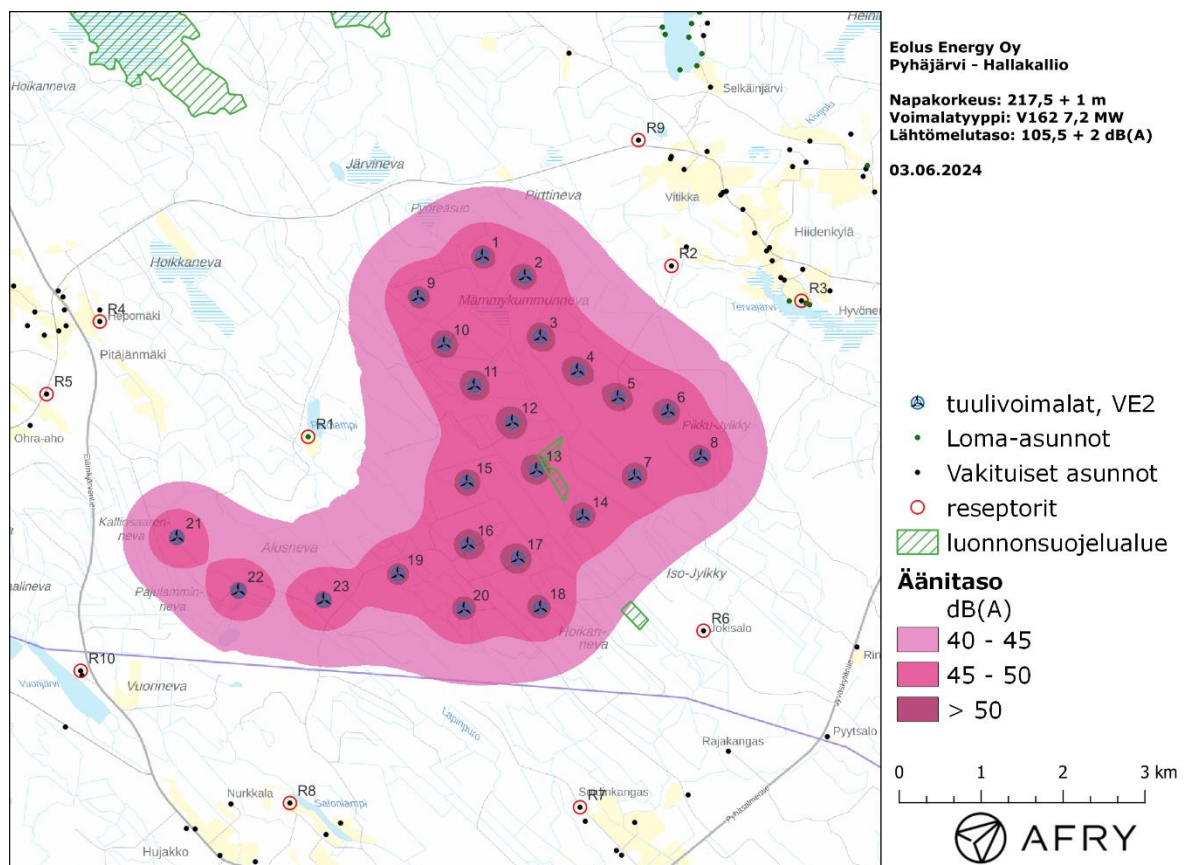
Kuva 3: Reseptorien paikat tuulivoimapaiston hankealueella.

Meluvaikutus

Tuulivoimaloiden aiheuttama mallinnettu keskiäänitaso L_{Aeq} on esitetty karttakuvana (Kuva 4). Alueen rakennustieto perustuu Maanmittauslaitoksen maastotietokannan aineistoon, jossa on eritelty alueen asuinrakennukset ja loma-asunnot. Karttakuvaan on merkitty keskiäänitasojen 40 dB(A), 45 dB(A) ja 50 dB(A) mukaiset vyöhykkeet, joita käytetään apuna tulosten arvioinnissa.

Keskiäänitasot reseptoreiden kohdilla on lueteltu taulukossa (Taulukko 5). Mallinnustulosten perusteella keskiäänitasot jäävät valtioneuvoston asetuksen 40 dB(A):n ohjearvojen alapuolelle kaikkien alueen asuin- ja lomarakennusten kohdilla. Korkein melutaso saavutetaan reseptoripisteessä R1, joka on Palolammen rannalla sijaitseva loma-asunto.

Karttakuvissa on lisäksi esitetty hankkeen ympäristössä sijaitsevat luonnonsuojelualueet. Luonnonsuojelualueisiin sovelletaan päätöksen 993/1992 mukaista 45 dB(A) melun ohjearvoa. Alueen keskellä voimalan T13 vieressä on yksityisessä omistuksessa oleva Metsä-Mutkalan luonnonsuojelualue, jossa 45 dB:n melutaso ylittyy. Tämä ei kuitenkaan ole yleisessä virkistyskäytössä oleva alue, eikä tuulivoimalle asetetut ohjearvot tällä perusteella ylity.



Kuva 4: Keskiäänitasot L_{Aeq} Hallakallion tuulivoimapaiston suunnitelmalla VE2.

Taulukko 5: Keskiäänitasot LAeq reseptoripisteiden kohdilla.

Reseptori	Äänitaso dB(A)
R1	37,3
R2	37,5
R3	33,7
R4	28,9
R5	29,0
R6	35,5
R7	31,3
R8	31,0
R9	33,1
R10	31,4

3.2 Matalataajuisen melun mallinnus

Matalataajuisen melun laskenta on suoritettu ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisesti [7]. Laskennan lähtötietona on käytetty samoja valmistajan ilmoittamia melun taajuusjakaumia kuin keskiäänitasojen mallinnuksessa, mutta rajoittuen 1/3-oktaaveittain taajuuksille 20–200 Hz. Matalataajuisen melun laskenta suoritetaan taajuuspainottamattomilla melutasoilla.

Meluvaikutus

Matalataajuisen melun arvioinnissa käytetään Suomen asumisterveysasetuksessa määriteltyjä taajuuskohtaisia arvoja, jotka antavat toimenpiderajat matalataajuisen melun yöaikaisille sisämelutasoille (Taulukko 3). Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen mallinnus antaa matalataajuisen ulkomelun tasot voimaloita lähimpien kiinteistöjen kohdilla. Tulokset eivät siis ole suoraan vertailukelpoisia asumisterveysasetuksen arvoihin, vaan tuloksinna pitää huomioida myös rakennusten ulkovaipan ääneneristävyys.

Ympäristöministeriön ohjeiden mukainen matalataajuisen melun laskenta perustuu Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa esitettyyn menetelmään [3], jonka parametreihin on tehty joitakin Suomen olosuhteisiin perustuvia tarkennuksia. Tanskan menetelmässä on määritelty rakennuksesta aiheutuva äänitasoero (ΔL_o) taajuuskaistoittain, jolloin saadaan laskettua myös sisämelutasot ja toimenpiderajoihin verrannolliset mallinnustulokset.

Tässä raportissa käytetyt rakennusten parametrit perustuvat tutkimukseen suomalaisten pientalojen äänieristävyyden arvoista [4]. Turun ammattikorkeakoulussa tehdyssä tutkimuksessa esitetyt arvot perustuvat suomalaisissa pientaloissa tehtyihin mittauksiin, joiden avulla on johdettu tilastollinen estimaatti talojen ääneneristävyyksille eri taajuuksilla. Artikkelin [4] äänitasoerot ylittyvät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja ne ovat selkeästi alhaisempia kuin Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa annetut arvot. Ne antavat siten konservatiivisen arvion rakennusten aiheuttamalle ääneneristävyydelle, ja tässä raportissa vertailurakennusten matalataajuisia sisämelutasoja arvioidaan käyttäen näitä alempia äänitasoeroja. Taulukossa (Taulukko 6) on esitetty sekä Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa että artikkelissa [4] annetut äänitasoerot.

Taulukko 6: Rakennuksen äänitasoerot taajuuskaistoittain.

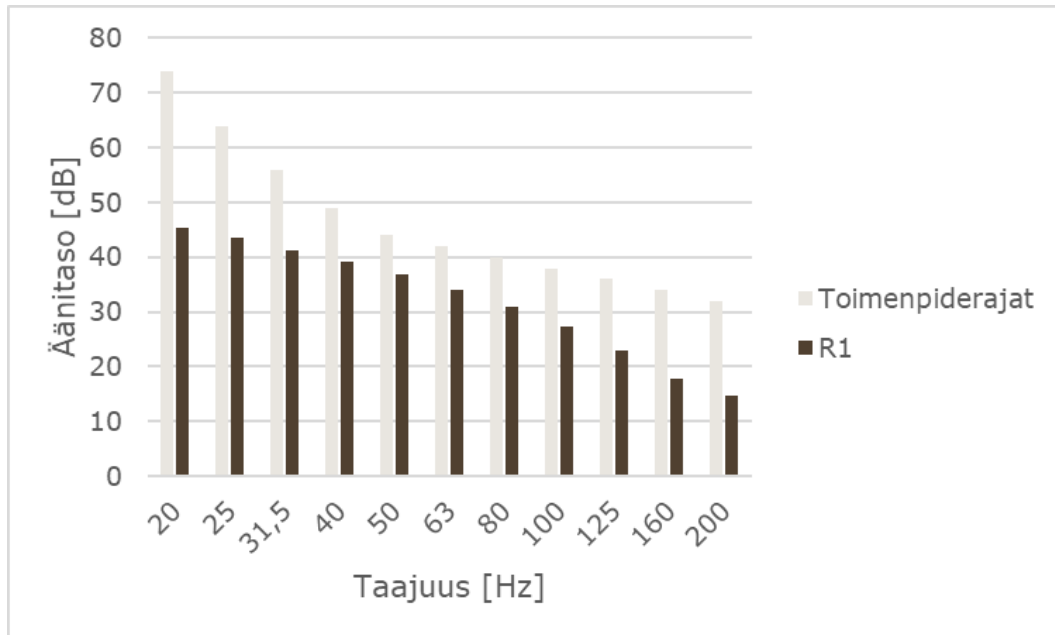
Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Äänitasoero [dB] (Tanskan ohjeistus)	6,6	8,4	10,8	11,4	13,0	16,6	19,7	21,2	20,2	21,2	-
Äänitasoero [dB] (viite [4])	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Melutasoja tarkastellaan aiemmin määriteltyjen reseptoreiden paikoilla. Lisäksi lasketaan sisämelutasot eniten melulle altistuvassa kohteessa käyttäen alempia äänitasoeroja (Taulukko 6) ja verrataan näitä tuloksia asumisterveysasetuksen arvoihin. Tuulivoimaloiden aiheuttama matalataajuinen ulkomelutaso reseptoreiden kohdilla taajuuskaistoittain ja ilman taajuuspainotusta on lueteltu taulukossa (Taulukko 7). Taulukkoon on eritelty ohjeistuksen mukaisesti lasketut ulkotilojen melutasot.

Korkeimmat matalataajuisen melun tasot kohdistuvat reseptoriin R1. Tämän pisteen kohdalla laskettuja sisämelutasoja on verrattu Asumisterveysasetuksen arvoihin kuvassa (Kuva 5). Kun otetaan huomioon rakennuksien ääneneristävyys, melutasot jäävät toimenpiderajojen alapuolelle koko taajuusvälillä.

Taulukko 7: Matalataajuisen ulkomelun äänitasot (dB) reseptoreiden kohdilla suunnitelmalla VE2.

taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	53,1	51,7	50,5	49,4	48,3	47,1	45,7	44,1	41,8	38,8	37,4
R2	52,8	51,5	50,3	49,1	48,0	46,9	45,4	43,8	41,6	38,6	37,2
R3	50,1	48,8	47,5	46,4	45,2	44,1	42,6	40,9	38,5	35,3	33,7
R4	47,6	46,2	45,0	43,8	42,6	41,4	39,8	38,0	35,5	32,1	30,1
R5	47,4	46,0	44,7	43,6	42,4	41,2	39,6	37,8	35,3	31,9	30,0
R6	51,6	50,2	49,0	47,9	46,7	45,6	44,1	42,5	40,2	37,1	35,6
R7	48,9	47,6	46,4	45,2	44,0	42,8	41,3	39,6	37,1	33,8	32,1
R8	48,6	47,3	46,0	44,9	43,7	42,5	41,0	39,3	36,8	33,5	31,8
R9	49,9	48,6	47,4	46,2	45,1	43,9	42,4	40,7	38,3	35,1	33,5
R10	48,3	46,9	45,7	44,5	43,4	42,2	40,6	38,9	36,5	33,3	31,6



Kuva 5: Matalataajuisten sisämelun tasot reseptorin R1 kohdalla suunnitelmalla VE2.

4 Tuulivoimaloiden välke

4.1 Välkevaikutus

Välkevaikutuksella tarkoitetaan tilannetta, jossa Auringon paisteen ja tarkastelupisteen väliin jäävän voimalan lavat aiheuttavat välkkyvän varjon. Välke voi ulottua pisimmillään 1–3 km etäisyydelle voimalasta. Välkevaikutuksen etäisyyteen ja keston vaikuttavat tuulivoimalan korkeus ja roottorin halkaisija, vuoden- ja vuorokaudenaika, maaston muodot sekä näkyvyyttä rajoittavat tekijät kuten kasvillisuus ja pilvisuus.

Suomen sijainnin vuoksi yksittäisen tuulivoimalan välkevaikutus kohdistuu valtaosin voimalan pohjoispuolelle (päiväaika) sekä lounais- ja kaakkoispuolille (aamu- ja iltatimet). Suomessa voimala aiheuttaa välkevaikutusta eteläpuolelleen vain pohjoisen napapiirin pohjoispuolella.

Välkevaikutuksen laskenta voi perustua joko teoreettisen maksimivälkkeen tai todennäköisen tilanteen mallinnukseen:

- Teoreettisen maksimivälkkeen laskennassa oletetaan, että päiväaikaan Aurinko paistaa jatkuvasti, tuulivoimalan roottori pyörii jatkuvasti, ja roottori on aina kohtisuorassa Aurinkoa kohden.
- Todennäköisen tilanteen mallinnuksessa otetaan huomioon paikallinen tilastollinen aineisto auringonpaisteen määrästä ja ajoittumisesta sekä tuulen suuntien ja nopeuksien jakautumisesta.

Tämän selvityksen väkelaskenta on tehty mallintamalla sekä todennäköinen välkeaika että teoreettinen maksimivälke.

4.2 Välkkeen rajoittaminen

Välkevaikutusta voidaan vähentää voimalakohtaisella välkkeen hallintatyökalulla (shadow flicker protection system), joka sisältää valoanturin ja välkkeenhallintasovelluksen. Työkalun avulla voimala voidaan pysäyttää joko havaitun auringonpaisteen perusteella ja/tai haluttuina vuoden- ja kellon-aikoina. Pysäytetty voimala ei aiheuta välkettä.

4.3 Arvioinnin epävarmuudet

Mallinnettu todennäköinen välkevaikutus perustuu auringonpaisteen ja tuulisuuden tilastolliseen aineistoon. Yksittäisen vuoden sääolosuhteet saattavat poiketa merkittävästi keskimääräisistä olosuhteista, jolloin vuotuinen välkevaikutus voi poiketa mallinnetusta arvosta. Auringonpaisteen aineisto on saatu Pelmaan sääasemalta, josta etäisyys hankealueeseen on noin 150 km.

Mallinnuksessa ei ole huomioitu paikallisen puuston vaikutusta voimaloiden näkyvyyteen ja välkevaikutukseen. Puusto voi rajoittaa merkittävästi näkyvyyttä tuulivoimaloille ja vähentää vuotuista välkevaikutusta. Puuston näkyvyyttä peittävä vaikutus vaihtelee kuitenkin vuosien ja vuodenaikojen suhteen, minkä vuoksi puuston välkettä vähentävää vaikutusta ei pystytä arvioimaan tarkasti.

Rakennuksiin kohdistuvan välkkeen laskennassa käytetään ns. kasvihuone-oletusta, jolloin rakennukseen kohdistuva välkevaikutus huomioidaan riippumatta suunnasta. Välkevaikutuksen laskennallinen arvio kuvaa siis välkevaikutusta ulkona. Rakennusten sisätiloissa välkevaikutus on yleensä vähäisempi, koska välkevaikutus kohdistuu rakennuksen sisätiloihin vain ikkunoiden suunnasta.

4.4 Ohjearvot

Tuulivoimaloiden välkevaikutukselle ei ole Suomessa määritelty ohjearvoja. Ympäristöministeriön ohjeissa tuulivoimapuiston suunnitteluun suositellaan käytettäväksi muiden maiden suosituksia välkemäärien osalta [8]. Tanskassa on määritetty vuotuisen väketuntimäärän suositusarvoksi 10 h. Ruotsissa vastaava suositusarvo on 8 h ja korkeintaan 30 min päivässä [20]. Näiden ohjearvojen käyttö edellyttää todennäköisen väketilanteen laskentaa. Mikäli väketuntien arvioinnissa käytetään laskennallista maksimituntimäärää, voidaan vuotuisen välkevaikutuksen ohjearvona käyttää Saksassa käytettävää 30 h raja-arvoa. Tässä raportissa mallinnettujen väketasojen arvioinnissa käytetään Ruotsin suunnitteluohjeissa annettuja ohjearvoja todennäköisen välkkeen tapauksessa. Teoreettisen maksimivälkkeen arvioinnissa käytetään Saksan 30 tunnin raja-arvoa vuodessa ja 30 minuuttia päivässä.

5 Tuulivoimakohteen välkemallinnus

5.1 Mallinnusmenetelmä ja lähtöaineisto

Tuulivoimaloiden aiheuttama välkevaikutus (shadow flicker) arvioitiin AFRY Numerola mallinnusohjelmistolla. Ohjelmiston laskentamalli huomioi auringon paikan vuoden eri aikoina, tuulivoimalueen ja sen ympäristön maastonmuodot sekä tuulivoimaloiden dimensiot. Laskennan tuloksena saadaan tieto siitä, kuinka monta tuntia vuodessa alueen eri kohteet ovat välkevaikutuksen alaisena. Tulosta havainnollistetaan tasa-arvokäyrästä, jonka perusteella voidaan arvioida varjostusvaikutusta tarkastelualueella.

Tarkastelualueiden maanpinnan korkeuserot on saatu Maanmittauslaitoksen aineistosta *Korkeusmalli 10 m*. Korkeusdatan vaakaresoluutio on 10 m ja pystysuorainen tarkkuus 1,4 m. Laskennassa huomioitiin korkeuserot siten, että jos Auringon, tuulivoimalan ja tarkastelupisteen kautta kulkeva jana leikkaa maanpintaa, niin varjostusta ei esiinny. Välkevaikutus laskettiin 2 m korkeudelle. Auringonpaistekulman rajana horisontista käytettiin kolmea astetta, jonka alle menevää säteilyä ei oteta huomioon varjostuksessa.

Tuulivoimalan lapojen aiheuttama varjo heikkenee asteittain liikuttaessa etäämmälle voimalasta, eikä tietyn etäisyyden jälkeen varjo ole enää ihmissilmin havaittavissa. Tämä etäisyys riippuu tuulivoimalan lavan leveydestä, ja esimerkiksi Ruotsin tuulivoimarakentamisen suunnitteluohjeistuksessa määritellään, että välkevaikutus huomioidaan mikäli lapa peittää vähintään 20 % Auringosta. Käytännössä tämä asettaa lavan leveydestä riippuvan maksimietäisyyden yksittäisen tuulivoimalan aiheuttamalle välkevaikutukselle, eikä sen ulkopuolella välkevaikutusta ole.

Yleensä väkelaskennan maksimietäisyyden laskenta perustuu lavan keskimääräiseen leveyteen, joka määrää maksimietäisyyden. Käytännössä tuulivoimalan lapa ei ole vakiolevyinen: Levein kohta sijaitsee lähellä tuulivoimalan napaa, ja lapa kapenee huomattavasti kärkeä kohti liikuttaessa. Tällä perusteella lavan tyven välkevaikutus ulottuu huomattavasti pidemmälle kuin lavan kärjen, mikäli arviointiperusteena käytetään Auringon peittoastetta. Tässä selvityksessä väkelaskennassa ei ole käytetty tavanomaista maksimietäisyyttä, vaan on huomioitu tuulivoimalan muuttuva lapaprofiili.

Väkelaskennassa Hallakallion voimaloille on käytetty napakorkeutta 217,5 m ja roottorin halkaisijaa 185 m. Tuulivoimaloille on käytetty tuulivoimalatyyppin Vestas V162 lapaprofiilia skaalattuna roottorin halkaisijalle 185 m. Profiilia on samalla levennetty siten, että lavan levein kohta on 4,5 m (V162:n lapaprofiilin levein kohta on 4,3 m). Lapaprofiilia on arvioitu tuulivoimalavalmistajan toimittamien tietojen perusteella. Laskentamenetelmän yksityiskohdat on kuvattu luvussa 7.

Todelliseen välkevaikutukseen vaikuttavat tuulivoimaloiden käyttöaste, puusto ja paikallinen säätila (pilvisuus ja tuulisuus). Jos esimerkiksi tuulen suunta on kohtisuorassa auringon ja tarkastelupisteen välistä linjaa vasten, ei varjostusvaikutusta esiinny. Varjostuksen laskennassa tuulivoimaloiden orientaatio voidaan määrittää, jolloin roottori oletetaan tiettyyn suuntaan asetetuksi ympyrätasoksi. Todennäköisen välkevaikutuksen laskenta on suoritettu kuudella eri tuulivoimalan orientaatiolla. Tämä vastaa 12 tuulen suuntasektorin varjostustuloksia, sillä vastakkaiset tuulensuunnat aiheuttavat välkkeen kannalta efektiivisesti saman roottorin orientaation. Kullakin tuulen suunnalla laskettua välketuntimäärää on skaalattu Suomen tuuliatlaksesta [21] saatavan suuntasektorin esiintymisfrekvenssillä ja suuntakohtaisesta nopeusjakaumasta määritellyn tuulivoimalan käyntinopeuksien ajallisella osuudella. Käynnistysnopeutta alemmissa tai pysäytysnopeutta korkeammissa tuulissa tuulivoimalat ovat paikallaan, jolloin roottorin pyörimisestä aiheutuvaa valon välkymistä ei esiinny. Suomen tuuliatlaksen tuulisuusestimaatti on otettu tuulivoima-alueen keskeltä korkeudelta

200 m, ja sen perusteella lasketut suuntasektorikohtaiset osuudet tuulivoimalan käyntinopeusvälille osuville tuulille on lueteltu taulukossa (Taulukko 8).

Paikallinen pilvisyys on huomioitu skaalaamalla eri roottoriorientaatioilla laskettuja varjostusaikoja Seinäjoen Pelmaan sääasemalta mitattujen auringonpaistettuntien suhteellisella osuudella teoreettisesta maksimipaistettuntien määrästä [22]. Sääaseman mittausten perusteella lasketut kuukausittaiset auringonpaisteen todennäköisyydet on koottuna taulukkoon (Taulukko 9). Suuntakohtaisesti skaalatut välketuntimäärät yhteen laskien saadaan arvio todellisesta, säätilan huomioonottavasta välketuntimäärästä tarkastelualueella.

Taulukko 8: Suuntasektorikohtaiset osuudet yli 3 m/s tuulennopeuksille Suomen tuuliatlaksen perusteella.

Suuntasektori	0/180	30/210	60/240	90/270	120/300	150/330
Yli 3 m/s osuus	0,180	0,166	0,153	0,145	0,130	0,164

Taulukko 9: Auringonpaisteen kuukausittaiset todennäköisyydet Pelmaan sääasemalla.

Kuukausi	Auringonpaisteen todennäköisyys
Tammikuu	0,162
Helmikuu	0,291
Maaliskuu	0,398
Huhtikuu	0,423
Toukokuu	0,479
Kesäkuu	0,459
Heinäkuu	0,454
Elokuu	0,414
Syyskuu	0,358
Lokakuu	0,260
Marraskuu	0,150
Joulukuu	0,110

5.2 Välkevaikutus

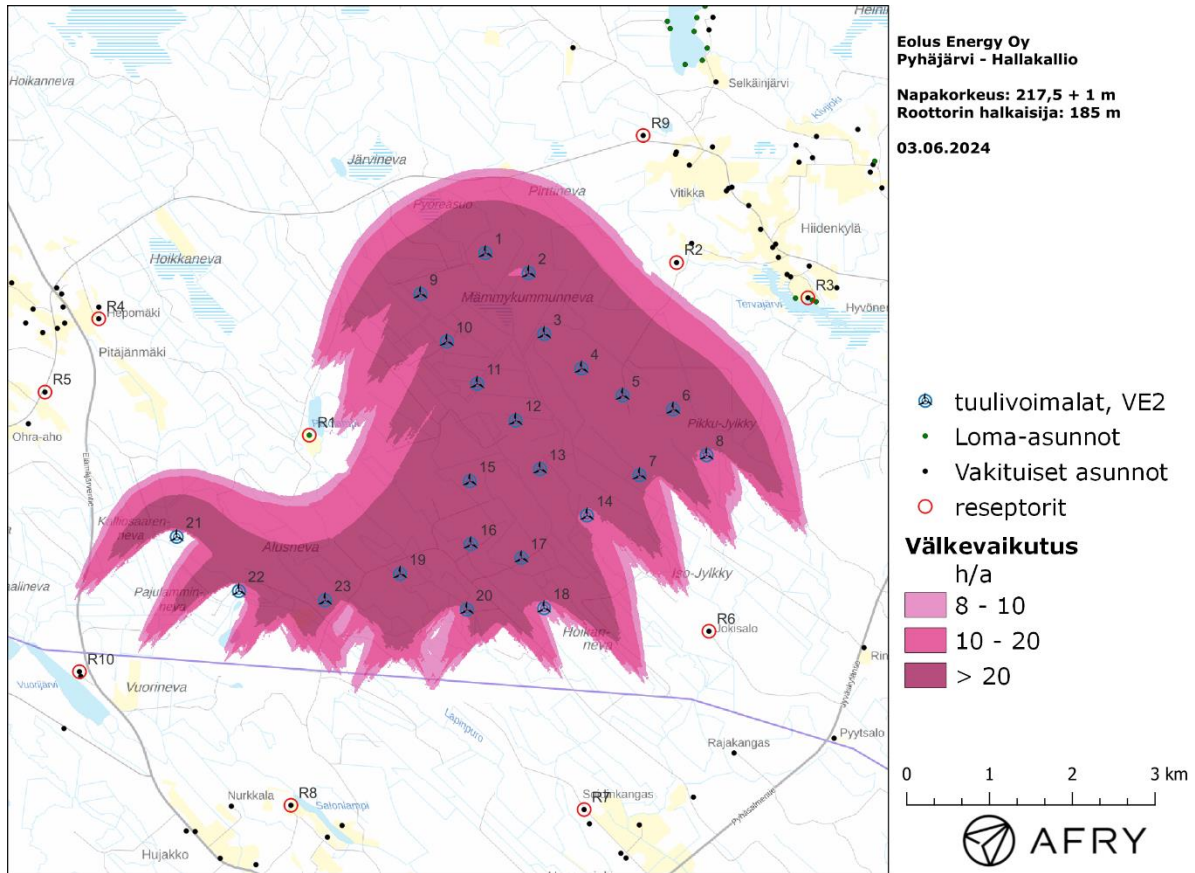
Mallinnettu arvio todennäköisestä välketuntien vuotuisesta määrästä on esitetty karttakuvana (Kuva 6). Mallinnuksessa ei ole huomioitu paikallisen puuston vaikutusta tuulivoimaloiden näkyvyyteen ja välkevaikutukseen. Karttoihin on merkitty ympäristössä sijaitsevat loma- ja asuinrakennukset käyttäen lähtötietona Maanmittauslaitoksen maastotietokannan sisältämiä tietoja.

Taulukossa 10 on esitetty todennäköinen välkevaikutus ja teoreettinen maksimivälke reseptoreiden kohdilla, sekä vuotuisena tuntimääränä että suurimpana päiväkohtaisena välkeaikana. Mallinnusten perusteella todennäköinen vuotuinen välkevaikutus jää alle Ruotsin 8 tunnin ohjearvon ja Tanskan 10 tunnin ohjearvon kaikkien alueen asuin- ja lomarakennusten kohdilla. Myös todennäköisen välkkeen suurin päiväkohtainen määrä jää alle Ruotsin 30 minuutin ohjearvon kaikkien alueen asuin- ja lomarakennusten kohdalla. Teoreettinen vuotuinen maksimivälke jää alle Saksan 30 tunnin raja-arvon. Myös teoreettisen maksimivälkkeen suurin päiväkohtainen arvo jää alle Saksan 30 minuutin raja-arvon kaikkien reseptoreiden kohdilla.

Suurin todennäköinen välkevaikutus kohdistuu reseptorin R1 kohdalla olevaan asuntoon. Todennäköisen välkkeen tarkempi ajoittuminen tämän reseptorin kohdalla on esitetty taulukossa (Taulukko 11). Taulukossa esitetyt kellonajat ovat aikavyöhykkeen UTC+2 mukaisia (Suomen talviaika).

Taulukko 10: Välkeajat tunteina ([h:min]) reseptoreiden kohdilla suunnitelmalla VE2. Taulukossa on esitetty vuotuinen välke aika ja välkeajan suurin päiväkohtainen arvo, sekä todennäköisenä arvona että teoreettisen maksimivälkkeen menetelmällä laskettuna.

Reseptori	Todennäköinen vuotuinen välke	Todennäköinen päiväkohtainen maksimi	Teoreettinen vuotuinen maksimivälke	Teoreettinen päiväkohtainen maksimivälke
R1	4:35	4	26:08	21
R2	4:20	4	22:58	19
R3	0:35	2	3:54	11
R4	0:00	0	0:00	0
R5	0:12	1	1:15	8
R6	2:59	5	11:21	16
R7	0:00	0	0:00	0
R8	0:00	0	0:00	0
R9	0:30	2	3:11	11
R10	0:41	3	2:34	11



Kuva 6: Suunnitelman VE2 todennäköinen vuotuinen välkevaikutus ilman puuston vaikutusta.

Taulukko 11: Todennäköisen välkevaikutuksen ajoittuminen ja kesto ([h:min]) reseptorin R1 kohdalla.

Kellonaika	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	
Tammikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:13	0:02	0:10	0:00	0:00	0:00	0:00	0:25
Helmikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:05	0:17	0:00	0:11	0:02	0:00	0:00	0:00	0:35
Maaliskuu	0:00	0:00	0:00	0:15	0:02	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:17
Huhtikuu	0:00	0:00	0:16	0:05	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:21
Toukokuu	0:00	0:00	0:43	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:43
Kesäkuu	0:00	0:00	0:04	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:04
Heinäkuu	0:00	0:00	0:45	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:45
Elokuu	0:00	0:00	0:16	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:16
Syyskuu	0:00	0:00	0:00	0:18	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:18
Lokakuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:08	0:00	0:00	0:12	0:00	0:00	0:00	0:00	0:20
Marraskuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:07	0:14	0:10	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:31
Joulukuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
Yhteensä	0:00	0:00	2:04	0:38	0:22	0:44	0:12	0:33	0:02	0:00	0:00	0:00	4:35

6 Yhteenveto

Raportissa on esitetty Pyhäjärven kaupungin Hallakallion tuulivoimapuiston ympäristölleen aiheuttaman melu- ja välkevaikutuksen laskennalliset arviot. Vaikutusten arvioinnit on tehty 23 voimalan suunnitelmalle VE2.

Mallinnusten perusteella melutasot alueen loma- ja asuinrakennusten kohdilla jäävät alle valtioneuvoston ohjearvojen. Myös matalataajuisen melun tasot pysyvät kaikkien rakennusten kohdalla asumisterveysasetuksessa asetettujen arvojen alapuolella.

Tuulivoimaloiden välkevaikutukselle ei ole Suomessa määritelty ohjearvoja, ja ympäristöministeriö suosittelee käyttämään muiden maiden ohjearvoja. Mallinnusten mukaan todennäköinen vuotuinen välkevaikutus jää alle Ruotsin 8 tunnin ohjearvon ja Tanskan 10 tunnin ohjearvon alueen kaikkien asuin- ja lomarakennusten kohdilla. Myös todennäköinen päiväkohtainen välkeaika alittaa Ruotsin 30 minuutin ohjearvon kaikkien alueen asuntojen kohdalla. Teoreettinen vuotuinen maksimivälke jää alle Saksan 30 tunnin raja-arvon kaikkien asuntojen kohdilla. Myös teoreettisen maksimivälkkeen päiväkohtainen arvo alittaa Saksan 30 minuutin raja-arvon kaikkien asuntojen kohdilla.

7 Välkevaikutuksen laskentamenetelmä

Välkevaikutuksen laskennassa hyödynnetään taivaanpallon käsitettä, joka on maapallon maantieteellistä koordinaatistoa vastaava kuvitteellinen kuori katsottaessa maapallolta taivaalle. Samalla tavoin kuin paikan sijainti maapallolla voidaan ilmoittaa pituus- ja leveyspiirien avulla, voidaan taivaankappaleiden paikat taivaanpallolla ilmoittaa kahden koordinaatin (rektaskensio ja deklinaatio) avulla. Aurinko kulkee vuoden aikana taivaanpallolla kääntöpiirien väliin asettuvalla nauhalla, ja Auringon esiintymistiheys kyseisellä nauhalla voidaan esittää tiheysfunktiona.

Tiettyyn pisteeseen kohdistuvaa vuotuista välkevaikutusta laskettaessa tarkastellaan sitä osaa taivaanpallosta, joka näkyy pisteeseen tuulivoimaloiden roottorikehien läpi. Näkyvyyden arvioinnissa otetaan huomioon paikallinen maaston korkeusaineisto. Mikäli kääntöpiirien väliin asettuva nauha ei näy roottorikehien läpi, tarkastelupisteeseen ei kohdistu välkevaikutusta. Muussa tapauksessa yksittäisen tuulivoimalan aiheuttamien välketuntien määrä saadaan integroimalla tiheysfunktioita tuulivoimalan roottorikehien läpinäkyvällä taivaanpallon osuudella. Tuulivoimaloiden yhteisvaikutus saadaan summaamalla tuulivoimakohtaiset välketunnit ottaen kuitenkin huomioon mahdolliset päällekkäisyydet roottorikehien peittämässä alueissa. Laskenta suoritetaan erikseen tuulivoimaloiden eri orientaatioille, joita skaalataan suuntakohtaisilla tuulisuusosuuksilla.

Huomioitaessa kuukausittaista (tai muuta lyhytaikaista) vaihtelua auringonpaisteen todennäköisyydessä, taivaanpallon nauha jaetaan vastaaviin osiin Auringon deklinaation mukaan. Tiheysfunktio määritellään näissä osissa erikseen, ja integroinnin tuloksia skaalataan kuukausikohtaisilla todennäköisyyksillä.

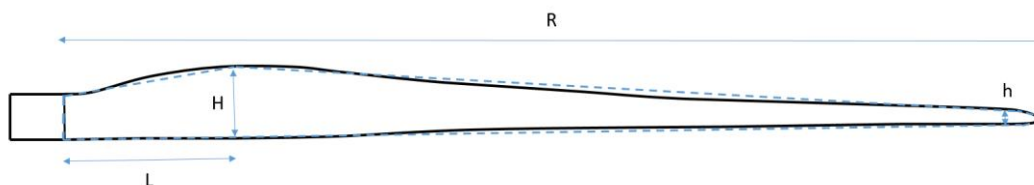
Tuulivoimalan lapojen aiheuttama varjo heikkenee asteittain liikuttaessa etäämmälle voimalasta, eikä tietyn etäisyyden jälkeen varjo ole enää ihmissilmin havaittavissa. Tämä etäisyys riippuu tuulivoimalan lavan leveydestä, ja esimerkiksi Ruotsin ja Saksan tuulivoimarakentamisen suunnitteluohjeistuksessa määritellään, että välkevarjostus huomioidaan, mikäli lapa peittää vähintään 20 % Auringosta. Käytännössä tämä asettaa lavan leveydestä riippuvan maksimietäisyyden yksittäisen tuulivoimalan aiheuttamalle välkevaikutukselle, eikä sen ulkopuolella välkevaikutusta ole.

Kun lavan leveys on w metriä, niin 20 % Auringon peittoon perustuvan välkevarjostuksen maksimietäisyyden määrittämiseen voidaan johtaa laskentakaava

$$\text{maksimietäisyys} = (5 * d * w) / 1'097'780,$$

missä d on etäisyys Aurinkoon (150'000'000 km). Yleensä välkelaskennan maksimietäisyyden laskenta perustuu lavan keskimääräiseen leveyteen, joka määrää maksimietäisyyden. Käytännössä tuulivoimalan lapa ei ole vakiolevyinen: Levein kohta sijaitsee lähellä tuulivoimalan napaa ja lapa kapenee huomattavasti kärkeä kohti liikuttaessa. Tällä perusteella lavan tyven välkevaikutus ulottuu huomattavasti pidemmälle kuin lavan kärjen, mikäli arviointiperusteena käytetään Auringon peittoastetta.

Seuraavassa kaaviokuvassa (Kuva 7) on esitetty yksinkertaistettu malli tyypillisestä profiilista, jossa lavan maksimileveys on H etäisyydellä L lavan tyvestä. Lavan kokonaispituus on R ja lavan leveys 90 % etäisyydellä tyvestä on h . Lavan oletetaan kapenevan lineaarisesti arvosta H arvoon h liikuttaessa maksimikohdasta kärkeen. Tavanomaisesti välkelaskennassa tuulivoimalan keskimääräinen leveys on määritetty parametrien H ja h keskiarvona.



Kuva 7: Tuulivoimalan lavan yksinkertaistettu profiili.

Tämän raportin väkelaskennassa lavan leveys on määritetty useasta kohtaa lapaa, jolloin lavan muoto saadaan kuvattua vielä tarkemmin kuin kahteen leveysarvoon H ja h perustuvassa lineaarisessa approksimaatiossa. Tällä tavoin väkelaskennassa huomioidaan tarkemmin tuulivoimalan muuttuva lapaprofiili, ja saadaan realistisempia tuloksia kuin olettamalla tietty keskimääräinen lavan leveys ja sitä vastaava kiinteä maksimietäisyys.

8 Viitteet

- [1] C. Di Napoli: Tuulivoimaloiden melun syntytavat ja leviäminen, Suomen Ympäristö 4, 2007.
- [2] D. Siponen: Noise Annoyance of Wind Turbines, VTT Research Report VTTR-00951-11, 2011.
- [3] J. Jakobsen: Danish regulation for low frequency noise from wind turbines, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control 31(4), 2012.
- [4] J. Keränen, J. Hakala, V. Hongisto: The sound insulation of façades at frequencies 5–5000Hz, Building and Environment 156, 2019.
- [5] S. Uosukainen: Tuulivoimaloiden melun synty, eteneminen ja häiritsevyys, VTT Tiedotteita 2529, 2010.
- [6] Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Sosiaali- ja terveysministeriö 2015.
- [7] Tuulivoimaloiden melun mallintaminen, Ympäristöhallinnon ohjeita 2|2014. Ympäristöministeriö.
- [8] Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5|2016. Ympäristöministeriö, 2016.
- [9] Valtioneuvoston päätös 993/1992 melutason ohjearvoista. Astui voimaan 1.1.1993.
- [10] Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista. Astui voimaan 1.9.2015.
- [11] Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä. Ympäristöministeriö, 14.9.2016.
- [12] Ympäristömelun mittaaminen. Ympäristöministeriö, Ohje I 1995.
- [13] IECRE - IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications. IECRE.WE.TC.21.0091-R1, EnVentus V162. 20.8.2021, DNV Renewables Certification.
- [14] C. A. León: Trailing Edge Serrations, Effect of Their Flap Angle on Flow and Acoustics. 7th International Conference on Wind Turbine Noise, Rotterdam, 2nd to 5th May 2017.
- [15] M. Gupta, K. Madsen: Advancements in continuous learning for tonality free turbine design. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.
- [16] K. Bolin: The Influence of Background Sounds on Loudness and Annoyance of Wind Turbine Noise. Acta Acustica united with Acustica, Vol 98 (2012) pages 741-748.
- [17] G.P. van den Berg: The sound of high winds: the effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise. Doctoral Thesis, University of Groningen, Holland, 2006.
- [18] D. Halstead, N. Tam: A study of background noise levels measured during far-field receptor testing of wind turbine facilities. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.
- [19] S. Oerlemans, J.G. Schepers: Prediction of wind turbine noise directivity and swish, Proc. 3rd Int. conference on wind turbine noise, Aalborg, Denmark, 2009.
- [20] Boverket: Vindkraftshandboken, Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden, 2009.
- [21] B. Tammelin et al.: Production of the Finnish Wind atlas. Wind Energy, 2011.
- [22] P. Pirinen et al.: Tilastoja Suomen ilmastosta 1981-2010, Ilmatieteen laitos, Raportteja 2012:1

9 Melumallinnuksen tiedot

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT							
Mallinnusraportin numero/tunniste: 101022132-004				Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 3.6.2024			
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: AFRY Finland Oy							
Vastuhenkilöt: Erkki Heikkola							
Laatija: Erkki Heikkola				Tarkastaja/hyväksyjä: Mika Laitinen			
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT							
Mallinnusohjelma ja versio: AFRY Numerola -mallinnusohjelmisto				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2			
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT							
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas				Tyyppi: V162 7.2MW		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 7,2 MW		Napakorkeus: 217,5 m		Roottorin halkaisija: 162 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB			dB	
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa			dB	
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Melupäästötiedot: V162-7.2MW (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot varmuusarvolla 2 dB)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	62,8	200	94,3	2000	
63	88,0	25	67,3	250		2500	
125	95,6	31,5	71,6	315		3150	
250	100,4	40	75,7	400		4000	
500	102,5	50	79,2	500		5000	
1000	101,7	63	82,6	630		6300	
2000	98,2	80	85,7	800		8000	
4000	91,9	100	88,3	1000		10000	
8000	82,8	125	90,5	1250			
		160	92,7	1600			

Melun erityispiirteiden mittaust ja havainnot:											
Kapeakaistaisuus/ tonaalisuus			Impulssimaisuus			Merkityksellinen sykintä (amplitudi- modulaatio)			Muu, mikä:		
kyllä	ei		kyllä	ei		kyllä	ei		kyllä	ei	
Laskentakorkeus						Laskentaruudun koko [m x m]					
4 m						10 m x 10 m					
Suhteellinen kosteus						Lämpötila					
70 %						15 C°					
Maastomallin lähde ja tarkkuus											
Maastomallin lähde: Maanmittauslaitos						Vaakaresoluutio: 2 m			Pystyresoluutio: 0,3 m		
Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastuksen huomiointi, käytetyt kertoimet											
ISO 9613-2											
Vesialueet, (0) / (G)											
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)											
Maa-alueet (0) / (G)											
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus											
Neutraali											
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen											
Vapaa avaruus											
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)											
Asukkaat: 0 kpl				Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl				Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl			
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)											
Asukkaat: 0 kpl				Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl				Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl			
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille											
Virkistysalueet: 0 kpl						Luonnonsuojelualueet: 1 kpl					
Lineaariset melutasot [dB] altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella suunnitelmalla VE1:											
Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	53,1	51,7	50,5	49,4	48,3	47,1	45,7	44,1	41,8	38,8	37,4
R2	52,8	51,5	50,3	49,1	48,0	46,9	45,4	43,8	41,6	38,6	37,2
R3	50,1	48,8	47,5	46,4	45,2	44,1	42,6	40,9	38,5	35,3	33,7
R4	47,6	46,2	45,0	43,8	42,6	41,4	39,8	38,0	35,5	32,1	30,1
R5	47,4	46,0	44,7	43,6	42,4	41,2	39,6	37,8	35,3	31,9	30,0
R6	51,6	50,2	49,0	47,9	46,7	45,6	44,1	42,5	40,2	37,1	35,6
R7	48,9	47,6	46,4	45,2	44,0	42,8	41,3	39,6	37,1	33,8	32,1
R8	48,6	47,3	46,0	44,9	43,7	42,5	41,0	39,3	36,8	33,5	31,8
R9	49,9	48,6	47,4	46,2	45,1	43,9	42,4	40,7	38,3	35,1	33,5
R10	48,3	46,9	45,7	44,5	43,4	42,2	40,6	38,9	36,5	33,3	31,6



Eolus Energy Oy

Hallakallion tuulivoimapuiston melu- ja väikeselvitys, VE1:

Yhteisvaikutukset lähialueen hankkeiden kanssa

101022132-004, 02.08.2024

Tekijä
AFRY Finland Oy
Juulianna Lähteinen

E-mail
juulianna.lahteinen@afry.com

Osasto
Wind and Solar Finland

Raporttiversio
001

Asiakas
Eolus Energy Oy
Jarno Hautamäki

Päivämäärä
02/08/2024

Projektinumero
101022132-004

Raportin tila
VALMIS

Hallakallion tuulivoimapuiston melu- ja välkeselvitys, VE1: Yhteisvaikutukset lähialueen hankkeiden kanssa

Raporttihistoria

Versio	Pvm/Laatiija	Pvm/Tarkastaja	Merkinnät/Muutokset
001	02.08.2024/ Juulianna Lähteinen, Technical Consultant	02.08.2024/ Erkki Heikkola, Senior Consultant	Alkuperäinen

Aineistojen käyttöoikeudet

Selvityksessä on käytetty Maanmittauslaitoksen, Suomen ympäristökeskuksen, Ilmatieteen laitoksen ja Luonnonvarakeskuksen avoimien aineistojen käyttö lupien alaista materiaalia, jotka on lisensoitu Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>.

Sisällysluettelo

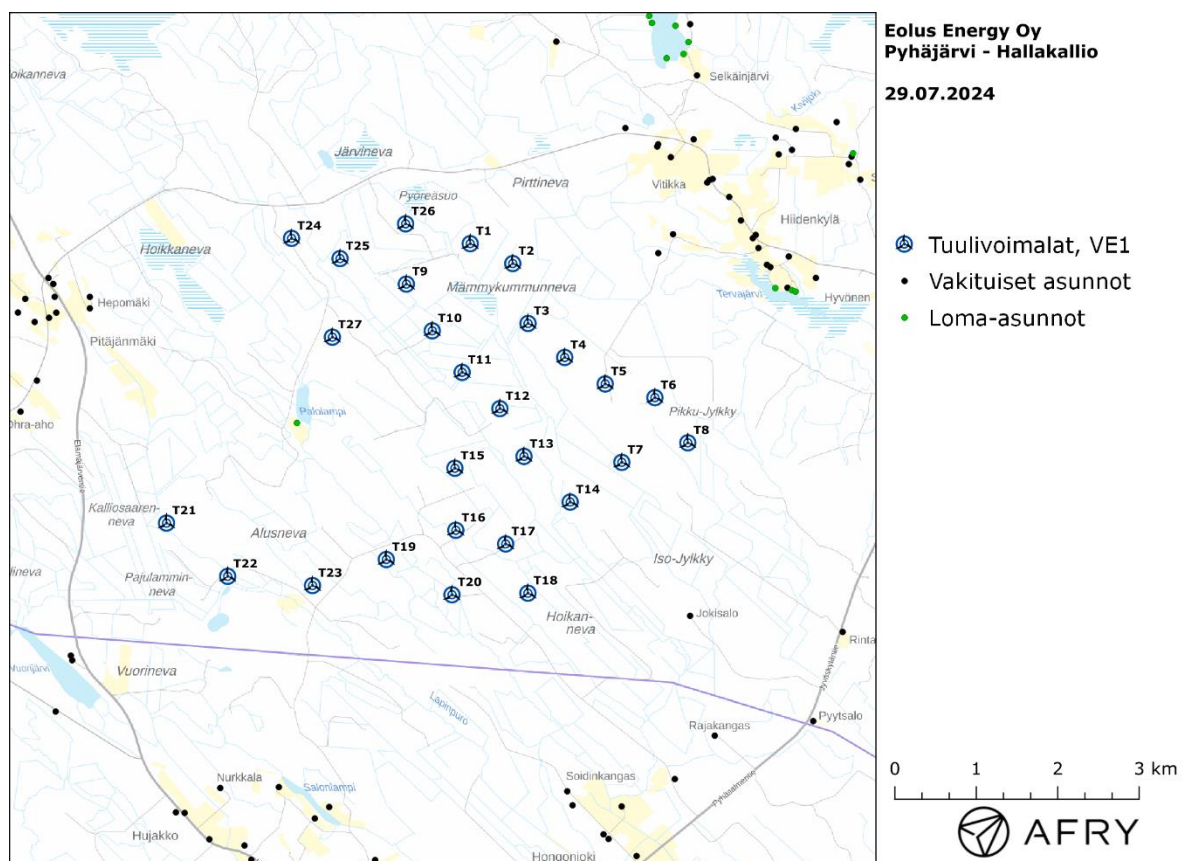
1	Johdanto	4
2	Tuulivoimaloiden melu	12
2.1	Yleistä tuulivoimamelusta	12
2.2	Melumallinnusohjeistus	13
2.3	Ohjearvot	14
2.4	Sisämelutasojen arviointi	15
3	Tuulivoimakohteen melumallinnus	16
3.1	Keskiäänitasojen LAeq mallinnus	16
3.2	Matalataajuisen melun mallinnus	21
4	Tuulivoimaloiden välke	23
4.1	Välkevaikutus	23
4.2	Välkkeen rajoittaminen	23
4.3	Arvioinnin epävarmuudet	23
4.4	Ohjearvot	24
5	Tuulivoimakohteen välkemallinnus	25
5.1	Mallinnusmenetelmä ja lähtöaineisto	25
5.2	Välkevaikutus	28
6	Yhteenveto	31
7	Välkevaikutuksen laskentamenetelmä	32
8	Viitteet	34
9	Melumallinnuksen tiedot	35

1 Johdanto

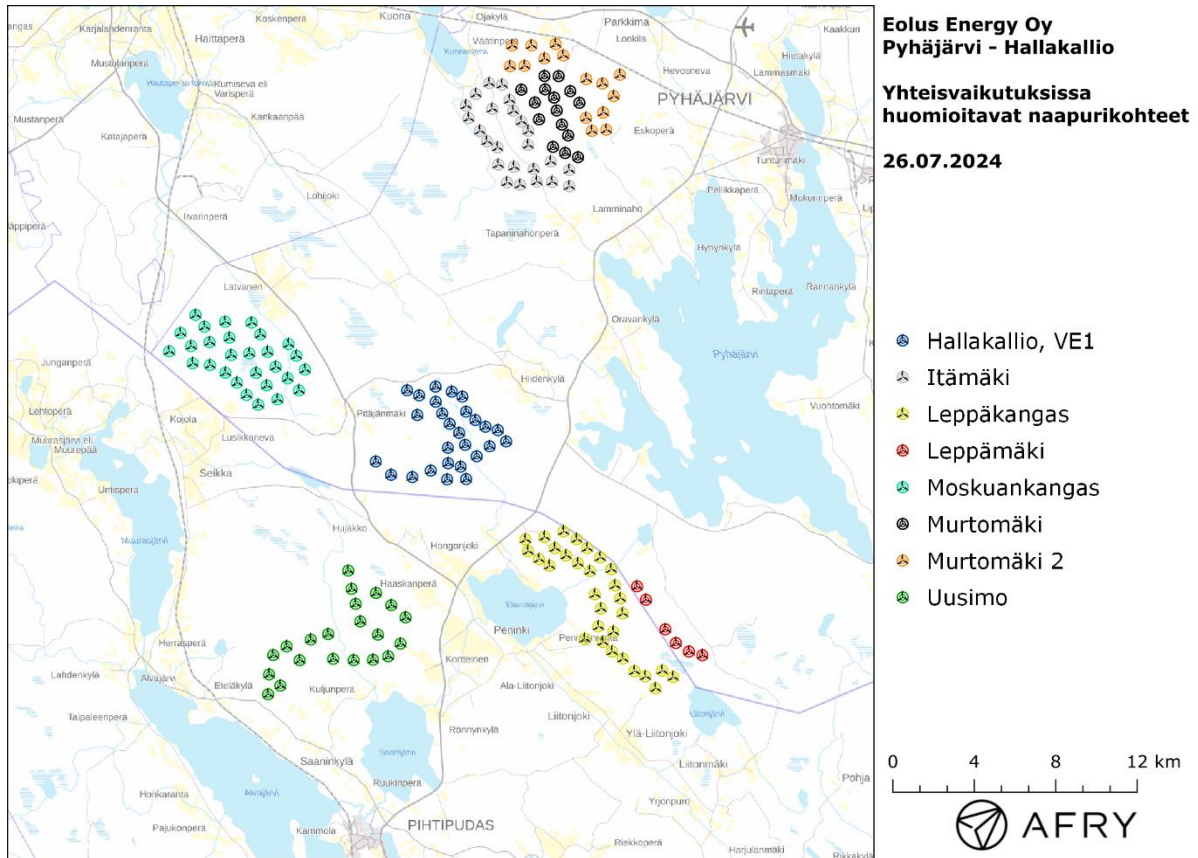
Selvityksessä arvioidaan Pyhäjärven kaupungin alueelle suunnitellun Hallakallion tuulivoimapuiston sekä lähellä sijaitsevien toiminnassa ja suunnitteilla olevien tuulivoimapuistojen aiheuttamaa melun ja välkkeen yhteisvaikutusta laskennallisten mallien avulla. Arviointi tehdään Hallakallion 27 voimalan toteutusvaihtoehdolle VE1. Yhteisvaikutusten arvioinnissa huomioidaan seuraavat seitsemän tuulivoimakohdetta:

- Murtomäki, 15 voimalaa (tuotannossa)
- Murtomäki II, 15 voimalaa (suunnitteilla)
- Itämäki, 24 voimalaa (suunnitteilla)
- Moskuankangas, 28 voimalaa (suunnitteilla)
- Uusimo, 21 voimalaa (suunnitteilla)
- Leppämäki, 6 voimalaa (suunnitteilla)
- Leppäkangas, 30 voimalaa, (suunnitteilla)

Voimaloiden sijainnit on esitetty karttapohjilla kuvissa (Kuva 1 ja Kuva 2) ja voimaloiden sijaintikoordinaatit on annettu taulukoissa 1-8.



Kuva 1: Tuulivoimaloiden sijainnit Hallakallion suunnitelmalla VE1.



Kuva 2: Yhteisvaikutusten arvioinnissa huomioitavat tuulivoimakohteet.

Taulukko 1: Hallakallion suunnitelman VE1 tuulivoimaloiden (27 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
T1	432767	7049566	165
T2	433289	7049322	160
T3	433477	7048587	159
T4	433927	7048170	168
T5	434424	7047845	177
T6	435034	7047677	163
T7	434628	7046883	153
T8	435438	7047123	163
T9	431983	7049070	173
T10	432301	7048497	163
T11	432668	7047987	156
T12	433131	7047542	155
T13	433427	7046956	153
T14	433994	7046396	151
T15	432579	7046811	166
T16	432590	7046050	161
T17	433202	7045882	154
T18	433475	7045278	149
T19	431737	7045691	155
T20	432543	7045259	146
T21	429039	7046138	151
T22	429790	7045485	153
T23	430831	7045372	160
T24	430574	7049631	186
T25	431169	7049383	184
T26	431974	7049809	173
T27	431075	7048419	183

Taulukko 2: Murtomäen tuulivoimaloiden (15 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
MUR01	437320	7065056	165
MUR03	437355	7064398	169
MUR04	437794	7063995	170
MUR05	437923	7063362	165
MUR07	438174	7062672	162
MUR09	437739	7061577	176
MUR10	438017	7065048	161
MUR12	438590	7064311	159
MUR13	439038	7063740	161
MUR14	438967	7061070	159
MUR16	437054	7062928	165
MUR18	438483	7062139	160
MUR19	436849	7063756	167
MUR20	436184	7064384	164
MUR25	438336	7061277	165

Taulukko 3: Murtomäki II tuulivoimaloiden (15 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
M01	435721	7066553	163
M02	436679	7066560	165
M03	437870	7066623	156
M04	435628	7065534	164
M05	436343	7065553	167
M06	437315	7065911	166
M07	438242	7066065	159
M08	439374	7064901	160
M09	440168	7064685	158
M10	441028	7065116	160
M11	440720	7064070	159
M12	440205	7063260	160
M13	439359	7062996	161
M15	439644	7062360	160
M16	440356	7062415	160

Taulukko 4: Itämäen tuulivoimaloiden (24 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
I01	438539	7059645	151
I02	435240	7064629	158
I03	436124	7059718	155
I04	435480	7059833	154
I05	437691	7059860	154
I06	436941	7059873	157
I07	434606	7064701	152
I08	438539	7060447	161
I09	436790	7060488	162
I10	435817	7060595	153
I11	435051	7060707	150
I12	437624	7060857	163
I13	435013	7061545	147
I14	436510	7061666	161
I15	434496	7061850	146
I16	436524	7062363	162
I17	434146	7062365	145
I18	436185	7062827	162
I19	433597	7062985	145
I20	435786	7063345	161
I21	434753	7063448	155
I22	433461	7063604	139
I23	435611	7063879	162
I24	433953	7064177	141

Taulukko 5: Moskuankankaan tuulivoimaloiden (28 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
MO1	418894	7051546	128
MO2	419455	7052445	156
MO3	420191	7053333	156
MO4	419969	7051800	159
MO5	420628	7052755	158
MO6	420048	7050957	145
MO7	420880	7051994	155
MO8	421645	7052995	145
MO9	420893	7050871	143
MO10	421851	7052212	150
MO11	422939	7052959	139
MO12	421657	7050493	143
MO13	421934	7051364	146
MO14	422829	7051445	144
MO15	423366	7052374	141
MO16	422219	7050007	138
MO17	423161	7050483	145
MO18	423725	7051514	143
MO19	422693	7049403	136
MO20	423682	7049869	148
MO21	424123	7050786	146
MO22	423269	7048924	142
MO23	424212	7049186	157
MO24	425268	7049626	155
MO25	424712	7050222	152
MO26	425563	7050650	150
MO27	425135	7051329	144
MO28	424754	7051897	141

Taulukko 6: Uusimon tuulivoimaloiden (21 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
U1	423751	7034716	139
U2	424350	7035140	132
U3	428051	7039154	161
U4	429647	7036576	127
U5	424001	7036639	138
U6	428278	7038291	152
U7	425300	7036386	132
U8	430500	7038489	133
U9	423801	7035688	141
U10	428901	7036410	129
U11	427685	7040785	142
U12	426946	7036454	125
U13	429799	7039089	139
U14	425843	7037402	135
U15	430250	7037201	128
U16	424662	7037062	144
U17	427952	7036390	122
U18	427851	7039889	149
U19	429050	7039688	143
U20	426702	7037670	129
U21	429145	7037639	136

Taulukko 7: Leppämäen tuulivoimaloiden (6 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
LE1	441867	7040011	152
LE2	442303	7039356	154
LE3	443255	7037904	178
LE4	443774	7037232	168
LE5	444415	7036812	171
LE6	445072	7036630	172

Taulukko 8: Leppäkankaan tuulivoimaloiden (30 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
LK1	438258	7042708	142
LK2	437321	7042440	152
LK3	436383	7042309	148
LK4	436516	7041736	141
LK5	437052	7041348	139
LK6	437830	7041885	142
LK7	438900	7042328	141
LK8	438377	7041525	140
LK9	439417	7041889	141
LK10	438962	7041139	140
LK11	439550	7040756	138
LK12	440054	7041429	143
LK13	440594	7040853	142
LK14	440782	7040055	150
LK15	441042	7039424	158
LK16	440096	7038925	149
LK17	441154	7038686	162
LK18	439968	7038045	138
LK19	440700	7037784	149
LK20	440185	7037283	140
LK21	440638	7036809	145
LK22	441165	7036466	152
LK23	441742	7035850	161
LK24	442271	7035592	178
LK25	442771	7035007	169
LK26	443098	7035876	165
LK27	443634	7035558	163
LK28	439300	7037435	133
LK29	439796	7039620	136
LK30	437565	7041023	145

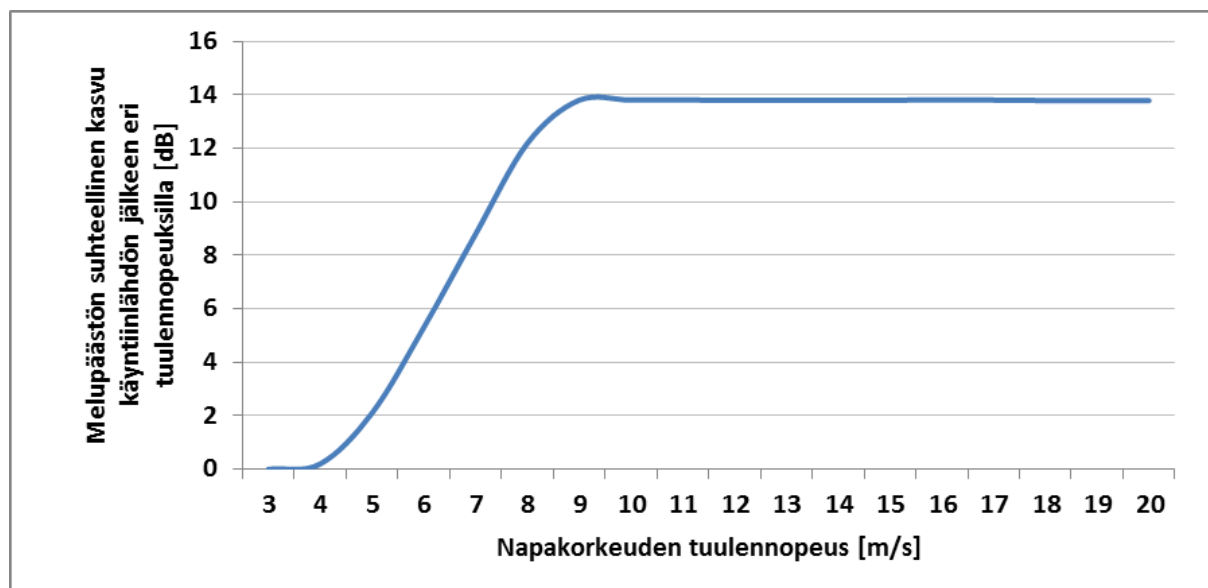
2 Tuulivoimaloiden melu

2.1 Yleistä tuulivoimamelusta

Tuulivoimalaitosten käyntiääni koostuu pääosin laajakaistaisesta lapojen aerodynaamisesta melusta sekä hieman kapeakaistaisemmasta sähköntuotantokoneiston yksittäisten osien aiheuttamasta melusta johon kuuluvat muun muassa vaihteisto, generaattori sekä jäähdytysjärjestelmät. Tuulivoimaloiden aerodynaaminen melu on hallitsevin äänilähde, joka kattaa noin 90 prosenttia kokonaisäänienenergiasta lapojen suuren vaikutuspinta-alan vuoksi [15]. Tuulivoimamelu on A-taajuusjakaumaltaan painottunut tyypillisesti 200–1000 Hz:n väliin.

Modernit kolmilapaiset tuulivoimalaitokset ovat nykyisin ylävirtalaitoksia, joissa siivistö sijaitsee tuulen etupuolessa suhteessa voimalan torniin. Katsottaessa aerodynaamisen melun suuntaavuutta ylhäältä käsin on siivistön äänitaso sivutuulen puolelta noin 4–6 dB alhaisempi kuin tuulen ylä- ja alapuolilla samalla etäisyydellä [19].

Vaihtuvanopeuksisen tuulivoimalan äänipäästö on suoraan verrannollinen tuulennopeuteen siten, että alhaisilla tuulilla eli hitaalla roottorin pyörimisnopeudella ja lähellä käyntiinlähtönopeutta lähtöäänitaso on usein noin 10–15 dB alhaisempi kuin voimalan nimellisteholla, jossa roottori saavuttaa suurimman kierrosnopeuden (Kuva 3).



Kuva 3: Esimerkkikuva äänipäästön kasvusta napakorkeuden tuulennopeuden mukaan. Äänitason nousu tasoittuu n. 10 m/s voimalan napakorkeudella mitatun tuulennopeuden jälkeen.

Äänipäästön L_{WA} huipputaso saavutetaan tyypillisesti voimalan nimellistehotasolla, joka tarkoittaa yli 10 m/s tuulennopeutta napakorkeudella voimalamallista ja etenkin tornikorkeudesta riippuen. Tuulennopeuden edelleen kasvaessa tuulivoimalan siipikulmasäätö tasoittaa äänitehotason nousun roottorin pyörimisnopeuden pysyessä ennallaan.

Taustamelu, kuten liikennemelu ja teollisuusmelu sekä tuulen tuottama aallokko- ja puustokohina, peittävät tuulivoimaloiden melua, mutta peittoäänet ovat ajallisesti ja tasoltaan vaihtelevia. Tuulikohina esimerkiksi puustossa on taajuuskaistaltaan laajakaistaista ja tuulensuunnasta,

puulajeista, vuodenajasta ja tuulennopeudesta riippuva. Puustokohinan äänitaso mittauskorkeudella 1,5 m voi nousta kuitenkin tuulennopeuden mukaan kokemusperäisesti jopa yli 60 dB:n tasolle [18].

Ilmakehän pystysuuntaisen stabiilisuuden ja ilmavirran turbulenssin vaihtelut vuorokauden eri aikoina voivat vaikuttaa tuulisuuden tasoon eri korkeuksilla [16]. Ilmakehän neutraalin stabiilisuuden vallitessa 8 m/s tuulennopeus 10 metrin korkeudella vastaa korkeudella 100 m nopeutta 12 m/s, korkeudella 160 m nopeutta 14 m/s ja korkeudella 200 m nopeutta 15 m/s.

Moderneissa tuulivoimalaitoksissa melun lähtöäänitاسoa voidaan kontrolloida erillisellä optimointisäädöllä, jonka avulla kellonajan, tuulensuunnan ja tuulennopeuden mukaan säädetään lapakulmaa haluttuun pyörimisnopeuteen ja melutasoon. Tällä säädöllä on kuitenkin vaikutuksia voimalan sen hetkiseen tuotantotehoon. Modernit voimalamallit sisältävät usein myös siiven jättöreunan sahalaoidituksen, joka vähentää melupäästöä nimellisteholla tällä hetkellä noin 2–3 dB ja tulevaisuudessa vieläkin enemmän serraatioiden tuotekehityksen johdosta [14].

Tarkempia taustatietoja tuulivoimaloiden aiheuttaman melun syntymekanismeista, luonteesta ja vaikutuksista on koottuna julkaisuihin [1], [2] ja [5].

2.2 Melumallinnusohjeistus

Ympäristöministeriö on julkaissut 28.2.2014 ohjeen tuulivoimaloiden melun mallintamiseen [7]. Ohjeessa on annettu tietoja mallinnusmenettelyistä arvioitaessa tuulivoimaloiden aiheuttamaa melukuormitusta ympäristönsuojelulain täytäntöönpanossa ja soveltamisessa sekä maankäyttö- ja rakennuslain mukaisissa menettelyissä. Ohjeissa määritellään yksityiskohtaisesti käytettävät mallit, niiden parametrit ja lähtötiedot sekä tulosten esittämistavat. Yksityiskohtainen ohjeistus on koettu tarpeelliseksi, jotta mallinnustulokset olisivat aina tekijöistä riippumatta vertailukelpoisia keskenään. Tämän raportin melumallinnus on toteutettu ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisesti.

Melumallinnuksen lähtötietona tulisi käyttää teknisen spesifikaation IEC TS 61400-14 mukaista tuulivoimalan melupäästön tunnusarvoa (declared value) L_{WAd} . Se määritellään standardin IEC 61400-11 mukaisissa mittauksissa äänitehotasoksi, jonka varmuus melupäästön mahdollisessa verifiointissa on 95 %. Tunnusarvo koostuu mitatusta keskimääräisestä äänitehotasosta L_{WA} sekä varmuusarvosta K, joka vastaa tuulivoimalatyypin melutason vaihteluväliä 95 %:n varmuudella.

Äänitehotasot on ilmoitettava 1/3-oktaaveittain keskitaajuuksilla 20–10000 Hz ja oktaaveittain keskitaajuuksilla 31,5–8000 Hz, ja ne tulee olla saatavilla 10 m:n referenssikorkeutta vastaavilla tuulen nopeuksilla 8 m/s ja 10 m/s. Melumallinnuksen epävarmuus on tarkastelussa ja ohjeistuksessa sisällytetty laskennassa käytettyyn tuulivoimaloiden melupäästön arvoon, jolloin mallinnustuloksia voidaan suoraan verrata suunnitteluohjearvoihin ilman erillistä epävarmuus-tarkastelua, ja äänen etenemisen ja ympäristöolosuhteiden mallinnukseen voidaan käyttää vakioituja sää- ja ympäristöolosuhdearvoja.

Melun häiritsevyyteen vaikuttaa äänitasojen lisäksi melupäästöön mahdollisesti liittyvät erityisen häiritsevät melukomponentit: melun kapeakaistaisuus, melun impulssimaisuus ja merkityksellinen sykintä (nk. amplitudimodulaatio). Melun impulssimaisuuden ja merkityksellisen sykinän vaikutukset oletetaan sisältyvän valmistajan ilmoittamiin melupäästön tunnusarvoihin, eikä mallinnusohjeistuksessa edellytetä niiden erillistä tarkastelua.

Äänen etenemislaskennassa käytetään ohjeen mukaisia standardiin ISO 9613-2 perustuvia sää- ja ympäristöolosuhdearvoja. Maaston pinnan laatu ja muoto otetaan mallinnuksessa erillisinä huomioon. Lisäksi matalataajuisen äänen eteneminen tulee mallintaa erikseen ohjeistuksessa

määritelty erillislaskennan avulla, joka perustuu Tanskassa annettuun ohjeistukseen, jonka parametreja on mukautettu Suomen olosuhteisiin [3]. Laskennassa otetaan huomioon geometrinen etäisyysvaimennus sekä ohjeistuksen mukaiset ilmakehän absorption ja maastovaikutuksen parametrit. Matalataajuisen äänen tarkastelu tehdään erikseen 1/3-oktaaveittain taajuusalueella 20–200 Hz melulle merkittävimmin altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella. Laskennan tarkoituksena on tuottaa tieto ulkomelutasoista terssikaistoittain, ja niiden perusteella voidaan arvioida rakennuksen sisämelutaso oletetulla ääneneristävyydellä.

2.3 Ohjearvot

Valtioneuvoston 1.9.2015 voimaan astunut asetus 1107/2015 määrittää tuulivoimaloiden aiheuttaman ulkomelutason ohjearvot [10]. Päätöstä sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyisyyden turvaamiseksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyissä. Ohjearvot määritetään melun A-painotettuina päivä- (klo 07–22) ja yöajan (klo 22–07) ekvivalenttimelutasoina ulkoalueille asumiseen käytettävillä alueilla. Valtioneuvoston asetus korvaa aiemmat ympäristöministeriön suosittelemat suunnitteluarvot tuulivoimaloiden ulkomelutasoille [8].

Valtioneuvoston aiemmassa melutasoihin liittyvässä päätöksessä 993/1992 on annettu luonnonsuojelualueille päiväajan ohjearvo 45 dB(A) ja yöajan ohjearvo 40 dB(A) [9]. Tuulivoimameluasetuksen 1107/1/2015 perustelumauktion mukaan asetusta ei sovelleta kaikilla luonnonsuojelualueilla, vaan ainoastaan yleiselle virkistyskäytölle tärkeillä luonnonsuojelualueilla, joille on rakennettu käyttöä palvelevia polkuja ja muita rakenteita. Aiemman melupäätöksen 993/1992 luonnonsuojelualueiden ohjearvoja ei siis tuulivoimamelun osalta sovellettaisi.

Kun laskennallisia melutasoja verrataan valtioneuvoston asetuksen ohjearvoihin, laskettuun melutasoon ei tehdä korjausta melun impulssimaisuuden tai kapeakaistaisuuden vuoksi. Ympäristöministeriön melumallinnusohjeistuksen [7] mukaan näiden vaikutusten oletetaan lähtökohtaisesti sisältyvän valmistajan ilmoittamiin melupäästön tunnusarvoihin, joita käytetään laskennan lähtötietoina. Sen sijaan valvonnan yhteydessä tehtäviin mittaustuloksiin lisätään 5 dB ennen valtioneuvoston ohjearvoon vertaamista, mikäli tuulivoimalan ääni sisältää kapeakaistaisia tai impulssimaisia komponentteja.

Valtioneuvoston ohjearvot on koottu taulukkoon (Taulukko 9).

Taulukko 9: Mallinnustulosten arvioinnissa sovellettavat valtioneuvoston asetuksen mukaiset ohjearvot.

Tuulivoimamelun ohjearvot	LA _{eq} päiväajalle (klo 7–22)	LA _{eq} yöajalle (klo 22–7)
Pysyvä asutus, Loma-asutus, Hoitolaitokset, Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Oppilaitokset, Virkistysalueet	45 dB	-
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Sosiaali- ja terveysministeriö on määrittänyt 15.5.2015 voimaan astuneessa asumisterveysasetuksessa toimenpiderajat matalataajuiselle yöaikaiselle melulle sisätiloissa [6]. Melun toimenpiderajat on annettu terssikaistoittain painottamattomille tunnin keskiäänitasoille, ja ne on

lueteltu taulukossa (Taulukko 10). Ohjeistuksen mukaiset mallinnustulokset vastaavat matalataajuisen melun tasoa ulkotiloissa, joten ne eivät ole suoraan verrannollisia Asumisterveysasetuksen arvoihin. Ulkomelutasojen avulla voidaan kuitenkin arvioida sisämelutasoja, kun rakennuksen vaipan ääneneristävyys tunnetaan riittävällä tarkkuudella.

Taulukko 10: Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat sisämelulle terssikaistoittain. Desibeliarvot ovat taajuuspainottamattomia.

Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Äänitaso $L_{eq,1h}$ [dB]	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

2.4 Sisämelutasojen arviointi

Asumisterveysasetuksessa 545/2015 annetaan matalien taajuuksien 20–200 Hz tunnin keskiäänitasojen (Taulukko 10) lisäksi toimenpiderajat päivä- ja yöajan kokonaismelutasoille sisätiloissa. Päiväaikainen (klo 07-22) keskiäänitaso ei saa ylittää 35 dB(A) ja yöaikainen (klo 22-07) keskiäänitaso 30 dB(A). Lisäksi yöaikainen musiikkimelu tai muu vastaava mahdollisesti unihäiriötä aiheuttava melu, joka erottuu selvästi taustamelusta, ei saa ylittää 25 dB yhden tunnin keskiäänitasona $L_{eq,1h}$ mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

Ympäristöministeriön melumallinnusohjeet eivät sisällä erillisiä ohjeita sisämelun kokonaissäätömallinnamiseksi. Yöajan sisämelun toimenpiderajojen oletetaan kuitenkin alittuvan, mikäli melumallinnuksen antamat ulkomelutasot sekä matalataajuisen sisämelun tasot alittavat valtioneuvoston asetuksen ja asumisterveysasetuksen ohjearvot. Ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 mukaan uudisrakennusten ulkovaipan ääneneristykseen on oltava vähintään 30 dB. Jos tuulivoimaloiden aiheuttama ulkomelutaso alittaa 40 dB(A), niin sisämelutaso pysyy uudisrakennuksilla selkeästi toimenpiderajan alapuolella. Vanhemmat rakennukset eivät kuitenkaan välttämättä toteuta uuden asetuksen vaatimustasoa.

Suomalaisten asuinrakennusten ääneneristävyyttä on tutkittu artikkelissa [4], jossa on esitetty taajuuskohtaiset äänitasoerot matalille taajuuskaistoille 20-200 Hz. Artikkelin arvot (Taulukko 14) on määritetty tilastollisesti niin, että ne ylittyvät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja niitä on käytetty tässä selvityksessä matalataajuisen sisämelutasojen arviointiin. Rakennusten ilmajääläisyyden keskimääräinen profiili kasvaa korkeammille taajuuksille mentäessä, jonka perusteella mallinnusohjeistuksen mukainen sisämelujen arviointi tehdään vain matalille taajuuksille. Jos matalataajuisen sisämelun tasojen todetaan pysyvän annetuissa toimenpiderajoissa, myös kokonaismelun tasot pysyvät todennäköisesti raja-arvojen alapuolella.

3 Tuulivoimakohteen melumallinnus

3.1 Keskiäänitasojen LAeq mallinnus

Tuulivoimaloiden aiheuttaman keskiäänitason mallinnus on suoritettu laskentastandardin ISO 9613-2 mukaisesti AFRY Numerola -mallinnusohjelmistolla. Mallinuksissa on käytetty voimalavalmistajien ilmoittamia taajuusjakaumia. Taajuusjakaumat on saatu seuraavista voimalavalmistajien dokumenteista:

- Third octave noise emission EnVentus™ 162-7.2MW 50/60 Hz. Document no. 0116-1715_00. 2022-01-07.
- Third octave noise emission EnVentus™ V162-6.2MW 50/60 Hz. Document no. 0105-5200_00. 2021-04-21.
- Third octave noise emission EnVentus™ V172-7.2MW 50/60 Hz. Document no. 0128-4336_00. 2022-06-30.
- Third octave sound power levels Nordex N163/6.X. F008_277_A17_EN. Revision 05, 2022-07-18.
- Third octave sound power levels Nordex N175/6.X. F008_278_A17_EN. Revision 03, 2023-10-13.
- Acoustic Emission SG 6.0-170, Rev. 0, Hub Height 135 m. Document ID: SGRE ON NE&ME TE SAS N-40-0000-046AC22-00. 2020-03-31.

Dokumenteissa ilmoitettuihin melutasoihin on lisätty ympäristöministeriön 14.9.2016 antaman lisäohjeistuksen mukainen 2 dB:n varmuusarvo [11]:

”Takuuarvoa ei ole aina esitetty dokumentissa IEC 61400-14 standardin määrittämällä tavalla ja takuuarvo joudutaan tällöin arvioimaan hankekehittäjän tai meluselvitystä tekevän konsultin toimesta. Tässä tapauksessa laskeminen tulee suorittaa IEC 61400-14 mukaisesti. Mikäli takuuarvoa ei ole mahdollista määrittää standardin IEC 61400-14 mukaisesti, tulee tuulivoimalan melupäästön lukuarvoon lisätä varmuusarvona 2 dB takuuarvon saamiseksi.”

Hallakallion tuulivoimaille on käytetty napakorkeutta 217,5 m, kokonaiskorkeutta 310 m ja tuulivoimalatyyppiä V162 7.2 MW PO7200, jonka ilmoitettu maksimiäänitehotaso on 105,5 dB(A). Mallinuksissa Hallakallion voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 107,5 dB(A). Mallinuksissa käytetyt taajuusjakaumat vastaavat tuulen nopeutta 15 m/s napakorkeudella, jonka arvioidaan vastaavan melumallinnusohjeistuksen mukaista referenssinopeutta 8 m/s 10 m korkeudella.

Murtomäen voimaloille on käytetty napakorkeutta 166 m ja tuulivoimalatyyppiä V162 6.2 MW PO6200, jonka ilmoitettu maksimiäänitehotaso on 104,8 dB(A). Mallinuksissa Murtomäen voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 106,8 dB(A). Murtomäki II voimaloille on käytetty napakorkeutta 180 m ja tuulivoimalatyyppiä SG170 6.2 MW AM0, jonka ilmoitettu maksimiäänitehotaso on 106 dB(A). Mallinuksissa Murtomäki II voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 108 dB(A).

Moskuankankaan, Itämäen sekä Uusimon voimaloille on käytetty tuulivoimalatyyppiä V172 7.2 MW PO7200, jonka ilmoitettu maksimiäänitehotaso on 106,9 dB(A). Mallinuksissa näiden tuulivoimain puistojen voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 108,9 dB(A). Moskuankankaan ja Uusimon voimaloille on käytetty napakorkeutta 200 m ja Itämäen voimaloille on käytetty napakorkeutta 214 m.

Leppämäen voimaloille on käytetty napakorkeutta 200 m ja tuulivoimalatyyppiä N163 6.8 MW Mode 1 (with STE), jonka ilmoitettu maksimiäänitehotaso on 106,4 dB(A). Mallinuksissa Leppämäen voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 108,4 dB(A). Leppäkankaan voimaloille on käytetty napakorkeutta 200 m ja tuulivoimalatyyppiä N175 6.22 MW Mode 2 (without STE), jonka ilmoitettu maksimiäänitehotaso on 108 dB(A). Mallinuksissa Leppäkankaan voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 110 dB(A).

Hallakallion voimaloille sekä naapuripuistoille käytetyistä voimalatiedoista on tehty koonti taulukkoon 11.

Taulukko 11: Mallinuksissa tuulivoimaloille käytetyt napakorkeudet, tuulivoimalatyyppit sekä äänitehotasot.

Tuulivoimapuisto	Voimaloiden lukumäärä	Napakorkeus	Tuulivoimalatyyppi	Äänitehotaso
Hallakallio	27 WTG	217,5 m	V162 7.2 MW PO7200	105,5+2 dB(A)
Murtomäki	15 WTG	166 m	V162 6.2 MW PO6200	104,8+2 dB(A)
Murtomäki II	15 WTG	180 m	SG170 6.2 MW AM0	106,0+2 dB(A)
Itämäki	24 WTG	214 m	V172 7.2 MW PO7200	106,9+2 dB(A)
Moskuankangas	28 WTG	200 m	V172 7.2 MW PO7200	106,9+2 dB(A)
Uusimo	21 WTG	200 m	V172 7.2 MW PO7200	106,9+2 dB(A)
Leppämäki	6 WTG	200 m	N163 6.8 MW Mode 1 (with STE)	106,4+2 dB(A)
Leppäkangas	30 WTG	200 m	N175 6.22 MW Mode 2 (without STE)	108,0+2 dB(A)

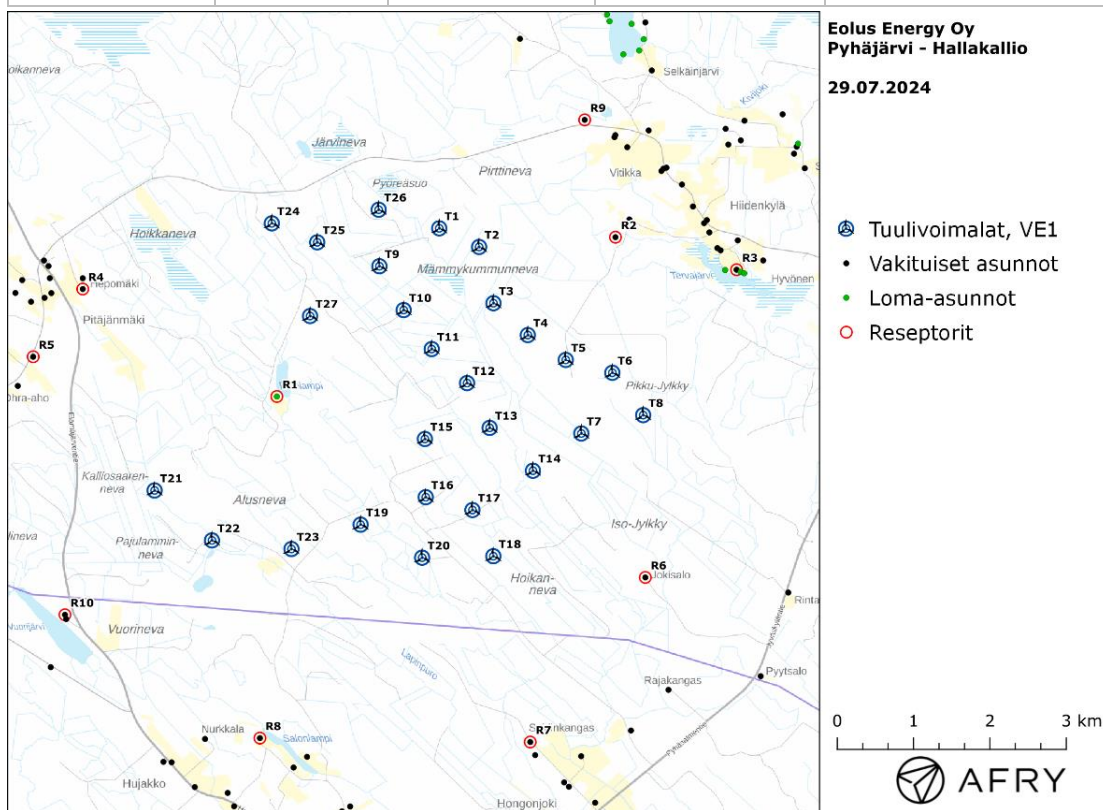
Tuulivoimaloiden melun impulssimaisuuteen tai amplitudimodulaatioon liittyvää sanktiota ei ole käytetty mallinuksissa. Tuulivoimalatyyppien melupäästön kapeakaistaisuuden arvioinnissa on käytetty ympäristöministeriön raportissa Ympäristömelun mittaaminen [12] esitettyä yksinkertaista menetelmää, joka perustuu äänitehotasojen vertailuun terssikaistoittain (1/3-oktaaveittain). Melun tulkitaan olevan kapeakaistaista, mikäli ainakin yhden terssikaistan äänitehotaso on vähintään 5 dB suurempi kuin välittömästi kyseisen kaistan ala- ja yläpuolella olevien terssikaistojen tasot. Luvussa 9 esitettyjen melun taajuusjakaumien mukaan tämä ehto ei toteudu, joten melun kapeakaistaisuuteen liittyvää sanktiota ei ole käytetty.

Maaston korkeusaineistona on käytetty Maanmittauslaitoksen aineistoa *Korkeusmalli 2 m*, jonka pystysuuntainen tarkkuus on 0,3 m ja vaakasuuntainen resoluutio 2 m. Melutasot tuulivoimaloiden ympäristössä laskettiin hilapisteistön, jonka korkeus on (ohjeistuksen mukaisesti) 4 m maanpinnasta ja vaakaresoluutio 10 m. Ilmakehän absorption aiheuttama vaimennus, äänen suuntaavuus ja sääolosuhteiden vaikutus äänen etenemiseen on määritetty ympäristöministeriön ohjeistusten mukaisesti. Tuulivoimalan sijoituspaikan ympäristössä maaston vaikutuskerroin on ollut maa-alueilla 0,4 ja vesialueilla 0,0. Mallinusohejeistuksen mukaisesti tuulivoimalan melupäästöön lisätään 2 dB, mikäli voimalan ja melulle altistuvan kohteen välinen korkeusero ylittää 60 m. Akustisen laskennan lähtötiedoista ja parametreista on tehty yhteenveto lukuun 9.

Taulukossa (Taulukko 12) on määritelty tuulivoimaloiden ympäristöstä 10 rakennusta, joiden kohdilla keskiäänitason LAeq ja matalataajuisen melun tasoja tarkastellaan tarkemmin. Rakennusten sijaintipisteitä kutsutaan reseptoripisteiksi, ja niiden paikat suhteessa tuulivoimaloihin on esitetty kartta-pohjalla (Kuva 4). Kiinteistöt sijaitsevat noin 2 km etäisyydellä lähimmistä voimaloista lukuun ottamatta pistettä R1, jossa olevan lomarakennus on noin 1,1 km etäisyydellä Hallakallion voimalasta T27.

Taulukko 12: Reseptorien koordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa.

Reseptori	E	N	Maaston korkeus [m]	Rakennusluokitus
R1	430641	7047365	165,5	lomarakennus
R2	435076	7049448	153,4	vakituinen asuinrakennus
R3	436663	7049023	151,1	vakituinen asuinrakennus
R4	428099	7048770	194,2	vakituinen asuinrakennus
R5	427450	7047884	190,6	vakituinen asuinrakennus
R6	435467	7044998	148,1	vakituinen asuinrakennus
R7	433960	7042846	135,7	vakituinen asuinrakennus
R8	430419	7042897	156,2	vakituinen asuinrakennus
R9	434673	7050982	160,3	vakituinen asuinrakennus
R10	427866	7044510	146,5	vakituinen asuinrakennus

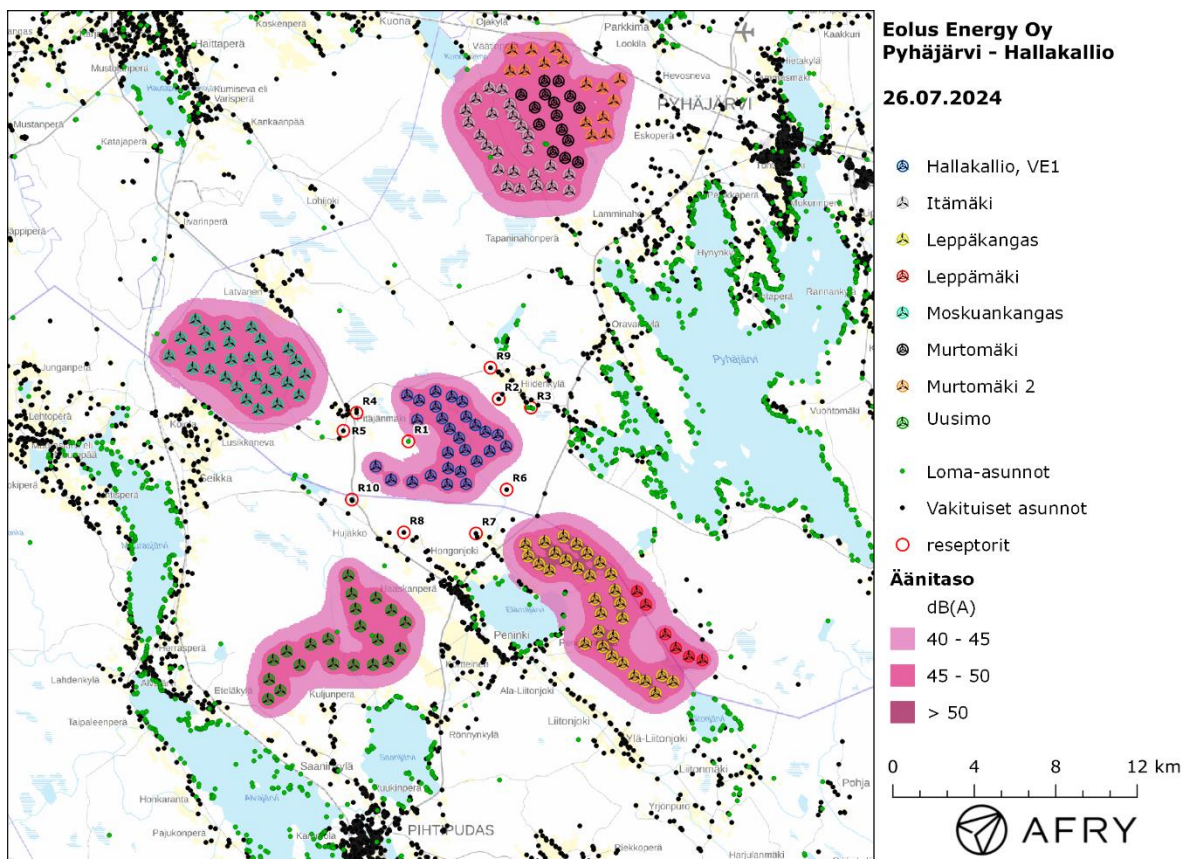


Kuva 4: Reseptorien paikat tuulivoimapuiston hankealueella.

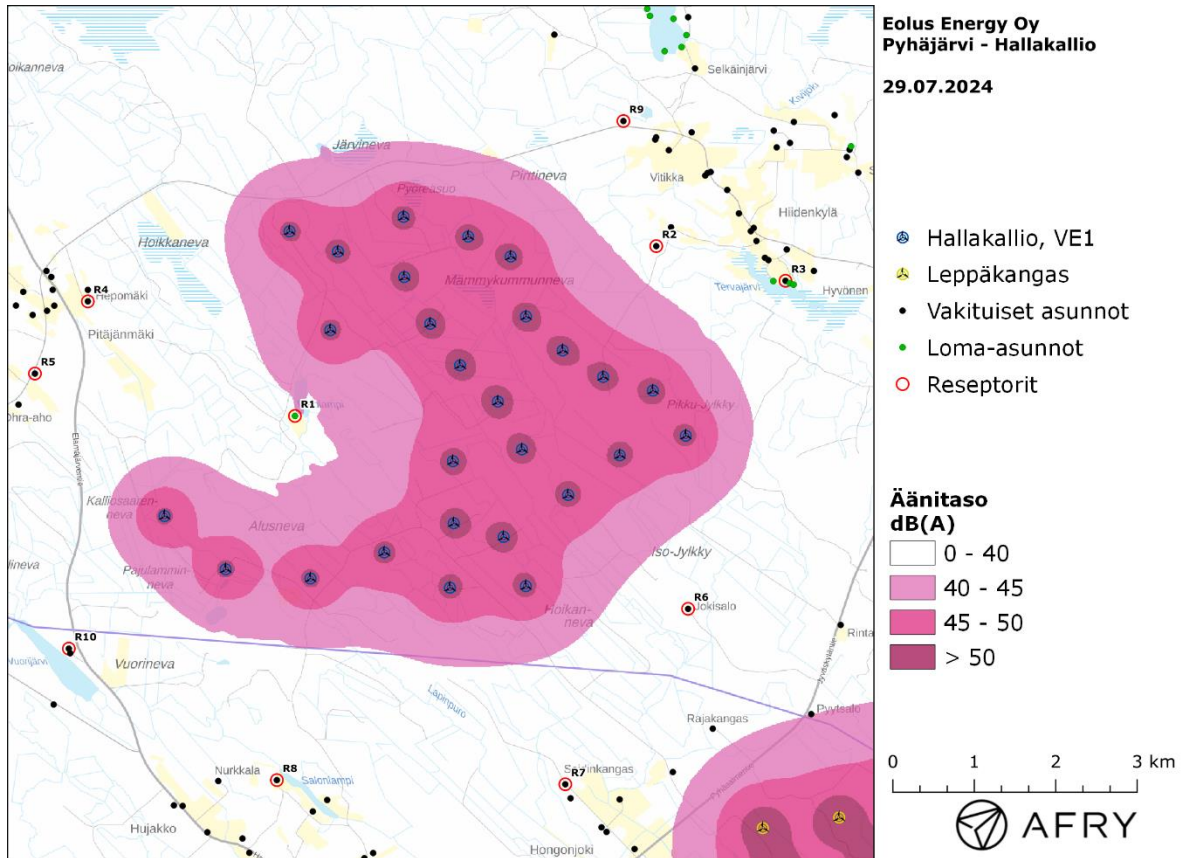
Meluvaikutus

Tarkasteltavien tuulipuistojen yhteisvaikutuksena mallinnettu keskiäänitaso LAeq on esitetty karttakuvina (Kuva 5 ja Kuva 6). Alueen rakennustieto perustuu Maanmittauslaitoksen maasto-tietokannan aineistoon, jossa on eritelty alueen asuinrakennukset ja loma-asunnot. Karttakuviin on merkitty keskiäänitasojen 40 dB(A), 45 dB(A) ja 50 dB(A) mukaiset vyöhykkeet, joita käytetään apuna tulosten arvioinnissa.

Keskiäänitasot reseptoreiden kohdilla on lueteltu taulukossa (Taulukko 13). Mallinnustulosten perusteella keskiäänitasot jäävät valtioneuvoston asetuksen 40 dB(A):n ohjearvojen alapuolelle kaikkien alueen asuin- ja lomarakennusten kohdilla. Korkein melutaso saavutetaan reseptoripisteessä R1, joka on Palolammen rannalla sijaitseva loma-asunto. Mallinnusten perusteella melun yhteisvaikutukset nostavat melutasoja 0,2-4,0 dB(A). Suurimmillaan melutasot kasvavat reseptorin R5 kohdalla, joka sijaitsee Hallakallion ja Moskuankankaan välissä.



Kuva 5: Keskiäänitasot LAeq, kun otetaan huomioon kahdeksan tuulivoimapaiston yhteisvaikutukset.



Kuva 6: Keskiäänitasot Laeq, kun yhteisvaikutusten karttanäkymä on rajattu Hallakallion vaikutusalueelle.

Taulukko 13: Keskiäänitasot Laeq reseptoripisteiden kohdilla, kun mallinuksissa huomioidaan Hallakallion suunnitelma VE1 sekä naapuripuistot.

Reseptori	Äänitaso dB(A)
R1	39,7
R2	37,9
R3	34,2
R4	34,6
R5	34,1
R6	37,2
R7	35,3
R8	34,2
R9	34,2
R10	33,9

3.2 Matalataajuisen melun mallinnus

Matalataajuisen melun laskenta on suoritettu ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisesti [7]. Laskennan lähtötietona on käytetty samoja valmistajan ilmoittamia melun taajuusjakaumia kuin keskiäänitasojen mallinnuksessa, mutta rajoittuen 1/3-oktaaveittain taajuuksille 20–200 Hz. Matalataajuisen melun laskenta suoritetaan taajuuspainottamattomilla melutasoilla.

Meluvaikutus

Matalataajuisen melun arvioinnissa käytetään Suomen asumisterveysasetuksessa määriteltyjä taajuuskohtaisia arvoja, jotka antavat toimenpiderajat matalataajuisen melun yöaikaisille *sisämelutasoille* (Taulukko 10). Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen mallinnus antaa matalataajuisen *ulkomelun* tasot voimaloita lähimpien kiinteistöjen kohdilla. Tulokset eivät siis ole suoraan vertailukelpoisia asumisterveysasetuksen arvoihin, vaan tulokinnassa pitää huomioida myös rakennusten ulkovaipan ääneneristävyys.

Ympäristöministeriön ohjeiden mukainen matalataajuisen melun laskenta perustuu Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa esitettyyn menetelmään [3], jonka parametreihin on tehty joitakin Suomen olosuhteisiin perustuvia tarkennuksia. Tanskan menetelmässä on määritelty rakennuksesta aiheutuva äänitasoero (ΔL_o) taajuuskaistoittain, jolloin saadaan laskettua myös sisämelutasot ja toimenpiderajoihin verrannolliset mallinnustulokset.

Tässä raportissa käytetyt rakennusten parametrit perustuvat tutkimukseen suomalaisten pientalojen äänieristävyiden arvoista [4]. Turun ammattikorkeakoulussa tehdyssä tutkimuksessa esitetyt arvot perustuvat suomalaisissa pientaloissa tehtyihin mittauksiin, joiden avulla on johdettu tilastollinen estimaatti talojen ääneneristävyyksille eri taajuuksilla. Artikkelin [4] äänitasoerot ylittyvät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja ne ovat selkeästi alhaisempia kuin Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa annetut arvot. Ne antavat siten konservatiivisen arvion rakennusten aiheuttamalle ääneneristävyydelle, ja tässä raportissa vertailurakennusten matalataajuisia sisämelutasoja arvioidaan käyttäen näitä alempia äänitasoeroja. Taulukossa (Taulukko 14) on esitetty sekä Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa että artikkelissa [4] annetut äänitasoerot.

Taulukko 14: Rakennuksen äänitasoerot taajuuskaistoittain.

Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Äänitasoero [dB] (Tanskan ohjeistus)	6,6	8,4	10,8	11,4	13,0	16,6	19,7	21,2	20,2	21,2	-
Äänitasoero [dB] (viite [4])	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

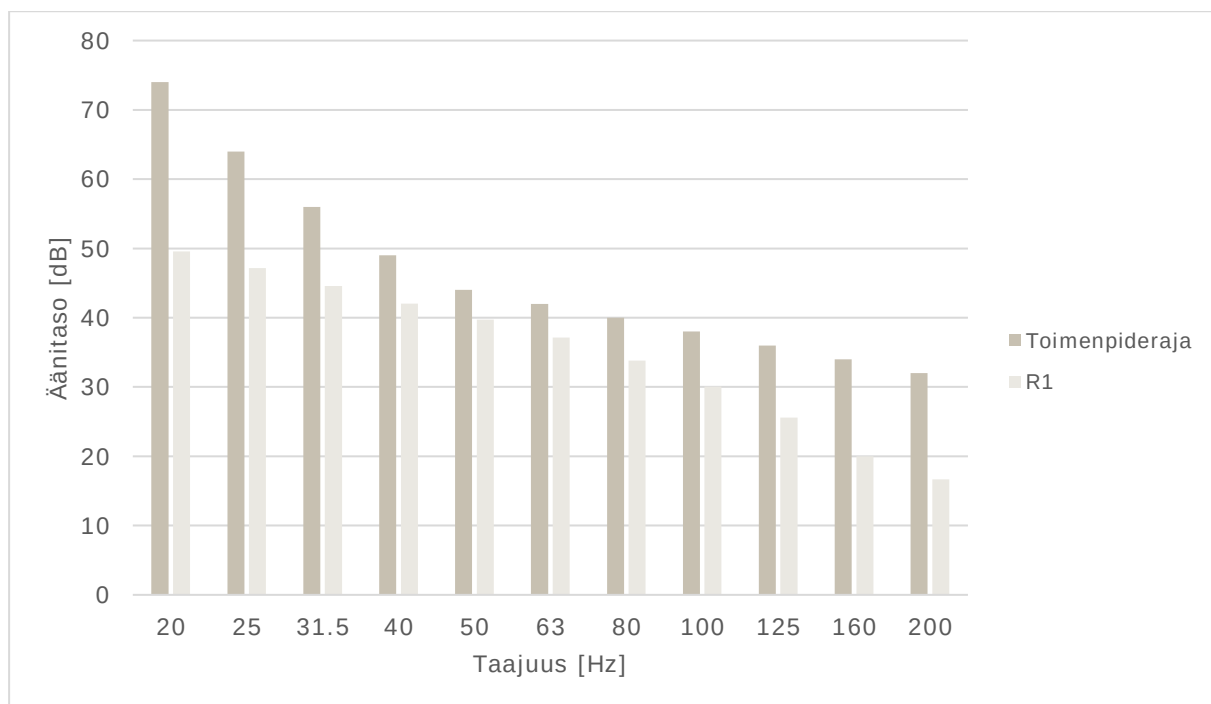
Melutasoja tarkastellaan aiemmin määriteltyjen reseptoreiden paikoilla. Lisäksi lasketaan sisämelutasot eniten melulle altistuvassa kohteessa käyttäen alempia äänitasoeroja (Taulukko 14) ja verrataan näitä tuloksia asumisterveysasetuksen arvoihin. Tuulivoimaloiden aiheuttama matalataajuinen ulkomelutaso reseptoreiden kohdilla taajuuskaistoittain ja ilman taajuuspainotusta on lueteltu taulukossa (Taulukko 15). Taulukkoon on eritelty ohjeistuksen mukaisesti lasketut ulkotilojen melutasot.

Korkeimmat matalataajuisen melun tasot kohdistuvat reseptoriin R1. Tämän pisteen kohdalla laskettuja sisämelutasoja on verrattu Asumisterveysasetuksen arvoihin kuvassa (Kuva 7). Kun

otetaan huomioon rakennuksien ääneneristävyys, melutasot jäävät toimenpiderajojen alapuolelle koko taajuuksivälillä.

Taulukko 15: Matalataajuisen ulkomelun äänitasot (dB) reseptoreiden kohdilla, kun mallinuksissa huomioidaan Hallakallion suunnitelma VE1 sekä naapuripuistot.

taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	57,1	55,5	53,8	52,3	51,2	50,1	48,6	46,9	44,4	41,1	39,5
R2	56,8	54,9	52,9	51,2	50,0	48,9	47,3	45,4	42,9	39,5	37,8
R3	56,2	54,2	51,8	49,6	48,2	47,2	45,5	43,3	40,6	36,8	34,7
R4	54,8	53,2	51,6	50,3	49,6	48,6	47,1	45,3	42,6	38,7	36,4
R5	54,6	53,0	51,5	50,2	49,5	48,5	47,1	45,2	42,6	38,6	36,3
R6	59,5	57,3	54,5	51,8	50,1	49,3	47,6	45,4	42,9	39,4	37,4
R7	59,4	57,1	54,1	51,2	49,5	48,8	47,0	44,6	42,1	38,3	36,0
R8	56,2	54,2	52,0	50,2	49,1	48,2	46,6	44,6	42,0	38,0	35,7
R9	55,2	53,3	51,3	49,6	48,4	47,3	45,6	43,6	40,8	37,0	34,9
R10	54,8	53,0	51,1	49,6	48,7	47,7	46,1	44,2	41,5	37,4	35,0



Kuva 7: Matalataajuisen sisämelun tasot reseptorin R1 kohdalla, kun mallinuksissa huomioidaan Hallakallion suunnitelma VE1 sekä naapuripuistot.

4 Tuulivoimaloiden välke

4.1 Välkevaikutus

Välkevaikutuksella tarkoitetaan tilannetta, jossa Auringon paisteen ja tarkastelupisteen väliin jäävän voimalan lavat aiheuttavat välkkyvän varjon. Välke voi ulottua pisimmillään 1–3 km etäisyydelle voimalasta. Välkevaikutuksen etäisyyteen ja keston vaikuttavat tuulivoimalan korkeus ja roottorin halkaisija, vuoden- ja vuorokaudenaika, maaston muodot sekä näkyvyyttä rajoittavat tekijät kuten kasvillisuus ja pilvisuus.

Suomen sijainnin vuoksi yksittäisen tuulivoimalan välkevaikutus kohdistuu valtaosin voimalan pohjoispuolelle (päiväaika) sekä lounais- ja kaakkoispuolille (aamu- ja iltatimet). Suomessa voimala aiheuttaa välkevaikutusta eteläpuolelleen vain pohjoisen napapiirin pohjoispuolella.

Välkevaikutuksen laskenta voi perustua joko teoreettisen maksimivälkkeen tai todennäköisen tilanteen mallinnukseen:

- Teoreettisen maksimivälkkeen laskennassa oletetaan, että päiväaikaan Aurinko paistaa jatkuvasti, tuulivoimalan roottori pyörii jatkuvasti, ja roottori on aina kohtisuorassa Aurinkoa kohden.
- Todennäköisen tilanteen mallinnuksessa otetaan huomioon paikallinen tilastollinen aineisto auringonpaisteen määrästä ja ajoittumisesta sekä tuulen suuntien ja nopeuksien jakautumisesta.

Tämän selvityksen väkelaskenta on tehty mallintamalla sekä todennäköinen välkeaika että teoreettinen maksimivälke.

4.2 Välkkeen rajoittaminen

Välkevaikutusta voidaan vähentää voimalakohtaisella välkkeen hallintatyökalulla (shadow flicker protection system), joka sisältää valoanturin ja välkkeenhallintasovelluksen. Työkalun avulla voimala voidaan pysäyttää joko havaitun auringonpaisteen perusteella ja/tai haluttuina vuoden- ja kellon-aikoina. Pysäytetty voimala ei aiheuta välkettä.

4.3 Arvioinnin epävarmuudet

Mallinnettu todennäköinen välkevaikutus perustuu auringonpaisteen ja tuulisuuden tilastolliseen aineistoon. Yksittäisen vuoden sääolosuhteet saattavat poiketa merkittävästi keskimääräisistä olosuhteista, jolloin vuotuinen välkevaikutus voi poiketa mallinnetusta arvosta. Auringonpaisteen aineisto on saatu Pelmaan sääasemalta, josta etäisyys hankealueeseen on noin 150 km.

Mallinnuksessa ei ole huomioitu paikallisen puuston vaikutusta voimaloiden näkyvyyteen ja välkevaikutukseen. Puusto voi rajoittaa merkittävästi näkyvyyttä tuulivoimaloille ja vähentää vuotuista välkevaikutusta. Puuston näkyvyyttä peittävä vaikutus vaihtelee kuitenkin vuosien ja vuodenaikojen suhteen, minkä vuoksi puuston välkettä vähentävää vaikutusta ei pystytä arvioimaan tarkasti.

Rakennuksiin kohdistuvan välkkeen laskennassa käytetään ns. kasvihuone-oletusta, jolloin rakennukseen kohdistuva välkevaikutus huomioidaan riippumatta suunnasta. Välkevaikutuksen laskennallinen arvio kuvaa siis välkevaikutusta ulkona. Rakennusten sisätiloissa välkevaikutus on

yleensä vähäisempi, koska välkevaikutus kohdistuu rakennuksen sisätiloihin vain ikkunoiden suunnasta.

4.4 Ohjearvot

Tuulivoimaloiden välkevaikutukselle ei ole Suomessa määritelty ohjearvoja. Ympäristöministeriön ohjeissa tuulivoimapuiston suunnitteluun suositellaan käytettäväksi muiden maiden suosituksia välkemäärien osalta [8]. Tanskassa on määritetty vuotuisen väketuntimäärän suositusarvoksi 10 h. Ruotsissa vastaava suositusarvo on 8 h ja korkeintaan 30 min päivässä [20]. Näiden ohjearvojen käyttö edellyttää todennäköisen väketilanteen laskentaa. Mikäli väketuntien arvioinnissa käytetään laskennallista maksimituntimäärää, voidaan vuotuisen välkevaikutuksen ohjearvona käyttää Saksassa käytettävää 30 h raja-arvoa. Tässä raportissa mallinnettujen väketasojen arvioinnissa käytetään Ruotsin suunnitteluohjeissa annettuja ohjearvoja todennäköisen välkkeen tapauksessa. Teoreettisen maksimivälkkeen arvioinnissa käytetään Saksan 30 tunnin raja-arvoa vuodessa ja 30 minuuttia päivässä.

5 Tuulivoimakohteen välkemallinnus

5.1 Mallinnusmenetelmä ja lähtöaineisto

Tuulivoimaloiden aiheuttama välkevaikutus (shadow flicker) arvioitiin AFRY Numerola mallinnusohjelmistolla. Ohjelmiston laskentamalli huomioi auringon paikan vuoden eri aikoina, tuulivoimalueen ja sen ympäristön maastonmuodot sekä tuulivoimaloiden dimensiot. Laskennan tuloksena saadaan tieto siitä, kuinka monta tuntia vuodessa alueen eri kohteet ovat välkevaikutuksen alaisena. Tulosta havainnollistetaan tasa-arvokäyrästä, jonka perusteella voidaan arvioida varjostusvaikutusta tarkastelualueella.

Tarkastelualueiden maanpinnan korkeuserot on saatu Maanmittauslaitoksen aineistosta Korkeusmalli 10 m. Korkeusdatan vaakaresoluutio on 10 m ja pystysuorainen tarkkuus 1,4 m. Laskennassa huomioitiin korkeuserot siten, että jos Auringon, tuulivoimalan ja tarkastelupisteen kautta kulkeva jana leikkaa maanpintaa, niin varjostusta ei esiinny. Välkevaikutus laskettiin 2 m korkeudelle. Auringonpaistekulman rajana horisontista käytettiin kolmea astetta, jonka alle menevää säteilyä ei oteta huomioon varjostuksessa.

Tuulivoimalan lapojen aiheuttama varjo heikkenee asteittain liikuttaessa etäämmälle voimalasta, eikä tietyn etäisyyden jälkeen varjo ole enää ihmissilmin havaittavissa. Tämä etäisyys riippuu tuulivoimalan lavan leveydestä, ja esimerkiksi Ruotsin tuulivoimarakentamisen suunnitteluohjeistuksessa määritellään, että välkevaikutus huomioidaan mikäli lapa peittää vähintään 20 % Auringosta. Käytännössä tämä asettaa lavan leveydestä riippuvan maksimietäisyyden yksittäisen tuulivoimalan aiheuttamalle välkevaikutukselle, eikä sen ulkopuolella välkevaikutusta ole.

Yleensä väkelaskennan maksimietäisyyden laskenta perustuu lavan keskimääräiseen leveyteen, joka määrää maksimietäisyyden. Käytännössä tuulivoimalan lapa ei ole vakiolevyinen: Levein kohta sijaitsee lähellä tuulivoimalan napaa, ja lapa kapenee huomattavasti kärkeä kohti liikuttaessa. Tällä perusteella lavan tyven välkevaikutus ulottuu huomattavasti pidemmälle kuin lavan kärjen, mikäli arviointiperusteena käytetään Auringon peittoastetta. Tässä selvityksessä väkelaskennassa ei ole käytetty tavanomaista maksimietäisyyttä, vaan on huomioitu tuulivoimalan muuttuva lapaprofiili. Laskentamenetelmän yksityiskohdat on kuvattu luvussa 7.

Väkelaskennassa Hallakallion voimaloille on käytetty napakorkeutta 217,5 m ja roottorin halkaisijaa 185 m. Näin ollen voimaloiden kokonaiskorkeus on 310 m. Tuulivoimaloille on käytetty tuulivoimalatyypin Vestas V162 lapaprofiilia skaalattuna roottorin halkaisijalle 185 m. Profiilia on samalla levennetty siten, että lavan levein kohta on 4,5 m (V162:n lapaprofiilin levein kohta on 4,3 m). Lapaprofiilia on arvioitu tuulivoimalavalmistajan toimittamien tietojen perusteella.

Väkelaskennassa Murtomäen voimaloille on käytetty napakorkeutta 166 m ja roottorin halkaisijaa 162 m. Tuulivoimaloille on käytetty tuulivoimalatyypin Vestas V162 lapaprofiilia, jonka levein kohta on 4,3 m. Väkelaskennassa Murtomäki II voimaloille on käytetty napakorkeutta 180 m ja roottorin halkaisijaa 200 m. Tuulivoimaloille on käytetty tuulivoimalatyypin SG170 lapaprofiilia skaalattuna roottorin halkaisijalle 200 m. Profiilia on samalla levennetty siten, että lavan levein kohta on 4,725 m (SG170: lapaprofiilin levein kohta on 4,5 m).

Väkelaskennassa Moskuankankaan ja Uusimon voimaloille on käytetty napakorkeutta 200 m ja roottorin halkaisijaa 200 m. Tuulivoimaloille on käytetty tuulivoimalatyypin Vestas V162 lapaprofiilia skaalattuna roottorin halkaisijalle 200 m. Profiilia on samalla levennetty siten, että lavan levein kohta on 4,6 m. Väkelaskennassa Itämäen voimaloille on käytetty napakorkeutta 214 m ja roottorin

halkaisijaa 172 m. Tuulivoimaloille on käytetty tuulivoimalatyypin Vestas V162 lapaprofiilia skaalatuna roottorin halkaisijalle 172 m. Profiilia on samalla levennetty siten, että lavan levein kohta on 4,4 m.

Välkelaskennassa Leppämäen sekä Leppäkankaan voimaloille on käytetty napakorkeutta 200 m ja roottorin halkaisijaa 200 m. Voimaloiden lapaprofiilina on käytetty Nordex N163 lapaprofiilia skaalatuna roottorin halkaisijalle 200 m. Profiilia on samalla levennetty siten, että lavan levein kohta on 4,5 m (N163:n lapaprofiilin levein kohta on 4,15 m).

Hallakallion sekä naapuripuistoille käytettyjen voimalamittojen tiedot on koottu taulukkoon 16.

Taulukko 16: Hallakallion sekä naapuripuistojen voimaloille käytetyt voimalamitat.

Tuulivoimapuisto	Voimaloiden lukumäärä	Napakorkeus	Roottorin halkaisija	Kokonaiskorkeus
Hallakallio	27 WTG	217,5 m	185 m	310 m
Murtomäki	15 WTG	166 m	162 m	247 m
Murtomäki II	15 WTG	180 m	200 m	280 m
Itämäki	24 WTG	214 m	172 m	300 m
Moskuankangas	28 WTG	200 m	200 m	300 m
Uusimo	21 WTG	200 m	200 m	300 m
Leppämäki	6 WTG	200 m	200 m	300 m
Leppäkangas	30 WTG	200 m	200 m	300 m

Todelliseen välkevaikutukseen vaikuttavat tuulivoimaloiden käyttöaste, puusto ja paikallinen säätila (pilvisuus ja tuulisuus). Jos esimerkiksi tuulen suunta on kohtisuorassa auringon ja tarkastelupisteen välistä linjaa vasten, ei varjostusvaikutusta esiinny. Varjostuksen laskennassa tuulivoimaloiden orientaatio voidaan määrittää, jolloin roottori oletetaan tiettyyn suuntaan asetetuksi ympyrätasoksi. Todennäköisen välkevaikutuksen laskenta on suoritettu kuudella eri tuulivoimalan orientaatiolla. Tämä vastaa 12 tuulen suuntasektorin varjostustuloksia, sillä vastakkaiset tuulensuunnat aiheuttavat välkkeen kannalta efektiivisesti saman roottorin orientaation. Kullakin tuulen suunnalla laskettua välketuntimäärää on skaalattu Suomen tuuliatlaksesta [21] saatavan suuntasektorin esiintymisfrekvenssillä ja suuntakohtaisesta nopeusjakaumasta määritellyn tuulivoimalan käyntinopeuksien ajallisella osuudella. Käynnistysnopeutta alemmissa tai pysäytysnopeutta korkeammassa tuulissa tuulivoimalat ovat paikallaan, jolloin roottorin pyörimisestä aiheutuvaa valon välkkymistä ei esiinny. Suomen tuuliatlaksen tuulisuusestimaatti on otettu tuulivoima-alueen keskeltä korkeudelta 200 m, ja sen perusteella lasketut suuntasektorikohtaiset osuudet tuulivoimalan käyntinopeusvälille osuville tuulille on lueteltu taulukossa (Taulukko 17).

Paikallinen pilvisuus on huomioitu skaalaamalla eri roottorientaatioilla laskettuja varjostusaikoja Seinäjoen Pelmaan sääasemalta mitattujen auringonpaistetuntien suhteellisella osuudella teoreettisesta maksimipaistetuntien määrästä [22]. Sääaseman mittauksen perusteella lasketut kuukausittaiset auringonpaisteen todennäköisyydet on koottuna taulukkoon (Taulukko 18). Suuntakohtaisesti skaalatut välketuntimäärät yhteen laskien saadaan arvio todellisesta, säätilan huomioonottavasta välketuntimäärästä tarkastelualueella.

Taulukko 17: Suuntasektorikohtaiset osuudet yli 3 m/s tuulennopeuksille Suomen tuuliatlaksen perusteella.

Suuntasektori	0/180	30/210	60/240	90/270	120/300	150/330
Yli 3 m/s osuus	0,180	0,166	0,153	0,145	0,130	0,164

Taulukko 18: Auringonpaisteen kuukausittaiset todennäköisyydet Pelmaan sääasemalla.

Kuukausi	Auringonpaisteen todennäköisyys
Tammikuu	0,162
Helmikuu	0,291
Maaliskuu	0,398
Huhtikuu	0,423
Toukokuu	0,479
Kesäkuu	0,459
Heinäkuu	0,454
Elokuu	0,414
Syyskuu	0,358
Lokakuu	0,260
Marraskuu	0,150
Joulukuu	0,110

5.2 Välkevaikutus

Mallinnettu arvio kohteiden yhteisvaikutuksena aiheutuvista todennäköisten välketuntien vuotuisesta määrästä on esitetty karttakuvina (Kuva 8 ja Kuva 9). Mallinnuksessa ei ole huomioitu paikallisen puuston vaikutusta tuulivoimaloiden näkyvyyteen ja välkevaikutukseen. Karttoihin on merkitty ympäristössä sijaitsevat loma- ja asuinrakennukset käyttäen lähtötietona Maanmittauslaitoksen maastotietokannan sisältämiä tietoja.

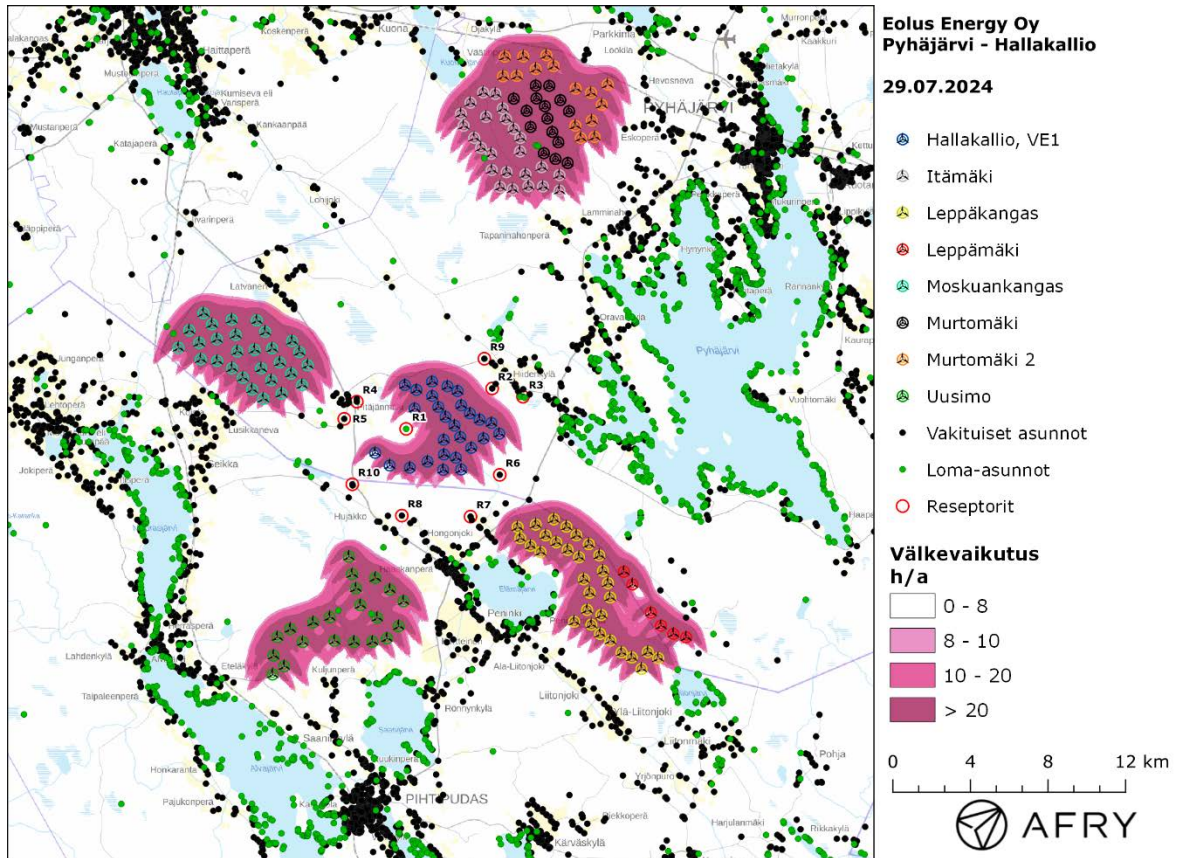
Taulukossa 19 on esitetty todennäköinen välkevaikutus ja teoreettinen maksimivälke reseptoreiden kohdilla, sekä vuotuisena tuntimääränä että suurimpana päiväkohtaisena välkeaikana. Mallinnusten perusteella todennäköinen vuotuinen välkevaikutus jää alle Ruotsin 8 tunnin ohjearvon ja Tanskan 10 tunnin ohjearvon kaikkien alueen asuin- ja lomarakennusten kohdilla. Myös todennäköisen välkkeen suurin päiväkohtainen määrä jää alle Ruotsin 30 minuutin ohjearvon kaikkien alueen asuin- ja lomarakennusten kohdalla. Teoreettinen vuotuinen maksimivälke jää alle Saksan 30 tunnin raja-arvon. Myös teoreettisen maksimivälkkeen suurin päiväkohtainen arvo jää alle Saksan 30 minuutin raja-arvon kaikkien reseptoreiden kohdilla.

Mallinnusten perusteella Hallakallion ja naapurikohteiden välillä ei ilmene välkkeen yhteisvaikutuksia tarkasteltavien reseptoripisteiden kohdilla.

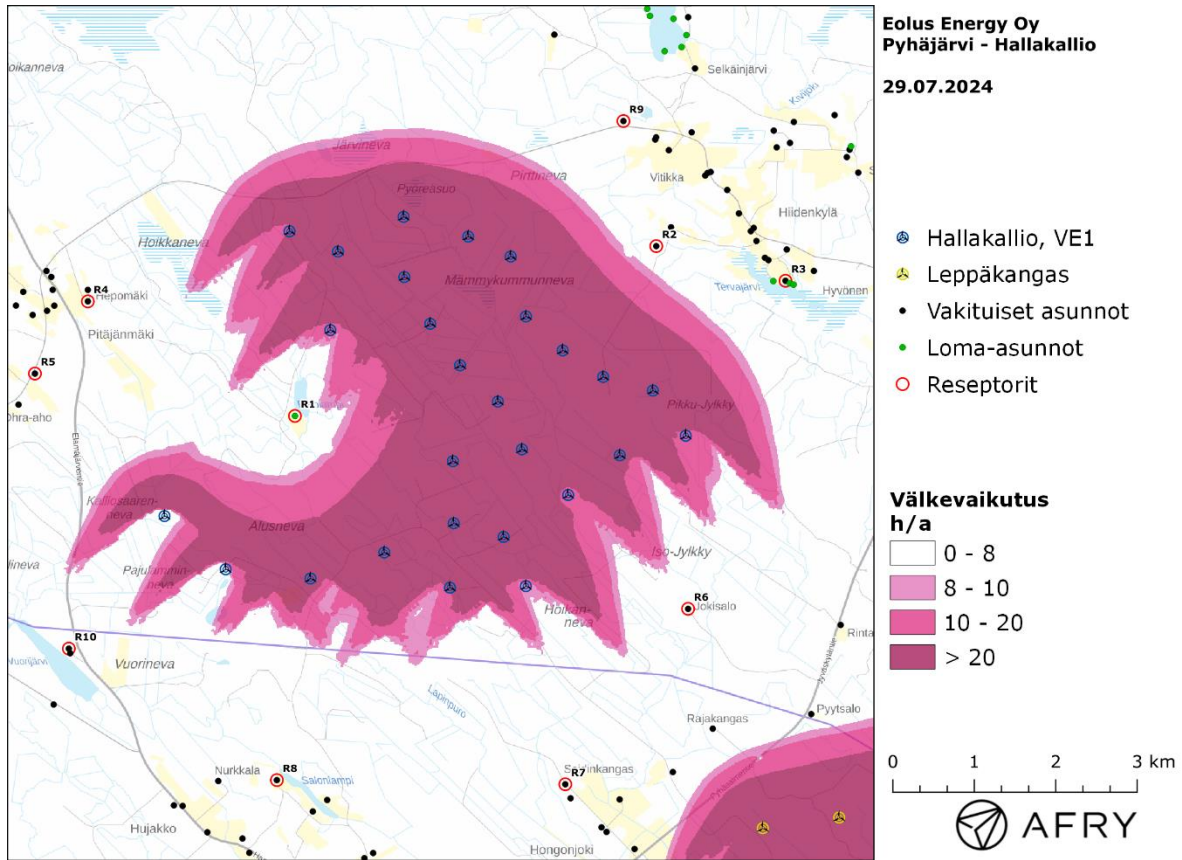
Suurin todennäköinen välkevaikutus kohdistuu reseptorin R1 kohdalla olevaan asuntoon. Todennäköisen välkkeen tarkempi ajoittuminen tämän reseptorin kohdalla on esitetty taulukossa (Taulukko 20). Taulukossa esitetyt kellonajat ovat aikavyöhykkeen UTC+2 mukaisia (Suomen talviaika).

Taulukko 19: Välkeajat tunteina ja minuutteina [h:min] reseptoreiden kohdilla, kun mallinuksissa huomioidaan suunnitelma VE1 sekä naapuripuistot. Taulukossa on esitetty vuotuinen välke aika ja välkeajan suurin päiväkohtainen arvo, sekä todennäköisenä arvona että teoreettisen maksimivälkkeen menetelmällä laskettuna.

Reseptori	Todennäköinen vuotuinen välke	Todennäköinen päiväkohtainen maksimi	Teoreettinen vuotuinen maksimivälke	Teoreettinen päiväkohtainen maksimivälke
R1	4:35	0:04	26:09	0:21
R2	4:20	0:04	23:01	0:20
R3	0:35	0:02	3:54	0:11
R4	0:00	0:00	0:00	0:00
R5	0:12	0:01	1:15	0:08
R6	2:59	0:04	11:22	0:15
R7	0:07	0:01	0:31	0:06
R8	0:00	0:00	0:00	0:00
R9	0:30	0:02	3:11	0:12
R10	0:41	0:03	2:34	0:11



Kuva 8: Todennäköinen vuotuinen välkevaikutus ilman puuston vaikutusta, kun mallinnoissa huomioidaan Hallakallion suunnitelma VE1 sekä naapuripuistot.



Kuva 9: Vuotuinen välkevaikutus, kun karttanäkymä on rajattu Hallakallion vaikutusalueelle.

Taulukko 20: Todennäköisen välkevaikutuksen ajoittuminen ja kesto tunteina ja minuutteina [h:min] reseptorin R1 kohdalla.

Kellonaika	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	
Tammikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:13	0:02	0:10	0:00	0:00	0:00	0:00	0:25
Helmikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:05	0:17	0:00	0:11	0:02	0:00	0:00	0:00	0:35
Maaliskuu	0:00	0:00	0:00	0:15	0:02	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:17
Huhtikuu	0:00	0:00	0:16	0:05	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:21
Toukokuu	0:00	0:00	0:43	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:43
Kesäkuu	0:00	0:00	0:04	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:04
Heinäkuu	0:00	0:00	0:45	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:45
Elokuu	0:00	0:00	0:16	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:16
Syyskuu	0:00	0:00	0:00	0:18	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:18
Lokakuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:08	0:00	0:00	0:12	0:00	0:00	0:00	0:00	0:20
Marraskuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:07	0:14	0:10	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:31
Joulukuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
Yhteensä	0:00	0:00	2:04	0:38	0:22	0:44	0:12	0:33	0:02	0:00	0:00	0:00	4:35

6 Yhteenveto

Raportissa on esitetty Pyhäjärven kaupungin alueelle suunnitellun Hallakallion tuulivoimapuiston sekä läheisten tuulivoimapuistojen aiheuttaman melun ja välkkeen yhteisvaikutusten laskennalliset arviot. Arviointi on tehty Hallakallion VE1 suunnitelmalle, jossa on 27 voimalaa. Hallakallion VE1 suunnitelman lisäksi mallinuksissa on huomioitu seuraavien tuulivoimapuistojen voimat: Murto-mäki, Murtomäki II, Itämäki, Moskuankangas, Uusimo, Leppämäki sekä Leppäkangas.

Melun yhteisvaikutusmallinnusten perusteella melutasot alueen loma- ja asuinrakennusten kohdilla jäävät alle valtioneuvoston ohjearvojen. Myös matalataajuisen melun tasot pysyvät kaikkien rakennusten kohdalla asumisterveysasetuksessa asetettujen arvojen alapuolella.

Tuulivoimaloiden välkevaikutukselle ei ole Suomessa määritelty ohjearvoja, ja ympäristöministeriö suosittelee käyttämään muiden maiden ohjearvoja. Välkkeen yhteisvaikutusmallinnusten mukaan todennäköinen vuotuinen välkevaikutus jää alle Ruotsin 8 tunnin ohjearvon ja Tanskan 10 tunnin ohjearvon alueen kaikkien asuin- ja lomarakennusten kohdilla. Myös todennäköinen päiväkohtainen välkeaika alittaa Ruotsin 30 minuutin ohjearvon kaikkien alueen asuntojen kohdilla. Teoreettinen vuotuinen maksimivälke jää alle Saksan 30 tunnin raja-arvon kaikkien asuntojen kohdilla. Myös teoreettisen maksimivälkkeen päiväkohtainen arvo alittaa Saksan 30 minuutin raja-arvon kaikkien asuntojen kohdilla.

7 Välkevaikutuksen laskentamenetelmä

Välkevaikutuksen laskennassa hyödynnetään taivaanpallon käsitettä, joka on maapallon maantieteellistä koordinaatistoa vastaava kuvitteellinen kuori katsottaessa maapallolta taivaalle. Samalla tavoin kuin paikan sijainti maapallolla voidaan ilmoittaa pituus- ja leveyspiirien avulla, voidaan taivaankappaleiden paikat taivaanpallolla ilmoittaa kahden koordinaatin (rektaskensio ja deklinaatio) avulla. Aurinko kulkee vuoden aikana taivaanpallolla kääntöpiirien väliin asettuvalla nauhalla, ja Auringon esiintymistiheys kyseisellä nauhalla voidaan esittää tiheysfunktiona.

Tiettyyn pisteeseen kohdistuvaa vuotuista välkevaikutusta laskettaessa tarkastellaan sitä osaa taivaanpallosta, joka näkyy pisteeseen tuulivoimaloiden roottorikehien läpi. Näkyvyyden arvioinnissa otetaan huomioon paikallinen maaston korkeusaineisto. Mikäli kääntöpiirien väliin asettuva nauha ei näy roottorikehien läpi, tarkastelupisteeseen ei kohdistu välkevaikutusta. Muussa tapauksessa yksittäisen tuulivoimalan aiheuttamien väiketuntien määrä saadaan integroimalla tiheysfunktioita tuulivoimalan roottorikehien läpinäkyvällä taivaanpallon osuudella. Tuulivoimaloiden yhteisvaikutus saadaan summaamalla tuulivoimakohtaiset väketunnit ottaen kuitenkin huomioon mahdolliset päällekkäisyydet roottorikehien peittämässä alueissa. Laskenta suoritetaan erikseen tuulivoimaloiden eri orientaatioille, joita skaalataan suuntakohtaisilla tuulisuusosuuksilla.

Huomioitaessa kuukausittaista (tai muuta lyhytaikaista) vaihtelua auringonpaisteen todennäköisyydessä, taivaanpallon nauha jaetaan vastaaviin osiin Auringon deklinaation mukaan. Tiheysfunktio määritellään näissä osissa erikseen, ja integroinnin tuloksia skaalataan kuukausikohtaisilla todennäköisyyksillä.

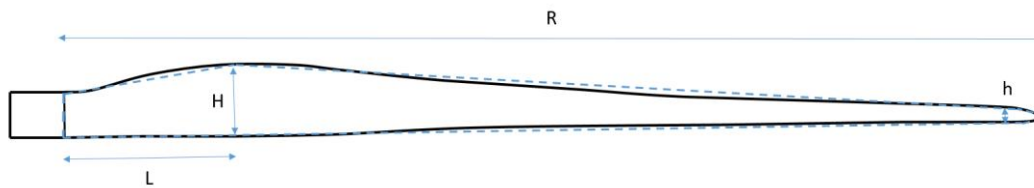
Tuulivoimalan lapojen aiheuttama varjo heikkenee asteittain liikuttaessa etäämmälle voimalasta, eikä tietyn etäisyyden jälkeen varjo ole enää ihmissilmin havaittavissa. Tämä etäisyys riippuu tuulivoimalan lavan leveydestä, ja esimerkiksi Ruotsin ja Saksan tuulivoimarakentamisen suunnitteluohjeistuksessa määritellään, että välkevarjostus huomioidaan, mikäli lapa peittää vähintään 20 % Auringosta. Käytännössä tämä asettaa lavan leveydestä riippuvan maksimietäisyyden yksittäisen tuulivoimalan aiheuttamalle välkevaikutukselle, eikä sen ulkopuolella välkevaikutusta ole.

Kun lavan leveys on w metriä, niin 20 % Auringon peittoon perustuvan välkevarjostuksen maksimietäisyyden määrittämiseen voidaan johtaa laskentakaava

$$\text{maksimietäisyys} = (5 * d * w) / 1'097'780,$$

missä d on etäisyys Aurinkoon (150'000'000 km). Yleensä välkelaskennan maksimietäisyyden laskenta perustuu lavan keskimääräiseen leveyteen, joka määrää maksimietäisyyden. Käytännössä tuulivoimalan lapa ei ole vakiolevyinen: Levein kohta sijaitsee lähellä tuulivoimalan napaa ja lapa kapenee huomattavasti kärkeä kohti liikuttaessa. Tällä perusteella lavan tyven välkevaikutus ulottuu huomattavasti pidemmälle kuin lavan kärjen, mikäli arviointiperusteena käytetään Auringon peittoastetta.

Seuraavassa kaaviokuvassa (Kuva 10) on esitetty yksinkertaistettu malli tyypillisestä profiilista, jossa lavan maksimileveys on H etäisyydellä L lavan tyvestä. Lavan kokonaispituus on R ja lavan leveys 90 % etäisyydellä tyvestä on h . Lavan oletetaan kapenevan lineaarisesti arvosta H arvoon h liikuttaessa maksimikohdasta kärkeen. Tavanomaisesti välkelaskennassa tuulivoimalan keskimääräinen leveys on määritetty parametrien H ja h keskiarvona.



Kuva 10: Tuulivoimalan lavan yksinkertaistettu profiili.

Tämän raportin välkelaskennassa lavan leveys on määritetty useasta kohtaa lapaa, jolloin lavan muoto saadaan kuvattua vielä tarkemmin kuin kahteen leveysarvoon H ja h perustuvassa lineaarisessa approksimaatiossa. Tällä tavoin välkelaskennassa huomioidaan tarkemmin tuulivoimalan muuttuva lapaprofiili, ja saadaan realistisempia tuloksia kuin olettamalla tietty keskimääräinen lavan leveys ja sitä vastaava kiinteä maksimietäisyys.

8 Viitteet

- [1] C. Di Napoli: Tuulivoimaloiden melun syntytavat ja leviäminen, Suomen Ympäristö 4, 2007.
- [2] D. Siponen: Noise Annoyance of Wind Turbines, VTT Research Report VTTR-00951-11, 2011.
- [3] J. Jakobsen: Danish regulation for low frequency noise from wind turbines, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control 31(4), 2012.
- [4] J. Keränen, J. Hakala, V. Hongisto: The sound insulation of façades at frequencies 5–5000Hz, Building and Environment 156, 2019.
- [5] S. Uosukainen: Tuulivoimaloiden melun synty, eteneminen ja häiritsevyys, VTT Tiedotteita 2529, 2010.
- [6] Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Sosiaali- ja terveysministeriö 2015.
- [7] Tuulivoimaloiden melun mallintaminen, Ympäristöhallinnon ohjeita 2|2014. Ympäristöministeriö.
- [8] Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5|2016. Ympäristöministeriö, 2016.
- [9] Valtioneuvoston päätös 993/1992 melutason ohjearvoista. Astui voimaan 1.1.1993.
- [10] Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista. Astui voimaan 1.9.2015.
- [11] Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä. Ympäristöministeriö, 14.9.2016.
- [12] Ympäristömelun mittaaminen. Ympäristöministeriö, Ohje I 1995.
- [13] IECRE - IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications. IECRE.WE.TC.21.0091-R1, EnVentus V162. 20.8.2021, DNV Renewables Certification.
- [14] C. A. León: Trailing Edge Serrations, Effect of Their Flap Angle on Flow and Acoustics. 7th International Conference on Wind Turbine Noise, Rotterdam, 2nd to 5th May 2017.
- [15] M. Gupta, K. Madsen: Advancements in continuous learning for tonality free turbine design. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.
- [16] K. Bolin: The Influence of Background Sounds on Loudness and Annoyance of Wind Turbine Noise. Acta Acustica united with Acustica, Vol 98 (2012) pages 741-748.
- [17] G.P. van den Berg: The sound of high winds: the effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise. Doctoral Thesis, University of Groningen, Holland, 2006.
- [18] D. Halstead, N. Tam: A study of background noise levels measured during far-field receptor testing of wind turbine facilities. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.
- [19] S. Oerlemans, J.G. Schepers: Prediction of wind turbine noise directivity and swish, Proc. 3rd Int. conference on wind turbine noise, Aalborg, Denmark, 2009.
- [20] Boverket: Vindkraftshandboken, Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden, 2009.
- [21] B. Tammelin et al.: Production of the Finnish Wind atlas. Wind Energy, 2011.
- [22] P. Jokinen et al.: Tilastoja Suomen ilmastosta ja merestä 1990–2020, Ilmatieteen laitos, Raportteja 2021:8.

9 Melumallinnuksen tiedot

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT							
Mallinnusraportin numero/tunniste: 101022132-004				Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 02.08.2024			
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: AFRY Finland Oy							
Vastuhenkilöt: Juulianna Lähteinen ja Erkki Heikkola							
Laatija: Juulianna Lähteinen				Tarkastaja/hyväksyjä: Erkki Heikkola			
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT							
Mallinnusohjelma ja versio: AFRY Numerola -mallinnusohjelmisto				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2			
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT							
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas				Tyyppi: V162 7.2MW		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 7,2 MW		Napakorkeus: 217,5 m		Roottorin halkaisija: 162 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB			dB	
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa			dB	
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Third octave noise emission EnVentus™ 162-7.2MW 50/60 Hz. Document no. 0116-1715_00. 2022-01-07.							
Melupäästötiedot: V162-7.2MW (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot varmuusarvolla 2 dB)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	62,8	200	94,3	2000	
63	88,0	25	67,3	250		2500	
125	95,6	31,5	71,6	315		3150	
250	100,4	40	75,7	400		4000	
500	102,5	50	79,2	500		5000	
1000	101,7	63	82,6	630		6300	
2000	98,2	80	85,7	800		8000	
4000	91,9	100	88,3	1000		10000	
8000	82,8	125	90,5	1250			
		160	92,7	1600			

TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT							
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas				Tyyppi: V162 6.2 MW		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 6,2 MW		Napakorkeus: 166 m		Roottorin halkaisija: 162 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB				dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa				dB
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT (Murtomäki)							
Third octave noise emission EnVentus™ V162-6.2MW 50/60 Hz. Document no. 0105-5200_00. 2021-04-21.							
Melupäästötiedot: V162-6.2 MW (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot varmuusarvolla 2 dB)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	61,8	200	93,5	2000	92,7
63	87,1	25	66,3	250	94,8	2500	90,9
125	94,7	31,5	70,6	315	95,9	3150	88,8
250	99,6	40	74,7	400	96,7	4000	86,2
500	101,8	50	78,3	500	97,1	5000	83,4
1000	101,1	63	81,6	630	97,2	6300	80,3
2000	97,6	80	84,7	800	96,9	8000	76,6
4000	91,4	100	87,3	1000	96,4	10000	73,0
8000	82,4	125	89,6	1250	95,5		
		160	91,8	1600	94,2		

TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT (Murtomäki II)							
Tuulivoimalan valmistaja: Siemens Gamesa				Tyyppi: SG170 6.2 MW		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 6,2 MW		Napakorkeus: 180 m		Roottorin halkaisija: 170 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB				dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa				dB
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT (Murtomäki II)							
Acoustic Emission SG 6.0-170 Rev. 0, Hub Height 135 m. Document ID: SGRE ON NE&ME TE SAS N-40-0000-046AC22-00. 2020-03-31.							
Melupäästötiedot: SG170-6.2 MW (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot varmuusarvolla 2 dB)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	65,7	200	91,7	2000	
63	88,5	25	69,7	250		2500	
125	95,4	31,5	73,7	315		3150	
250	98,1	40	77,5	400		4000	
500	99,9	50	80,3	500		5000	
1000	103,8	63	83,1	630		6300	
2000	101,9	80	85,9	800		8000	
4000	95,3	100	89,8	1000		10000	
8000	85,0	125	90,2	1250			
		160	91,7	1600			

TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT (Itämäki, Moskuankangas ja Uusimo)							
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas				Tyyppi: V172 7.2 MW		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 7,2 MW		Napakorkeus: 214 m 200 m 200 m		Roottorin halkaisija: 172 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB				dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa				dB
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Third octave noise emission EnVentus™ V172-7.2MW 50/60 Hz. Document no. 0128-4336_00. 2022-06-30.							
Melupäästötiedot: V172-7.2 MW (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot varmuusarvolla 2 dB)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	63,7	200	98,0	2000	92,4
63	92,4	25	68,9	250	98,6	2500	90,1
125	100,0	31,5	73,8	315	98,8	3150	87,5
250	103,3	40	78,6	400	98,9	4000	84,5
500	103,5	50	83,0	500	98,7	5000	81,1
1000	101,9	63	86,8	630	98,6	6300	77,4
2000	97,4	80	90,2	800	98,1	8000	73,3
4000	89,9	100	92,9	1000	97,2	10000	68,9
8000	79,2	125	95,2	1250	95,9		
		160	96,8	1600	94,4		

TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT (Leppämäki)							
Tuulivoimalan valmistaja: Nordex				Tyyppi: N163 6.X		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 6,8 MW		Napakorkeus: 200 m		Roottorin halkaisija: 163 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB				dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa				dB
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Third octave sound power levels Nordex N163/6.X. F008_277_A17_EN. Revision 05, 2022-07-18.							
Melupäästötiedot: N163-6.8 MW (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot varmuusarvolla 2 dB)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20		200		2000	
63		25		250		2500	
125		31,5		315		3150	
250		40		400		4000	
500		50		500		5000	
1000		63		630		6300	
2000		80		800		8000	
4000		100		1000		10000	
8000		125		1250			
		160		1600			

TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT (Leppäkangas)							
Tuulivoimalan valmistaja: Nordex				Tyyppi: N175 6.X		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 6,22 MW		Napakorkeus: 200 m		Roottorin halkaisija: 175 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB				dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa				dB
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Third octave sound power levels Nordex N175/6.X. F008_278_A17_EN. Revision 03, 2023-10-13.							
Melupäästötiedot: V163-6.8 MW (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot varmuusarvolla 2 dB)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20		200		2000	
63		25		250		2500	
125		31,5		315		3150	
250		40		400		4000	
500		50		500		5000	
1000		63		630		6300	
2000		80		800		8000	
4000		100		1000		10000	
8000		125		1250			
		160		1600			

Melun erityispiirteiden mittaust ja havainnot:											
Kapeakaistaisuus/ tonaalisuus			Impulssimaisuus			Merkityksellinen sykintä (amplitudi- modulaatio)			Muu, mikä:		
kyllä	ei		kyllä	ei		kyllä	ei		kyllä	ei	
Laskentakorkeus						Laskentaruudun koko [m x m]					
4 m						10 m x 10 m					
Suhteellinen kosteus						Lämpötila					
70 %						15 C°					
Maastomallin lähde ja tarkkuus											
Maastomallin lähde: Maanmittauslaitos						Vaakaresoluutio: 2 m			Pystyresoluutio: 0,3 m		
Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet											
ISO 9613-2											
Vesialueet, (0) / (G)											
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)											
Maa-alueet (0) / (G)											
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus											
Neutraali											
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen											
Vapaa avaruus											
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)											
Asukkaat: 0 kpl				Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl				Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl			
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)											
Asukkaat: 0 kpl				Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl				Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl			
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille											
Virkistysalueet: 0 kpl						Luonnonsuojelualueet: 1 kpl					
Lineaariset melutasot [dB] altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella:											
Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	57,1	55,5	53,8	52,3	51,2	50,1	48,6	46,9	44,4	41,1	39,5
R2	56,8	54,9	52,9	51,2	50,0	48,9	47,3	45,4	42,9	39,5	37,8
R3	56,2	54,2	51,8	49,6	48,2	47,2	45,5	43,3	40,6	36,8	34,7
R4	54,8	53,2	51,6	50,3	49,6	48,6	47,1	45,3	42,6	38,7	36,4
R5	54,6	53,0	51,5	50,2	49,5	48,5	47,1	45,2	42,6	38,6	36,3
R6	59,5	57,3	54,5	51,8	50,1	49,3	47,6	45,4	42,9	39,4	37,4
R7	59,4	57,1	54,1	51,2	49,5	48,8	47,0	44,6	42,1	38,3	36,0
R8	56,2	54,2	52,0	50,2	49,1	48,2	46,6	44,6	42,0	38,0	35,7
R9	55,2	53,3	51,3	49,6	48,4	47,3	45,6	43,6	40,8	37,0	34,9
R10	54,8	53,0	51,1	49,6	48,7	47,7	46,1	44,2	41,5	37,4	35,0



Eolus Energy Oy

Hallakallion tuulivoimapuiston melu- ja väikeselvitys, VE2:

Yhteisvaikutukset lähialueen hankkeiden kanssa

101022132-004, 02.08.2024

Tekijä
AFRY Finland Oy
Juulianna Lähteinen

E-mail
juulianna.lahteinen@afry.com

Osasto
Wind and Solar Finland

Raporttiversio
001

Asiakas
Eolus Energy Oy
Jarno Hautamäki

Päivämäärä
02/08/2024

Projektinumero
101022132-004

Raportin tila
VALMIS

Hallakallion tuulivoimapuiston melu- ja välkeselvitys, VE2: Yhteisvaikutukset lähialueen hankkeiden kanssa

Raporttihistoria

Versio	Pvm/Laatiija	Pvm/Tarkastaja	Merkinnät/Muutokset
001	02.08.2024/ Juulianna Lähteinen, Technical Consultant	02.08.2024/ Erkki Heikkola, Senior Consultant	Alkuperäinen

Aineistojen käyttöoikeudet

Selvityksessä on käytetty Maanmittauslaitoksen, Suomen ympäristökeskuksen, Ilmatieteen laitoksen ja Luonnonvarakeskuksen avoimien aineistojen käyttö lupien alaista materiaalia, jotka on lisensoitu Creative Commons Nimeä 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>.

Sisällysluettelo

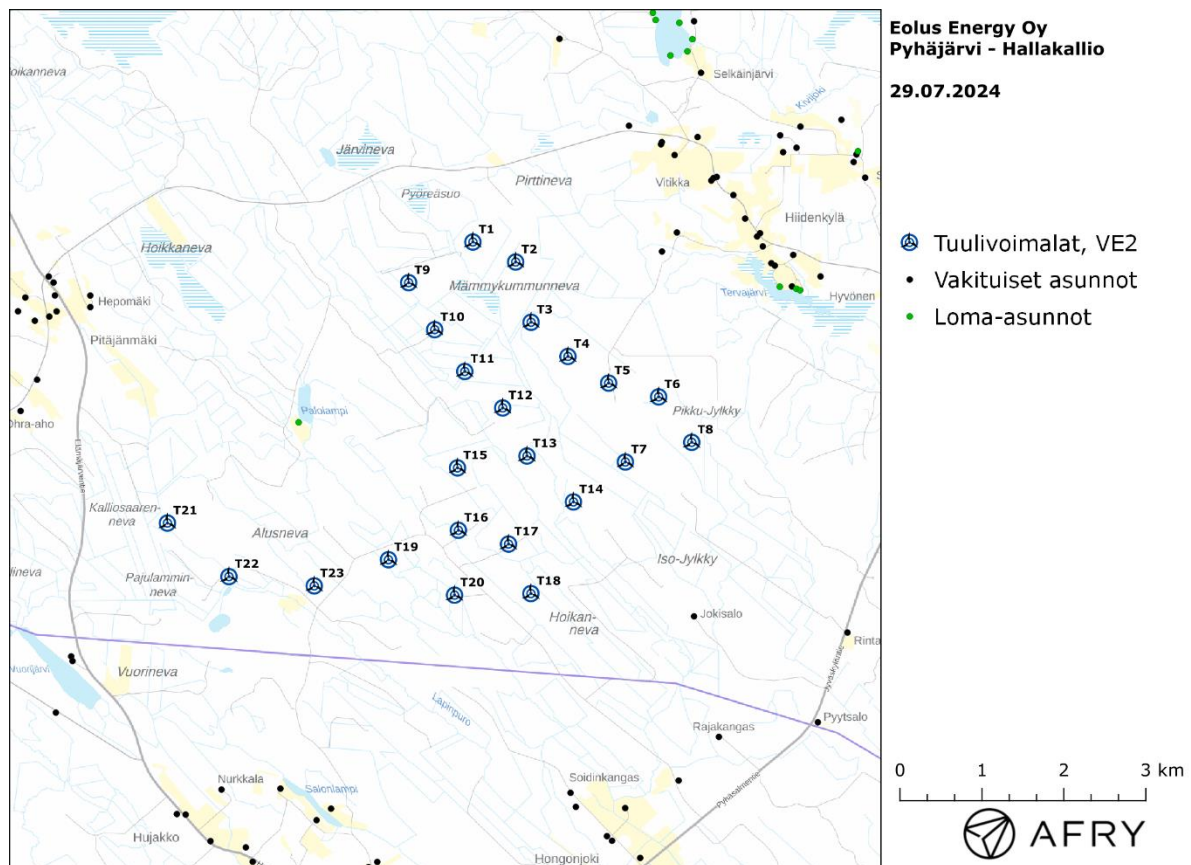
1	Johdanto	4
2	Tuulivoimaloiden melu	12
2.1	Yleistä tuulivoimamelusta	12
2.2	Melumallinnusohjeistus	13
2.3	Ohjearvot	14
2.4	Sisämelutasojen arviointi	15
3	Tuulivoimakohteen melumallinnus	16
3.1	Keskiäänitasojen LAeq mallinnus	16
3.2	Matalataajuisen melun mallinnus	21
4	Tuulivoimaloiden välke	23
4.1	Välkevaikutus	23
4.2	Välkkeen rajoittaminen	23
4.3	Arvioinnin epävarmuudet	23
4.4	Ohjearvot	24
5	Tuulivoimakohteen välkemallinnus	25
5.1	Mallinnusmenetelmä ja lähtöaineisto	25
5.2	Välkevaikutus	28
6	Yhteenveto	31
7	Välkevaikutuksen laskentamenetelmä	32
8	Viitteet	34
9	Melumallinnuksen tiedot	35

1 Johdanto

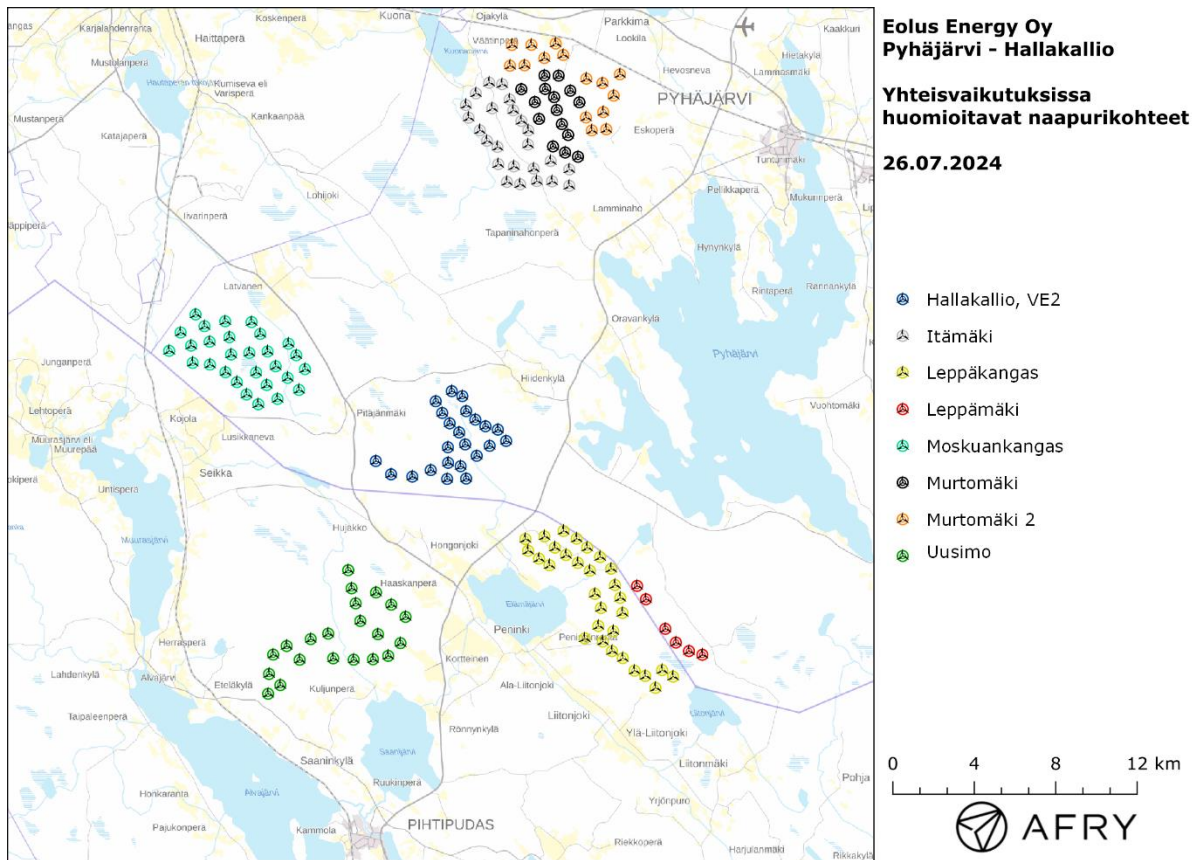
Selvityksessä arvioidaan Pyhäjärven kaupungin alueelle suunnitellun Hallakallion tuulivoimapuiston sekä läheisten toiminnassa ja suunnitteilla olevien tuulivoimapuistojen aiheuttamaa melun ja välkkeen yhteisvaikutusta laskennallisten mallien avulla. Arviointi tehdään Hallakallion 23 voimalan toteutusvaihtoehdolle VE2. Yhteisvaikutusten arvioinnissa huomioidaan seuraavat seitsemän tuulivoimakohdetta:

- Murtomäki, 15 voimalaa (tuotannossa)
- Murtomäki II, 15 voimalaa (suunnitteilla)
- Itämäki, 24 voimalaa (suunnitteilla)
- Moskuankangas, 28 voimalaa (suunnitteilla)
- Uusimo, 21 voimalaa (suunnitteilla)
- Leppämäki, 6 voimalaa (suunnitteilla)
- Leppäkangas, 30 voimalaa, (suunnitteilla)

Voimaloiden sijainnit on esitetty karttapohjilla kuvissa (Kuva 1 ja Kuva 2) ja voimaloiden sijaintikoordinaatit on annettu taulukoissa 1-8.



Kuva 1: Tuulivoimaloiden sijainnit Hallakallion suunnitelmalla VE2.



Kuva 2: Yhteisvaikutusten arvioinnissa huomioitavat tuulivoimakohteet.

Taulukko 1: Hallakallion suunnitelman VE2 tuulivoimaloiden (23 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
T1	432767	7049566	165
T2	433289	7049322	160
T3	433477	7048587	159
T4	433927	7048170	168
T5	434424	7047845	177
T6	435034	7047677	163
T7	434628	7046883	153
T8	435438	7047123	163
T9	431983	7049070	173
T10	432301	7048497	163
T11	432668	7047987	156
T12	433131	7047542	155
T13	433427	7046956	153
T14	433994	7046396	151
T15	432579	7046811	166
T16	432590	7046050	161
T17	433202	7045882	154
T18	433475	7045278	149
T19	431737	7045691	155
T20	432543	7045259	146
T21	429039	7046138	151
T22	429790	7045485	153
T23	430831	7045372	160

Taulukko 2: Murtomäen tuulivoimaloiden (15 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
MUR01	437320	7065056	165
MUR03	437355	7064398	169
MUR04	437794	7063995	170
MUR05	437923	7063362	165
MUR07	438174	7062672	162
MUR09	437739	7061577	176
MUR10	438017	7065048	161
MUR12	438590	7064311	159
MUR13	439038	7063740	161
MUR14	438967	7061070	159
MUR16	437054	7062928	165
MUR18	438483	7062139	160
MUR19	436849	7063756	167
MUR20	436184	7064384	164
MUR25	438336	7061277	165

Taulukko 3: Murtomäki II tuulivoimaloiden (15 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
M01	435721	7066553	163
M02	436679	7066560	165
M03	437870	7066623	156
M04	435628	7065534	164
M05	436343	7065553	167
M06	437315	7065911	166
M07	438242	7066065	159
M08	439374	7064901	160
M09	440168	7064685	158
M10	441028	7065116	160
M11	440720	7064070	159
M12	440205	7063260	160
M13	439359	7062996	161
M15	439644	7062360	160
M16	440356	7062415	160

Taulukko 4: Itämäen tuulivoimaloiden (24 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
I01	438539	7059645	151
I02	435240	7064629	158
I03	436124	7059718	155
I04	435480	7059833	154
I05	437691	7059860	154
I06	436941	7059873	157
I07	434606	7064701	152
I08	438539	7060447	161
I09	436790	7060488	162
I10	435817	7060595	153
I11	435051	7060707	150
I12	437624	7060857	163
I13	435013	7061545	147
I14	436510	7061666	161
I15	434496	7061850	146
I16	436524	7062363	162
I17	434146	7062365	145
I18	436185	7062827	162
I19	433597	7062985	145
I20	435786	7063345	161
I21	434753	7063448	155
I22	433461	7063604	139
I23	435611	7063879	162
I24	433953	7064177	141

Taulukko 5: Moskuankankaan tuulivoimaloiden (28 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
MO1	418894	7051546	128
MO2	419455	7052445	156
MO3	420191	7053333	156
MO4	419969	7051800	159
MO5	420628	7052755	158
MO6	420048	7050957	145
MO7	420880	7051994	155
MO8	421645	7052995	145
MO9	420893	7050871	143
MO10	421851	7052212	150
MO11	422939	7052959	139
MO12	421657	7050493	143
MO13	421934	7051364	146
MO14	422829	7051445	144
MO15	423366	7052374	141
MO16	422219	7050007	138
MO17	423161	7050483	145
MO18	423725	7051514	143
MO19	422693	7049403	136
MO20	423682	7049869	148
MO21	424123	7050786	146
MO22	423269	7048924	142
MO23	424212	7049186	157
MO24	425268	7049626	155
MO25	424712	7050222	152
MO26	425563	7050650	150
MO27	425135	7051329	144
MO28	424754	7051897	141

Taulukko 6: Uusimon tuulivoimaloiden (21 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
U1	423751	7034716	139
U2	424350	7035140	132
U3	428051	7039154	161
U4	429647	7036576	127
U5	424001	7036639	138
U6	428278	7038291	152
U7	425300	7036386	132
U8	430500	7038489	133
U9	423801	7035688	141
U10	428901	7036410	129
U11	427685	7040785	142
U12	426946	7036454	125
U13	429799	7039089	139
U14	425843	7037402	135
U15	430250	7037201	128
U16	424662	7037062	144
U17	427952	7036390	122
U18	427851	7039889	149
U19	429050	7039688	143
U20	426702	7037670	129
U21	429145	7037639	136

Taulukko 7: Leppämaen tuulivoimaloiden (6 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
LE1	441867	7040011	152
LE2	442303	7039356	154
LE3	443255	7037904	178
LE4	443774	7037232	168
LE5	444415	7036812	171
LE6	445072	7036630	172

Taulukko 8: Leppäkankaan tuulivoimaloiden (30 kpl) sijaintikoordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa ja maaston korkeus tuulivoimalan paikalla.

Tuulivoimalat	E	N	Maaston korkeus [m]
LK1	438258	7042708	142
LK2	437321	7042440	152
LK3	436383	7042309	148
LK4	436516	7041736	141
LK5	437052	7041348	139
LK6	437830	7041885	142
LK7	438900	7042328	141
LK8	438377	7041525	140
LK9	439417	7041889	141
LK10	438962	7041139	140
LK11	439550	7040756	138
LK12	440054	7041429	143
LK13	440594	7040853	142
LK14	440782	7040055	150
LK15	441042	7039424	158
LK16	440096	7038925	149
LK17	441154	7038686	162
LK18	439968	7038045	138
LK19	440700	7037784	149
LK20	440185	7037283	140
LK21	440638	7036809	145
LK22	441165	7036466	152
LK23	441742	7035850	161
LK24	442271	7035592	178
LK25	442771	7035007	169
LK26	443098	7035876	165
LK27	443634	7035558	163
LK28	439300	7037435	133
LK29	439796	7039620	136
LK30	437565	7041023	145

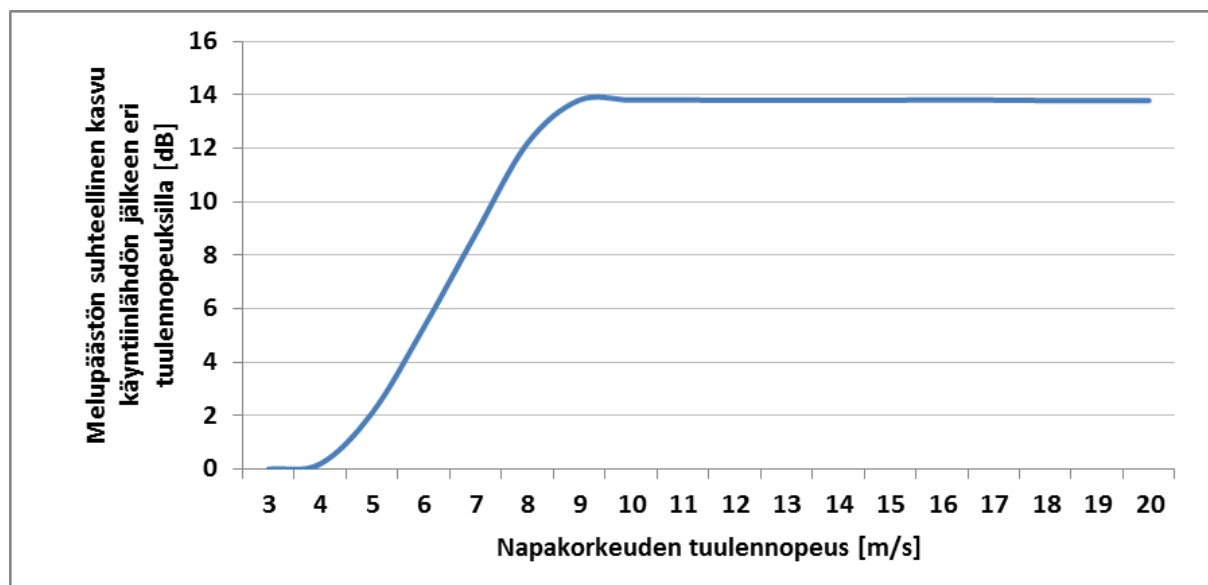
2 Tuulivoimaloiden melu

2.1 Yleistä tuulivoimamelusta

Tuulivoimalaitosten käyntiääni koostuu pääosin laajakaistaisesta lapojen aerodynaamisesta melusta sekä hieman kapeakaistaisemmasta sähköntuotantokoneiston yksittäisten osien aiheuttamasta melusta johon kuuluvat muun muassa vaihteisto, generaattori sekä jäähdytysjärjestelmät. Tuulivoimaloiden aerodynaaminen melu on hallitsevin äänilähde, joka kattaa noin 90 prosenttia kokonaisäänienenergiasta lapojen suuren vaikutuspinta-alan vuoksi [15]. Tuulivoimamelu on A-taajuusjakaumaltaan painottunut tyypillisesti 200–1000 Hz:n väliin.

Modernit kolmilapaiset tuulivoimalaitokset ovat nykyisin ylävirtalaitoksia, joissa siivistö sijaitsee tuulen etupuolessa suhteessa voimalan torniin. Katsottaessa aerodynaamisen melun suuntaavuutta ylhäältä käsin on siivistön äänitaso sivutuulen puolelta noin 4–6 dB alhaisempi kuin tuulen ylä- ja alapuolilla samalla etäisyydellä [19].

Vaihtuvanopeuksisen tuulivoimalan äänipäästö on suoraan verrannollinen tuulennopeuteen siten, että alhaisilla tuulilla eli hitaalla roottorin pyörimisnopeudella ja lähellä käyntiinlähtönopeutta lähtöäänitaso on usein noin 10–15 dB alhaisempi kuin voimalan nimellisteholla, jossa roottori saavuttaa suurimman kierrosnopeuden (Kuva 3).



Kuva 3: Esimerkkikuva äänipäästön kasvusta napakorkeuden tuulennopeuden mukaan. Äänitason nousu tasoittuu n. 10 m/s voimalan napakorkeudella mitatun tuulennopeuden jälkeen.

Äänipäästön L_{WA} huipputaso saavutetaan tyypillisesti voimalan nimellistehotasolla, joka tarkoittaa yli 10 m/s tuulennopeutta napakorkeudella voimalamallista ja etenkin tornikorkeudesta riippuen. Tuulennopeuden edelleen kasvaessa tuulivoimalan siipikulmasäätö tasoittaa äänitehotason nousun roottorin pyörimisnopeuden pysyessä ennallaan.

Taustamelu, kuten liikennemelu ja teollisuusmelu sekä tuulen tuottama aallokko- ja puustokohina, peittävät tuulivoimaloiden melua, mutta peittoäänet ovat ajallisesti ja tasoltaan vaihtelevia. Tuulikohina esimerkiksi puustossa on taajuuskaistaltaan laajakaistaista ja tuulensuunnasta,

puulajeista, vuodenajasta ja tuulennopeudesta riippuva. Puustokohinan äänitaso mittauskorkeudella 1,5 m voi nousta kuitenkin tuulennopeuden mukaan kokemusperäisesti jopa yli 60 dB:n tasolle [18].

Ilmakehän pystysuuntaisen stabiilisuuden ja ilmavirran turbulenssin vaihtelut vuorokauden eri aikoina voivat vaikuttaa tuulisuuden tasoon eri korkeuksilla [16]. Ilmakehän neutraalin stabiilisuuden vallitessa 8 m/s tuulennopeus 10 metrin korkeudella vastaa korkeudella 100 m nopeutta 12 m/s, korkeudella 160 m nopeutta 14 m/s ja korkeudella 200 m nopeutta 15 m/s.

Moderneissa tuulivoimalaitoksissa melun lähtöäänitاسoa voidaan kontrolloida erillisellä optimointisäädöllä, jonka avulla kellonajan, tuulensuunnan ja tuulennopeuden mukaan säädetään lapakulmaa haluttuun pyörimisnopeuteen ja melutasoon. Tällä säädöllä on kuitenkin vaikutuksia voimalan sen hetkiseen tuotantotehoon. Modernit voimalamallit sisältävät usein myös siiven jättöreunan sahalaoidituksen, joka vähentää melupäästöä nimellisteholla tällä hetkellä noin 2–3 dB ja tulevaisuudessa vieläkin enemmän serraatioiden tuotekehityksen johdosta [14].

Tarkempia taustatietoja tuulivoimaloiden aiheuttaman melun syntymekanismeista, luonteesta ja vaikutuksista on koottuna julkaisuihin [1], [2] ja [5].

2.2 Melumallinnusohjeistus

Ympäristöministeriö on julkaissut 28.2.2014 ohjeen tuulivoimaloiden melun mallintamiseen [7]. Ohjeessa on annettu tietoja mallinnusmenettelyistä arvioitaessa tuulivoimaloiden aiheuttamaa melukuormitusta ympäristönsuojelulain täytäntöönpanossa ja soveltamisessa sekä maankäyttö- ja rakennuslain mukaisissa menettelyissä. Ohjeissa määritellään yksityiskohtaisesti käytettävät mallit, niiden parametrit ja lähtötiedot sekä tulosten esittämistavat. Yksityiskohtainen ohjeistus on koettu tarpeelliseksi, jotta mallinnustulokset olisivat aina tekijöistä riippumatta vertailukelpoisia keskenään. Tämän raportin melumallinnus on toteutettu ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisesti.

Melumallinnuksen lähtötietona tulisi käyttää teknisen spesifikaation IEC TS 61400-14 mukaista tuulivoimalan melupäästön tunnusarvoa (declared value) L_{WAd} . Se määritellään standardin IEC 61400-11 mukaisissa mittauksissa äänitehotasoksi, jonka varmuus melupäästön mahdollisessa verifiointissa on 95 %. Tunnusarvo koostuu mitatusta keskimääräisestä äänitehotasosta L_{WA} sekä varmuusarvosta K, joka vastaa tuulivoimalatyypin melutason vaihteluväliä 95 %:n varmuudella.

Äänitehotasot on ilmoitettava 1/3-oktaaveittain keskitaajuuksilla 20–10000 Hz ja oktaaveittain keskitaajuuksilla 31,5–8000 Hz, ja ne tulee olla saatavilla 10 m:n referenssikorkeutta vastaavilla tuulen nopeuksilla 8 m/s ja 10 m/s. Melumallinnuksen epävarmuus on tarkastelussa ja ohjeistuksessa sisällytetty laskennassa käytettyyn tuulivoimaloiden melupäästön arvoon, jolloin mallinnustuloksia voidaan suoraan verrata suunnitteluohjearvoihin ilman erillistä epävarmuus-tarkastelua, ja äänen etenemisen ja ympäristöolosuhteiden mallinnukseen voidaan käyttää vakioituja sää- ja ympäristöolosuhdearvoja.

Melun häiritsevyyteen vaikuttaa äänitasojen lisäksi melupäästöön mahdollisesti liittyvät erityisen häiritsevät melukomponentit: melun kapeakaistaisuus, melun impulssimaisuus ja merkityksellinen sykintä (nk. amplitudimodulaatio). Melun impulssimaisuuden ja merkityksellisen sykinän vaikutukset oletetaan sisältyvän valmistajan ilmoittamiin melupäästön tunnusarvoihin, eikä mallinnusohjeistuksessa edellytetä niiden erillistä tarkastelua.

Äänen etenemislaskennassa käytetään ohjeen mukaisia standardiin ISO 9613-2 perustuvia sää- ja ympäristöolosuhdearvoja. Maaston pinnan laatu ja muoto otetaan mallinnuksessa erillisinä huomioon. Lisäksi matalataajuisen äänen eteneminen tulee mallintaa erikseen ohjeistuksessa

määritellyn erillislaskennan avulla, joka perustuu Tanskassa annettuun ohjeistukseen, jonka parametreja on mukautettu Suomen olosuhteisiin [3]. Laskennassa otetaan huomioon geometrinen etäisyysvaimennus sekä ohjeistuksen mukaiset ilmakehän absorption ja maastovaikutuksen parametrit. Matalataajuisen äänen tarkastelu tehdään erikseen 1/3-oktaaveittain taajuusalueella 20–200 Hz melulle merkittävimmin altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella. Laskennan tarkoituksena on tuottaa tieto ulkomelutasoista terssikaistoittain, ja niiden perusteella voidaan arvioida rakennuksen sisämelutaso oletetulla ääneneristävyydellä.

2.3 Ohjearvot

Valtioneuvoston 1.9.2015 voimaan astunut asetus 1107/2015 määrittää tuulivoimaloiden aiheuttaman ulkomelutason ohjearvot [10]. Päätöstä sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyisyyden turvaamiseksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyissä. Ohjearvot määritetään melun A-painotettuina päivä- (klo 07–22) ja yöajan (klo 22–07) ekvivalenttimelutasoina ulkoalueille asumiseen käytettävillä alueilla. Valtioneuvoston asetus korvaa aiemmat ympäristöministeriön suosittelemat suunnitteluarvot tuulivoimaloiden ulkomelutasoille [8].

Valtioneuvoston aiemmassa melutasoihin liittyvässä päätöksessä 993/1992 on annettu luonnonsuojelualueille päiväajan ohjearvo 45 dB(A) ja yöajan ohjearvo 40 dB(A) [9]. Tuulivoimameluasetuksen 1107/1/2015 perustelumauktion mukaan asetusta ei sovelleta kaikilla luonnonsuojelualueilla, vaan ainoastaan yleiselle virkistyskäytölle tärkeillä luonnonsuojelualueilla, joille on rakennettu käyttöä palvelevia polkuja ja muita rakenteita. Aiemman melupäätöksen 993/1992 luonnonsuojelualueiden ohjearvoja ei siis tuulivoimamelun osalta sovellettaisi.

Kun laskennallisia melutasoja verrataan valtioneuvoston asetuksen ohjearvoihin, laskettuun melutasoon ei tehdä korjausta melun impulssimaisuuden tai kapeakaistaisuuden vuoksi. Ympäristöministeriön melumallinnusohjeistuksen [7] mukaan näiden vaikutusten oletetaan lähtökohtaisesti sisältyvän valmistajan ilmoittamiin melupäästön tunnusarvoihin, joita käytetään laskennan lähtötietoina. Sen sijaan valvonnan yhteydessä tehtäviin mittaustuloksiin lisätään 5 dB ennen valtioneuvoston ohjearvoon vertaamista, mikäli tuulivoimalan ääni sisältää kapeakaistaisia tai impulssimaisia komponentteja.

Valtioneuvoston ohjearvot on koottu taulukkoon (Taulukko 9).

Taulukko 9: Mallinnustulosten arvioinnissa sovellettavat valtioneuvoston asetuksen mukaiset ohjearvot.

Tuulivoimamelun ohjearvot	LA _{eq} päiväajalle (klo 7–22)	LA _{eq} yöajalle (klo 22–7)
Pysyvä asutus, Loma-asutus, Hoitolaitokset, Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Oppilaitokset, Virkistysalueet	45 dB	-
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Sosiaali- ja terveysministeriö on määrittänyt 15.5.2015 voimaan astuneessa asumisterveysasetuksessa toimenpiderajat matalataajuiselle yöaikaiselle melulle sisätiloissa [6]. Melun toimenpiderajat on annettu terssikaistoittain painottamattomille tunnin keskiäänitasoille, ja ne on

lueteltu taulukossa (Taulukko 10). Ohjeistuksen mukaiset mallinnustulokset vastaavat matalataajuuden melun tasoa ulkotiloissa, joten ne eivät ole suoraan verrannollisia Asumisterveysasetuksen arvoihin. Ulkomelutasojen avulla voidaan kuitenkin arvioida sisämelutasoja, kun rakennuksen vaipan ääneneristävyys tunnetaan riittävällä tarkkuudella.

Taulukko 10: Asumisterveysasetuksen toimenpiderajat sisämelulle terssikaistoittain. Desibeliarvot ovat taajuuspainottamattomia.

Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Äänitaso $L_{eq,1h}$ [dB]	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

2.4 Sisämelutasojen arviointi

Asumisterveysasetuksessa 545/2015 annetaan matalien taajuuksien 20–200 Hz tunnin keskiäänitasojen (Taulukko 10) lisäksi toimenpiderajat päivä- ja yöajan kokonaismelutasoille sisätiloissa. Päiväaikainen (klo 07-22) keskiäänitaso ei saa ylittää 35 dB(A) ja yöaikainen (klo 22-07) keskiäänitaso 30 dB(A). Lisäksi yöaikainen musiikkimelu tai muu vastaava mahdollisesti unihäiriötä aiheuttava melu, joka erottuu selvästi taustamelusta, ei saa ylittää 25 dB yhden tunnin keskiäänitasona $L_{eq,1h}$ mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

Ympäristöministeriön melumallinnusohjeet eivät sisällä erillisiä ohjeita sisämelun kokonaissäätömallinnamiseksi. Yöajan sisämelun toimenpiderajojen oletetaan kuitenkin alittuvan, mikäli melumallinnuksen antamat ulkomelutasot sekä matalataajuuden sisämelun tasot alittavat valtioneuvoston asetuksen ja asumisterveysasetuksen ohjearvot. Ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 mukaan uudisrakennusten ulkovaipan ääneneristykseen on oltava vähintään 30 dB. Jos tuulivoimaloiden aiheuttama ulkomelutaso alittaa 40 dB(A), niin sisämelutaso pysyy uudisrakennuksilla selkeästi toimenpiderajan alapuolella. Vanhemmat rakennukset eivät kuitenkaan välttämättä toteuta uuden asetuksen vaatimustasoa.

Suomalaisten asuinrakennusten ääneneristävyyttä on tutkittu artikkelissa [4], jossa on esitetty taajuuskohtaiset äänitasoerot matalille taajuuskaistoille 20-200 Hz. Artikkelin arvot (Taulukko 14) on määritetty tilastollisesti niin, että ne ylittyvät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja niitä on käytetty tässä selvityksessä matalataajuuksien sisämelutasojen arviointiin. Rakennusten ilmajärjestyksen keskimääräinen profiili kasvaa korkeammille taajuuksille mentäessä, jonka perusteella mallinnusohjeistuksen mukainen sisämelujen arviointi tehdään vain matalille taajuuksille. Jos matalataajuuden sisämelun tasojen todetaan pysyvän annetuissa toimenpiderajoissa, myös kokonaismelun tasot pysyvät todennäköisesti raja-arvojen alapuolella.

3 Tuulivoimakohteen melumallinnus

3.1 Keskiäänitasojen LAeq mallinnus

Tuulivoimaloiden aiheuttaman keskiäänitason mallinnus on suoritettu laskentastandardin ISO 9613-2 mukaisesti AFRY Numerola -mallinnusohjelmistolla. Mallinuksissa on käytetty voimalavalmistajien ilmoittamia taajuusjakaumia. Taajuusjakaumat on saatu seuraavista voimalavalmistajien dokumenteista:

- Third octave noise emission EnVentus™ 162-7.2MW 50/60 Hz. Document no. 0116-1715_00. 2022-01-07.
- Third octave noise emission EnVentus™ V162-6.2MW 50/60 Hz. Document no. 0105-5200_00. 2021-04-21.
- Third octave noise emission EnVentus™ V172-7.2MW 50/60 Hz. Document no. 0128-4336_00. 2022-06-30.
- Third octave sound power levels Nordex N163/6.X. F008_277_A17_EN. Revision 05, 2022-07-18.
- Third octave sound power levels Nordex N175/6.X. F008_278_A17_EN. Revision 03, 2023-10-13.
- Acoustic Emission SG 6.0-170, Rev. 0, Hub Height 135 m. Document ID: SGRE ON NE&ME TE SAS N-40-0000-046AC22-00. 2020-03-31.

Dokumenteissa ilmoitettuihin melutasoihin on lisätty ympäristöministeriön 14.9.2016 antaman lisäohjeistuksen mukainen 2 dB:n varmuusarvo [11]:

”Takuuarvoa ei ole aina esitetty dokumentissa IEC 61400-14 standardin määrittämällä tavalla ja takuuarvo joudutaan tällöin arvioimaan hankekehittäjän tai meluselvitystä tekevän konsultin toimesta. Tässä tapauksessa laskeminen tulee suorittaa IEC 61400-14 mukaisesti. Mikäli takuuarvoa ei ole mahdollista määrittää standardin IEC 61400-14 mukaisesti, tulee tuulivoimalan melupäästön lukuarvoon lisätä varmuusarvona 2 dB takuuarvon saamiseksi.”

Hallakallion tuulivoimaille on käytetty napakorkeutta 217,5 m, kokonaiskorkeutta 310 m ja tuulivoimalatyyppiä V162 7.2 MW PO7200, jonka ilmoitettu maksimiäänitehotaso on 105,5 dB(A). Mallinuksissa Hallakallion voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 107,5 dB(A). Mallinuksissa käytetyt taajuusjakaumat vastaavat tuulen nopeutta 15 m/s napakorkeudella, jonka arvioidaan vastaavan melumallinnusohjeistuksen mukaista referenssinopeutta 8 m/s 10 m korkeudella.

Murtomäen voimaloille on käytetty napakorkeutta 166 m ja tuulivoimalatyyppiä V162 6.2 MW PO6200, jonka ilmoitettu maksimiäänitehotaso on 104,8 dB(A). Mallinuksissa Murtomäen voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 106,8 dB(A). Murtomäki II voimaloille on käytetty napakorkeutta 180 m ja tuulivoimalatyyppiä SG170 6.2 MW AM0, jonka ilmoitettu maksimiäänitehotaso on 106 dB(A). Mallinuksissa Murtomäki II voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 108 dB(A).

Moskuankankaan, Itämäen sekä Uusimon voimaloille on käytetty tuulivoimalatyyppiä V172 7.2 MW PO7200, jonka ilmoitettu maksimiäänitehotaso on 106,9 dB(A). Mallinuksissa näiden tuulivoimain voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 108,9 dB(A). Moskuankankaan ja Uusimon voimaloille on käytetty napakorkeutta 200 m ja Itämäen voimaloille on käytetty napakorkeutta 214 m.

Leppämäen voimaloille on käytetty napakorkeutta 200 m ja tuulivoimalatyyppiä N163 6.8 MW Mode 1 (with STE), jonka ilmoitettu maksimiäänitehotaso on 106,4 dB(A). Mallinuksissa Leppämäen voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 108,4 dB(A). Leppäkankaan voimaloille on käytetty napakorkeutta 200 m ja tuulivoimalatyyppiä N175 6.22 MW Mode 2 (without STE), jonka ilmoitettu maksimiäänitehotaso on 108 dB(A). Mallinuksissa Leppäkankaan voimaloille on siis käytetty äänitehotasoa 110 dB(A). Hallakallion voimaloille sekä naapuripuistoille käytetyistä voimalatiedoista on tehty koonti taulukkoon 11.

Taulukko 11: Mallinuksissa tuulivoimaloille käytetyt napakorkeudet, tuulivoimalatyytit sekä äänitehotasot.

Tuulivoimapuisto	Voimaloiden lukumäärä	Napakorkeus	Tuulivoimalatyyppi	Äänitehotaso
Hallakallio	23 WTG	217,5 m	V162 7.2 MW PO7200	105,5+2 dB(A)
Murtomäki	15 WTG	166 m	V162 6.2 MW PO6200	104,8+2 dB(A)
Murtomäki II	15 WTG	180 m	SG170 6.2 MW AM0	106,0+2 dB(A)
Itämäki	24 WTG	214 m	V172 7.2 MW PO7200	106,9+2 dB(A)
Moskuankangas	28 WTG	200 m	V172 7.2 MW PO7200	106,9+2 dB(A)
Uusimo	21 WTG	200 m	V172 7.2 MW PO7200	106,9+2 dB(A)
Leppämäki	6 WTG	200 m	N163 6.8 MW Mode 1 (with STE)	106,4+2 dB(A)
Leppäkangas	30 WTG	200 m	N175 6.22 MW Mode 2 (without STE)	108,0+2 dB(A)

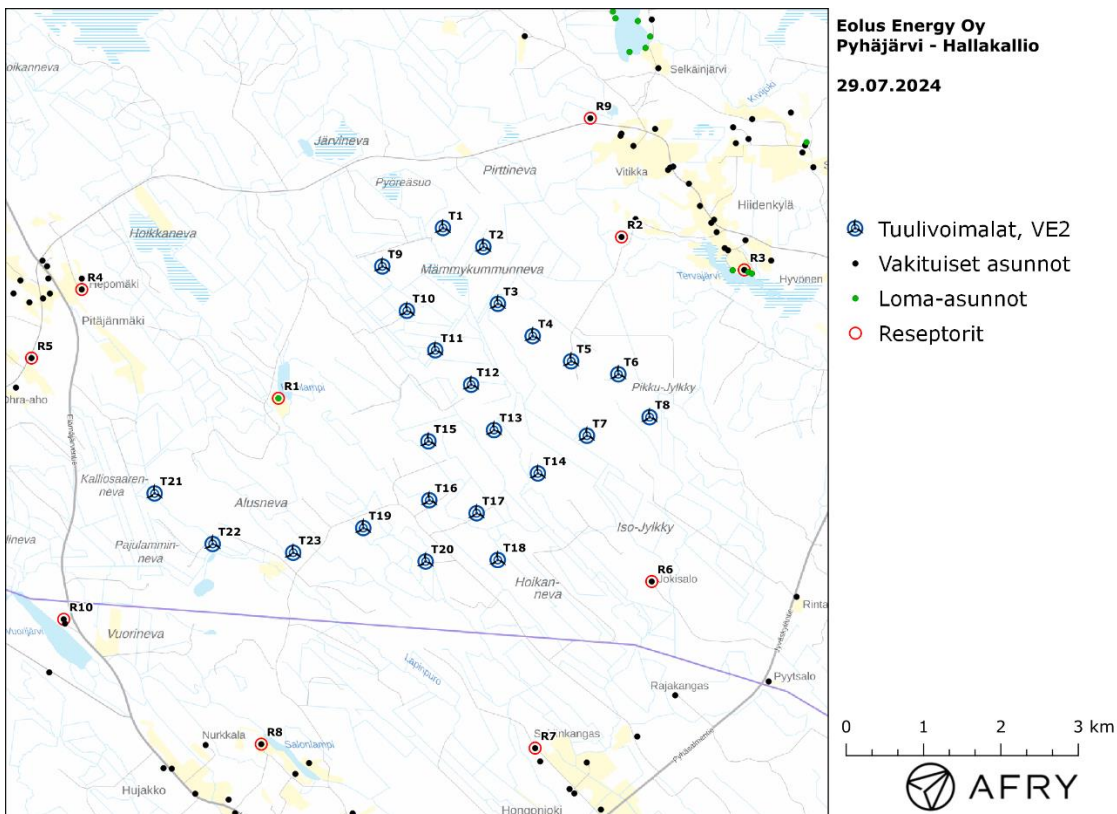
Tuulivoimaloiden melun impulssimaisuuteen tai amplitudimodulaatioon liittyvää sanktiota ei ole käytetty mallinuksissa. Tuulivoimalatyyppien melupäästön kapeakaistaisuuden arvioinnissa on käytetty ympäristöministeriön raportissa Ympäristömelun mittaaminen [12] esitettyä yksinkertaista menetelmää, joka perustuu äänitehotasojen vertailuun terssikaistoittain (1/3-oktaaveittain). Melun tulkitaan olevan kapeakaistaista, mikäli ainakin yhden terssikaistan äänitehotaso on vähintään 5 dB suurempi kuin välittömästi kyseisen kaistan ala- ja yläpuolella olevien terssikaistojen tasot. Luvussa 9 esitettyjen melun taajuusjakaumien mukaan tämä ehto ei toteudu, joten melun kapeakaistaisuuteen liittyvää sanktiota ei ole käytetty.

Maaston korkeusaineistona on käytetty Maanmittauslaitoksen aineistoa *Korkeusmalli 2 m*, jonka pystysuuntainen tarkkuus on 0,3 m ja vaakasuuntainen resoluutio 2 m. Melutasot tuulivoimaloiden ympäristössä laskettiin hilapisteistöön, jonka korkeus on (ohjeistuksen mukaisesti) 4 m maanpinnasta ja vaakaresoluutio 10 m. Ilmakehän absorption aiheuttama vaimennus, äänen suuntaavuus ja sääolosuhteiden vaikutus äänen etenemiseen on määritetty ympäristöministeriön ohjeistusten mukaisesti. Tuulivoimalan sijoituspaikan ympäristössä maaston vaikutuskerroin on ollut maa-alueilla 0,4 ja vesialueilla 0,0. Mallinusohejeistuksen mukaisesti tuulivoimalan melupäästöön lisätään 2 dB, mikäli voimalan ja melulle altistuvan kohteen välinen korkeusero ylittää 60 m. Akustisen laskennan lähtötiedoista ja parametreista on tehty yhteenveto lukuun 9.

Taulukossa (Taulukko 12) on määritelty tuulivoimaloiden ympäristöstä 10 rakennusta, joiden kohdilla keskiäänitason LAeq ja matalataajuisen melun tasoja tarkastellaan tarkemmin. Rakennusten sijaintipisteitä kutsutaan reseptoripisteiksi, ja niiden paikat suhteessa tuulivoimaloihin on esitetty kartta-pohjalla (Kuva 4). Rakennukset sijaitsevat noin 2 km etäisyydellä Hallakallion voimaloista.

Taulukko 12: Reseptorien koordinaatit ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa.

Reseptori	E	N	Maaston korkeus [m]	Rakennusluokitus
R1	430641	7047365	165,5	Iomarakenus
R2	435076	7049448	153,4	vakituinen asuinrakennus
R3	436663	7049023	151,1	vakituinen asuinrakennus
R4	428099	7048770	194,2	vakituinen asuinrakennus
R5	427450	7047884	190,6	vakituinen asuinrakennus
R6	435467	7044998	148,1	vakituinen asuinrakennus
R7	433960	7042846	135,7	vakituinen asuinrakennus
R8	430419	7042897	156,2	vakituinen asuinrakennus
R9	434673	7050982	160,3	vakituinen asuinrakennus
R10	427866	7044510	146,5	vakituinen asuinrakennus

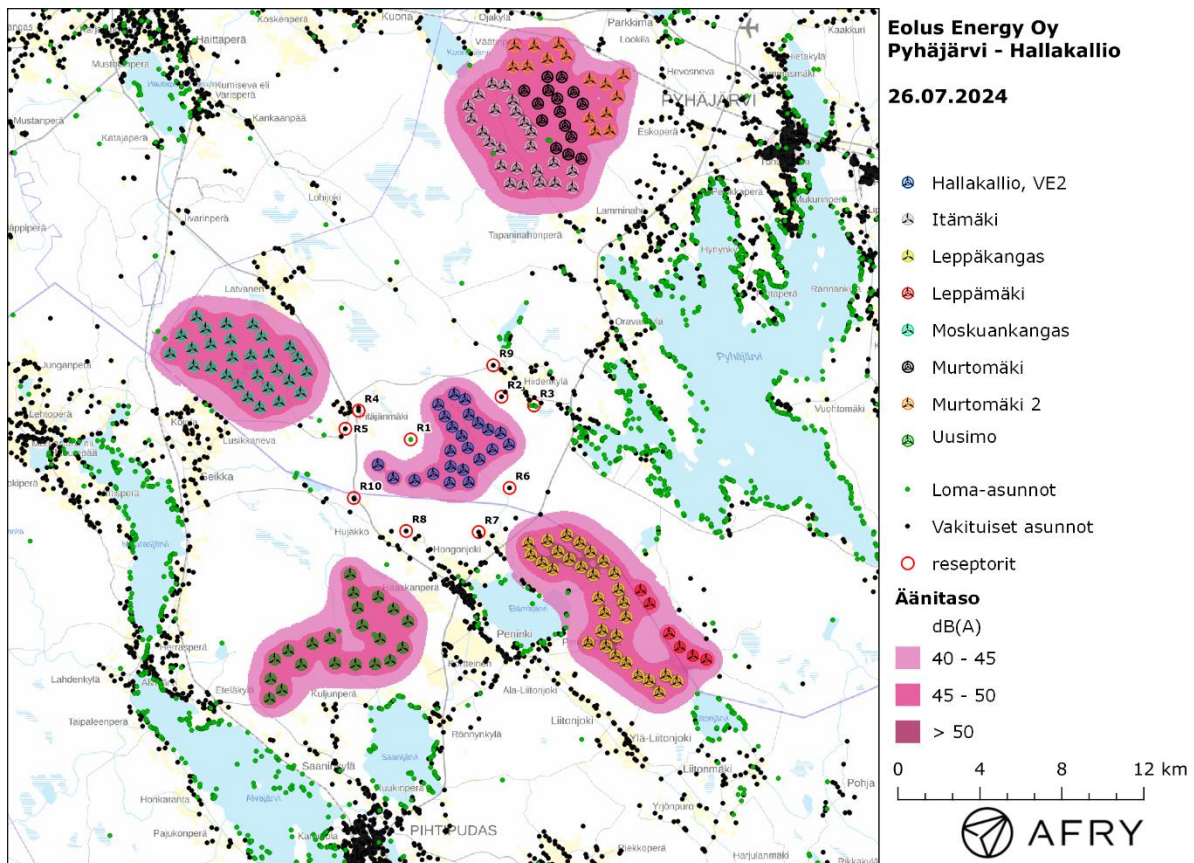


Kuva 4: Reseptorien paikat tuulivoimapuiston hankealueella.

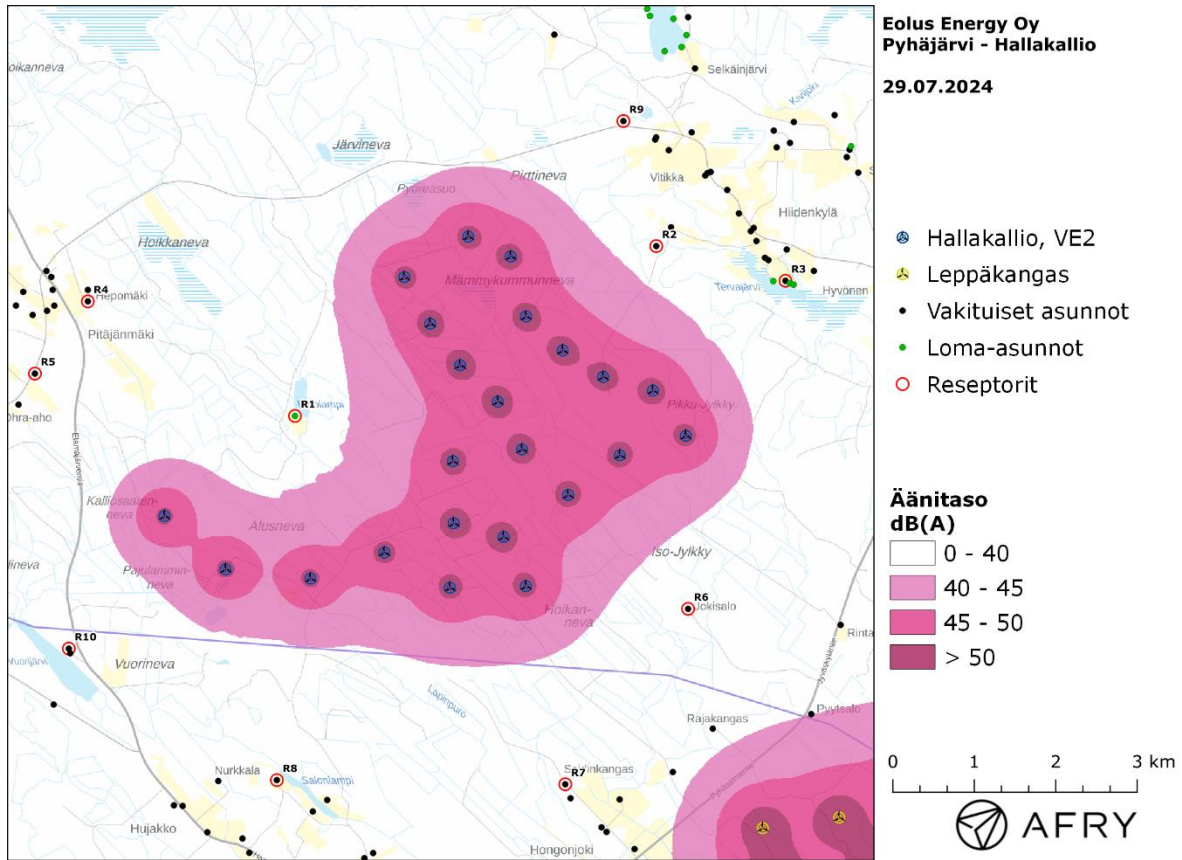
Meluvaikutus

Tarkasteltavien tuulipuistojen yhteisvaikutuksena mallinnettu keskiäänitaso LAeq on esitetty karttakuvina (Kuva 5 ja Kuva 6). Alueen rakennustieto perustuu Maanmittauslaitoksen maasto-tietokannan aineistoon, jossa on eritelty alueen asuinrakennukset ja loma-asunnot. Karttakuvaan on merkitty keskiäänitasojen 40 dB(A), 45 dB(A) ja 50 dB(A) mukaiset vyöhykkeet, joita käytetään apuna tulosten arvioinnissa.

Keskiäänitasot reseptoreiden kohdilla on lueteltu taulukossa (Taulukko 13). Mallinnustulosten perusteella keskiäänitasot jäävät valtioneuvoston asetuksen 40 dB(A):n ohjearvojen alapuolelle kaikkien alueen asuin- ja lomarakennusten kohdilla. Mallinnusten perusteella melun yhteisvaikutukset nostavat melutasoja 0,2-4,8 dB(A). Suurimmillaan melutasot kasvavat reseptorin R4 kohdalla, joka sijaitsee Hallakallion ja Moskuankankaan välissä.



Kuva 5: Keskiäänitasot LAeq, kun otetaan huomioon kahdeksan tuulivoimapuiston yhteisvaikutukset.



Kuva 6: Keskiäänitasot Laeq, kun yhteisvaikutusten karttanäkymä on rajattu Hallakallion vaikutusalueelle.

Taulukko 13: Keskiäänitasot Laeq reseptoripisteiden kohdilla, kun mallinuksissa huomioidaan Hallakallion suunnitelma VE2 sekä naapuripuistot.

Reseptori	Äänitaso dB(A)
R1	37,7
R2	37,7
R3	34,1
R4	33,7
R5	33,7
R6	37,1
R7	35,3
R8	34,2
R9	33,7
R10	33,8

3.2 Matalataajuisen melun mallinnus

Matalataajuisen melun laskenta on suoritettu ympäristöministeriön mallinnusohjeistuksen mukaisesti [7]. Laskennan lähtötietona on käytetty samoja valmistajan ilmoittamia melun taajuusjakaumia kuin keskiäänitasojen mallinnuksessa, mutta rajoittuen 1/3-oktaaveittain taajuuksille 20–200 Hz. Matalataajuisen melun laskenta suoritetaan taajuuspainottamattomilla melutasoilla.

Meluvaikutus

Matalataajuisen melun arvioinnissa käytetään Suomen asumisterveysasetuksessa määriteltyjä taajuuskohtaisia arvoja, jotka antavat toimenpiderajat matalataajuisen melun yöaikaisille *sisämelutasoille* (Taulukko 10). Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukainen mallinnus antaa matalataajuisen *ulkomelun* tasot voimaloita lähimpien kiinteistöjen kohdilla. Tulokset eivät siis ole suoraan vertailukelpoisia asumisterveysasetuksen arvoihin, vaan tulokinnassa pitää huomioida myös rakennusten ulkovaipan ääneneristävyys.

Ympäristöministeriön ohjeiden mukainen matalataajuisen melun laskenta perustuu Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa esitettyyn menetelmään [3], jonka parametreihin on tehty joitakin Suomen olosuhteisiin perustuvia tarkennuksia. Tanskan menetelmässä on määritelty rakennuksesta aiheutuva äänitasoero (ΔL_o) taajuuskaistoittain, jolloin saadaan laskettua myös sisämelutasot ja toimenpiderajoihin verrannolliset mallinnustulokset.

Tässä raportissa käytetyt rakennusten parametrit perustuvat tutkimukseen suomalaisten pientalojen äänieristävyiden arvoista [4]. Turun ammattikorkeakoulussa tehdyssä tutkimuksessa esitetyt arvot perustuvat suomalaisissa pientaloissa tehtyihin mittauksiin, joiden avulla on johdettu tilastollinen estimaatti talojen ääneneristävyyksille eri taajuuksilla. Artikkelin [4] äänitasoerot ylittyvät 84 % todennäköisyydellä suomalaisissa pientaloissa, ja ne ovat selkeästi alhaisempia kuin Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa annetut arvot. Ne antavat siten konservatiivisen arvion rakennusten aiheuttamalle ääneneristävyydelle, ja tässä raportissa vertailurakennusten matalataajuisia sisämelutasoja arvioidaan käyttäen näitä alempia äänitasoeroja. Taulukossa (Taulukko 14) on esitetty sekä Tanskan ympäristöhallinnon ohjeissa että artikkelissa [4] annetut äänitasoerot.

Taulukko 14: Rakennuksen äänitasoerot taajuuskaistoittain.

Taajuus [Hz]	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Äänitasoero [dB] (Tanskan ohjeistus)	6,6	8,4	10,8	11,4	13,0	16,6	19,7	21,2	20,2	21,2	-
Äänitasoero [dB] (viite [4])	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13,0	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

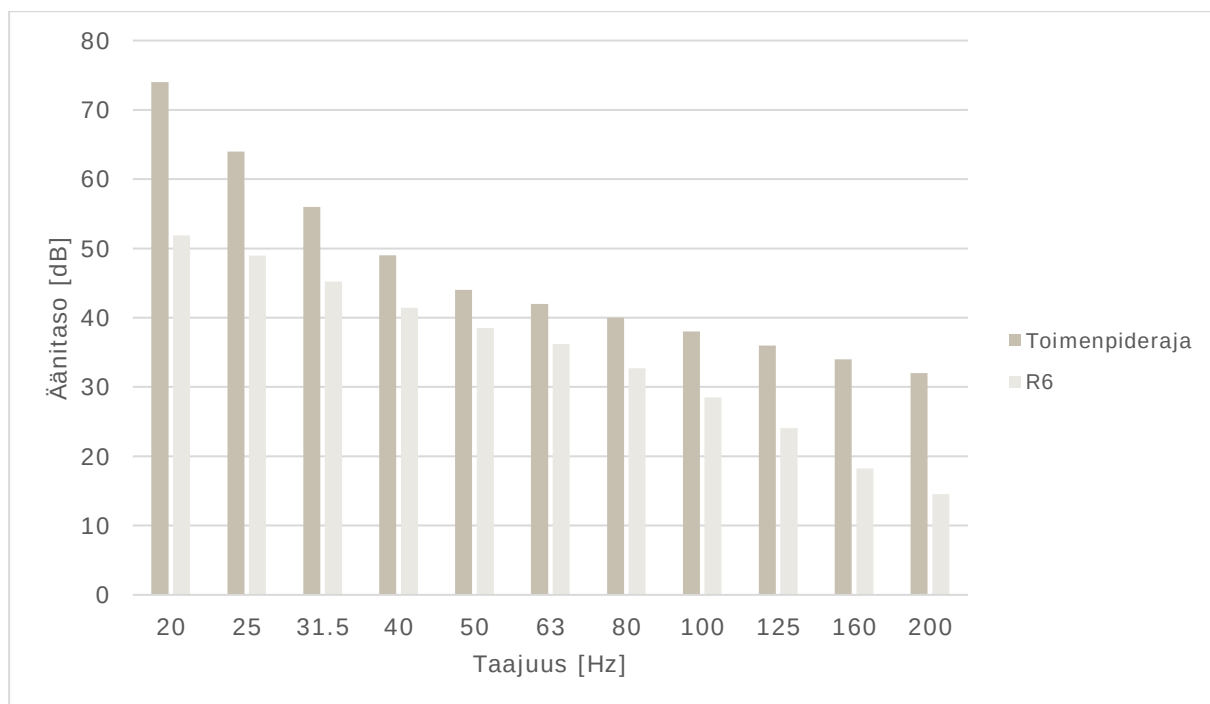
Melutasoja tarkastellaan aiemmin määriteltyjen reseptoreiden paikoilla. Lisäksi lasketaan sisämelutasot eniten melulle altistuvassa kohteessa käyttäen alempia äänitasoeroja (Taulukko 14) ja verrataan näitä tuloksia asumisterveysasetuksen arvoihin. Tuulivoimaloiden aiheuttama matalataajuinen ulkomelutaso reseptoreiden kohdilla taajuuskaistoittain ja ilman taajuuspainotusta on lueteltu taulukossa (Taulukko 15). Taulukkoon on eritelty ohjeistuksen mukaisesti lasketut ulkotilojen melutasot.

Korkeimmat matalataajuisen melun tasot kohdistuvat reseptoriin R6. Tämän pisteen kohdalla laskettuja sisämelutasoja on verrattu Asumisterveysasetuksen arvoihin kuvassa (Kuva 7). Kun

otetaan huomioon rakennuksien ääneneristävyys, melutasot jäävät toimenpiderajojen alapuolelle koko taajuuksivälillä.

Taulukko 15: Matalataajuisen ulkomelun äänitasot (dB) reseptoreiden kohdilla, kun mallinuksissa huomioidaan Hallakallion suunnitelma VE2 sekä naapuripuistot.

taajuus	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	56,5	54,7	52,9	51,4	50,3	49,2	47,7	45,8	43,3	39,8	38,0
R2	56,6	54,7	52,7	51,0	49,7	48,7	47,1	45,2	42,6	39,2	37,6
R3	56,1	54,1	51,6	49,5	48,0	47,1	45,3	43,1	40,4	36,6	34,5
R4	54,4	52,8	51,1	49,9	49,1	48,2	46,7	44,8	42,2	38,1	35,8
R5	54,4	52,8	51,2	50,0	49,3	48,3	46,9	45,0	42,4	38,4	36,0
R6	59,5	57,3	54,4	51,7	50,0	49,2	47,5	45,3	42,9	39,3	37,4
R7	59,4	57,1	54,1	51,1	49,4	48,7	46,9	44,6	42,1	38,3	35,9
R8	56,1	54,2	52,0	50,1	49,0	48,1	46,6	44,6	41,9	38,0	35,6
R9	55,0	53,1	51,0	49,2	48,0	46,9	45,2	43,1	40,4	36,5	34,3
R10	54,7	52,9	51,0	49,5	48,6	47,6	46,0	44,0	41,3	37,3	34,9



Kuva 7: Matalataajuisen sisämelun tasot reseptorin R6 kohdalla, kun mallinuksissa huomioidaan Hallakallion suunnitelma VE2 sekä naapuripuistot.

4 Tuulivoimaloiden välke

4.1 Välkevaikutus

Välkevaikutuksella tarkoitetaan tilannetta, jossa Auringon paisteen ja tarkastelupisteen väliin jäävän voimalan lavat aiheuttavat välkkyvän varjon. Välke voi ulottua pisimmillään 1–3 km etäisyydelle voimalasta. Välkevaikutuksen etäisyyteen ja keston vaikuttavat tuulivoimalan korkeus ja roottorin halkaisija, vuoden- ja vuorokaudenaika, maaston muodot sekä näkyvyyttä rajoittavat tekijät kuten kasvillisuus ja pilvisuus.

Suomen sijainnin vuoksi yksittäisen tuulivoimalan välkevaikutus kohdistuu valtaosin voimalan pohjoispuolelle (päiväaika) sekä lounais- ja kaakkoispuolille (aamu- ja iltajaat). Suomessa voimala aiheuttaa välkevaikutusta eteläpuolelleen vain pohjoisen napapiirin pohjoispuolella.

Välkevaikutuksen laskenta voi perustua joko teoreettisen maksimivälkkeen tai todennäköisen tilanteen mallinnukseen:

- Teoreettisen maksimivälkkeen laskennassa oletetaan, että päiväaikaan Aurinko paistaa jatkuvasti, tuulivoimalan roottori pyörii jatkuvasti, ja roottori on aina kohtisuorassa Aurinkoa kohden.
- Todennäköisen tilanteen mallinnuksessa otetaan huomioon paikallinen tilastollinen aineisto auringonpaisteen määrästä ja ajoittumisesta sekä tuulen suuntien ja nopeuksien jakautumisesta.

Tämän selvityksen väkelaskenta on tehty mallintamalla sekä todennäköinen välkeaika että teoreettinen maksimivälke.

4.2 Välkkeen rajoittaminen

Välkevaikutusta voidaan vähentää voimalakohtaisella välkkeen hallintatyökalulla (shadow flicker protection system), joka sisältää valoanturin ja välkkeenhallintasovelluksen. Työkalun avulla voimala voidaan pysäyttää joko havaitun auringonpaisteen perusteella ja/tai haluttuina vuoden- ja kellon-aikoina. Pysäytetty voimala ei aiheuta välkettä.

4.3 Arvioinnin epävarmuudet

Mallinnettu todennäköinen välkevaikutus perustuu auringonpaisteen ja tuulisuuden tilastolliseen aineistoon. Yksittäisen vuoden sääolosuhteet saattavat poiketa merkittävästi keskimääräisistä olosuhteista, jolloin vuotuinen välkevaikutus voi poiketa mallinnetusta arvosta. Auringonpaisteen aineisto on saatu Pelmaan sääasemalta, josta etäisyys hankealueeseen on noin 150 km.

Mallinnuksessa ei ole huomioitu paikallisen puuston vaikutusta voimaloiden näkyvyyteen ja välkevaikutukseen. Puusto voi rajoittaa merkittävästi näkyvyyttä tuulivoimaloille ja vähentää vuotuista välkevaikutusta. Puuston näkyvyyttä peittävä vaikutus vaihtelee kuitenkin vuosien ja vuodenaikojen suhteen, minkä vuoksi puuston välkettä vähentävää vaikutusta ei pystytä arvioimaan tarkasti.

Rakennuksiin kohdistuvan välkkeen laskennassa käytetään ns. kasvihuone-oletusta, jolloin rakennukseen kohdistuva välkevaikutus huomioidaan riippumatta suunnasta. Välkevaikutuksen laskennallinen arvio kuvaa siis välkevaikutusta ulkona. Rakennusten sisätiloissa välkevaikutus on

yleensä vähäisempi, koska välkevaikutus kohdistuu rakennuksen sisätiloihin vain ikkunoiden suunnasta.

4.4 Ohjearvot

Tuulivoimaloiden välkevaikutukselle ei ole Suomessa määritelty ohjearvoja. Ympäristöministeriön ohjeissa tuulivoimapuiston suunnitteluun suositellaan käytettäväksi muiden maiden suosituksia välkemäärien osalta [8]. Tanskassa on määritetty vuotuisen väketuntimäärän suositusarvoksi 10 h. Ruotsissa vastaava suositusarvo on 8 h ja korkeintaan 30 min päivässä [20]. Näiden ohjearvojen käyttö edellyttää todennäköisen väketilanteen laskentaa. Mikäli väketuntien arvioinnissa käytetään laskennallista maksimituntimäärää, voidaan vuotuisen välkevaikutuksen ohjearvona käyttää Saksassa käytettävää 30 h raja-arvoa. Tässä raportissa mallinnettujen väketasojen arvioinnissa käytetään Ruotsin suunnitteluohjeissa annettuja ohjearvoja todennäköisen välkkeen tapauksessa. Teoreettisen maksimivälkkeen arvioinnissa käytetään Saksan 30 tunnin raja-arvoa vuodessa ja 30 minuuttia päivässä.

5 Tuulivoimakohteen välkemallinnus

5.1 Mallinnusmenetelmä ja lähtöaineisto

Tuulivoimaloiden aiheuttama välkevaikutus (shadow flicker) arvioitiin AFRY Numerola mallinnusohjelmistolla. Ohjelmiston laskentamalli huomioi auringon paikan vuoden eri aikoina, tuulivoimalueen ja sen ympäristön maastonmuodot sekä tuulivoimaloiden dimensiot. Laskennan tuloksena saadaan tieto siitä, kuinka monta tuntia vuodessa alueen eri kohteet ovat välkevaikutuksen alaisena. Tulosta havainnollistetaan tasa-arvokäyrästä, jonka perusteella voidaan arvioida varjostusvaikutusta tarkastelualueella.

Tarkastelualueiden maanpinnan korkeuserot on saatu Maanmittauslaitoksen aineistosta Korkeusmalli 10 m. Korkeusdatan vaakaresoluutio on 10 m ja pystysuorainen tarkkuus 1,4 m. Laskennassa huomioitiin korkeuserot siten, että jos Auringon, tuulivoimalan ja tarkastelupisteen kautta kulkeva jana leikkaa maanpintaa, niin varjostusta ei esiinny. Välkevaikutus laskettiin 2 m korkeudelle. Auringonpaistekulman rajana horisontista käytettiin kolmea astetta, jonka alle menevää säteilyä ei oteta huomioon varjostuksessa.

Tuulivoimalan lapojen aiheuttama varjo heikkenee asteittain liikuttaessa etäämmälle voimalasta, eikä tietyn etäisyyden jälkeen varjo ole enää ihmissilmin havaittavissa. Tämä etäisyys riippuu tuulivoimalan lavan leveydestä, ja esimerkiksi Ruotsin tuulivoimarakentamisen suunnitteluohjeistuksessa määritellään, että välkevaikutus huomioidaan mikäli lapa peittää vähintään 20 % Auringosta. Käytännössä tämä asettaa lavan leveydestä riippuvan maksimietäisyyden yksittäisen tuulivoimalan aiheuttamalle välkevaikutukselle, eikä sen ulkopuolella välkevaikutusta ole.

Yleensä väkelaskennan maksimietäisyyden laskenta perustuu lavan keskimääräiseen leveyteen, joka määrää maksimietäisyyden. Käytännössä tuulivoimalan lapa ei ole vakiolevyinen: Levein kohta sijaitsee lähellä tuulivoimalan napaa, ja lapa kapenee huomattavasti kärkeä kohti liikuttaessa. Tällä perusteella lavan tyven välkevaikutus ulottuu huomattavasti pidemmälle kuin lavan kärjen, mikäli arviointiperusteena käytetään Auringon peittoastetta. Tässä selvityksessä väkelaskennassa ei ole käytetty tavanomaista maksimietäisyyttä, vaan on huomioitu tuulivoimalan muuttuva lapaprofiili. Laskentamenetelmän yksityiskohdat on kuvattu luvussa 7.

Väkelaskennassa Hallakallion voimaloille on käytetty napakorkeutta 217,5 m ja roottorin halkaisijaa 185 m. Näin ollen voimaloiden kokonaiskorkeus on 310 m. Tuulivoimaloille on käytetty tuulivoimalatyyppin Vestas V162 lapaprofiilia skaalattuna roottorin halkaisijalle 185 m. Profiilia on samalla levennetty siten, että lavan levein kohta on 4,5 m (V162:n lapaprofiilin levein kohta on 4,3 m). Lapaprofiilia on arvioitu tuulivoimalavalmistajan toimittamien tietojen perusteella.

Väkelaskennassa Murtomäen voimaloille on käytetty napakorkeutta 166 m ja roottorin halkaisijaa 162 m. Tuulivoimaloille on käytetty tuulivoimalatyyppin Vestas V162 lapaprofiilia, jonka levein kohta on 4,3 m. Väkelaskennassa Murtomäki II voimaloille on käytetty napakorkeutta 180 m ja roottorin halkaisijaa 200 m. Tuulivoimaloille on käytetty tuulivoimalatyyppin SG170 lapaprofiilia skaalattuna roottorin halkaisijalle 200 m. Profiilia on samalla levennetty siten, että lavan levein kohta on 4,725 m (SG170: lapaprofiilin levein kohta on 4,5 m).

Väkelaskennassa Moskuankankaan ja Uusimon voimaloille on käytetty napakorkeutta 200 m ja roottorin halkaisijaa 200 m. Tuulivoimaloille on käytetty tuulivoimalatyyppin Vestas V162 lapaprofiilia skaalattuna roottorin halkaisijalle 200 m. Profiilia on samalla levennetty siten, että lavan levein kohta on 4,6 m. Väkelaskennassa Itämäen voimaloille on käytetty napakorkeutta 214 m ja roottorin

halkaisijaa 172 m. Tuulivoimaloille on käytetty tuulivoimalatyypin Vestas V162 lapaprofiilia skaalatuna roottorin halkaisijalle 172 m. Profiilia on samalla levennetty siten, että lavan levein kohta on 4,4 m.

Välkelaskennassa Leppämäen sekä Leppäkankaan voimaloille on käytetty napakorkeutta 200 m ja roottorin halkaisijaa 200 m. Voimaloiden lapaprofiilina on käytetty Nordex N163 lapaprofiilia skaalatuna roottorin halkaisijalle 200 m. Profiilia on samalla levennetty siten, että lavan levein kohta on 4,5 m (N163:n lapaprofiilin levein kohta on 4,15 m).

Hallakallion sekä naapuripuistoille käytettyjen voimalamittojen tiedot on koottu taulukkoon 16.

Taulukko 16: Hallakallion sekä naapuripuistojen voimaloille käytetyt voimalamitat.

Tuulivoimapuisto	Voimaloiden lukumäärä	Napakorkeus	Roottorin halkaisija	Kokonaiskorkeus
Hallakallio	23 WTG	217,5 m	185 m	310 m
Murtomäki	15 WTG	166 m	162 m	247 m
Murtomäki II	15 WTG	180 m	200 m	280 m
Itämäki	24 WTG	214 m	172 m	300 m
Moskuankangas	28 WTG	200 m	200 m	300 m
Uusimo	21 WTG	200 m	200 m	300 m
Leppämäki	6 WTG	200 m	200 m	300 m
Leppäkangas	30 WTG	200 m	200 m	300 m

Todelliseen välkevaikutukseen vaikuttavat tuulivoimaloiden käyttöaste, puusto ja paikallinen säätila (pilvisuus ja tuulisuus). Jos esimerkiksi tuulen suunta on kohtisuorassa auringon ja tarkastelupisteen välistä linjaa vasten, ei varjostusvaikutusta esiinny. Varjostuksen laskennassa tuulivoimaloiden orientaatio voidaan määrittää, jolloin roottori oletetaan tiettyyn suuntaan asetetuksi ympyrätasoksi. Todennäköisen välkevaikutuksen laskenta on suoritettu kuudella eri tuulivoimalan orientaatiolla. Tämä vastaa 12 tuulen suuntasektorin varjostustuloksia, sillä vastakkaiset tuulensuunnat aiheuttavat välkkeen kannalta efektiivisesti saman roottorin orientaation. Kullakin tuulen suunnalla laskettua välketuntimäärää on skaalattu Suomen tuuliatlaksesta [21] saatavan suuntasektorin esiintymisfrekvenssillä ja suuntakohtaisesta nopeusjakaumasta määritellyn tuulivoimalan käyntinopeuksien ajallisella osuudella. Käynnistysnopeutta alemmissa tai pysäytysnopeutta korkeammassa tuulissa tuulivoimalat ovat paikallaan, jolloin roottorin pyörimisestä aiheutuvaa valon välkkymistä ei esiinny. Suomen tuuliatlaksen tuulisuusestimaatti on otettu tuulivoima-alueen keskeltä korkeudelta 200 m, ja sen perusteella lasketut suuntasektorikohtaiset osuudet tuulivoimalan käyntinopeusvälille osuville tuulille on lueteltu taulukossa (Taulukko 17).

Paikallinen pilvisuus on huomioitu skaalaamalla eri roottorientaatioilla laskettuja varjostusaikoja Seinäjoen Pelmaan sääasemalta mitattujen auringonpaistetuntien suhteellisella osuudella teoreettisesta maksimipaistetuntien määrästä [22]. Sääaseman mittauksen perusteella lasketut kuukausittaiset auringonpaisteen todennäköisyydet on koottuna taulukkoon (Taulukko 18). Suuntakohtaisesti skaalatut välketuntimäärät yhteen laskien saadaan arvio todellisesta, säätilan huomioonottavasta välketuntimäärästä tarkastelualueella.

Taulukko 17: Suuntasektorikohtaiset osuudet yli 3 m/s tuulennopeuksille Suomen tuuliatlaksen perusteella.

Suuntasektori	0/180	30/210	60/240	90/270	120/300	150/330
Yli 3 m/s osuus	0,180	0,166	0,153	0,145	0,130	0,164

Taulukko 18: Auringonpaisteen kuukausittaiset todennäköisyydet Pelmaan sääasemalla.

Kuukausi	Auringonpaisteen todennäköisyys
Tammikuu	0,162
Helmikuu	0,291
Maaliskuu	0,398
Huhtikuu	0,423
Toukokuu	0,479
Kesäkuu	0,459
Heinäkuu	0,454
Elokuu	0,414
Syyskuu	0,358
Lokakuu	0,260
Marraskuu	0,150
Joulukuu	0,110

5.2 Välkevaikutus

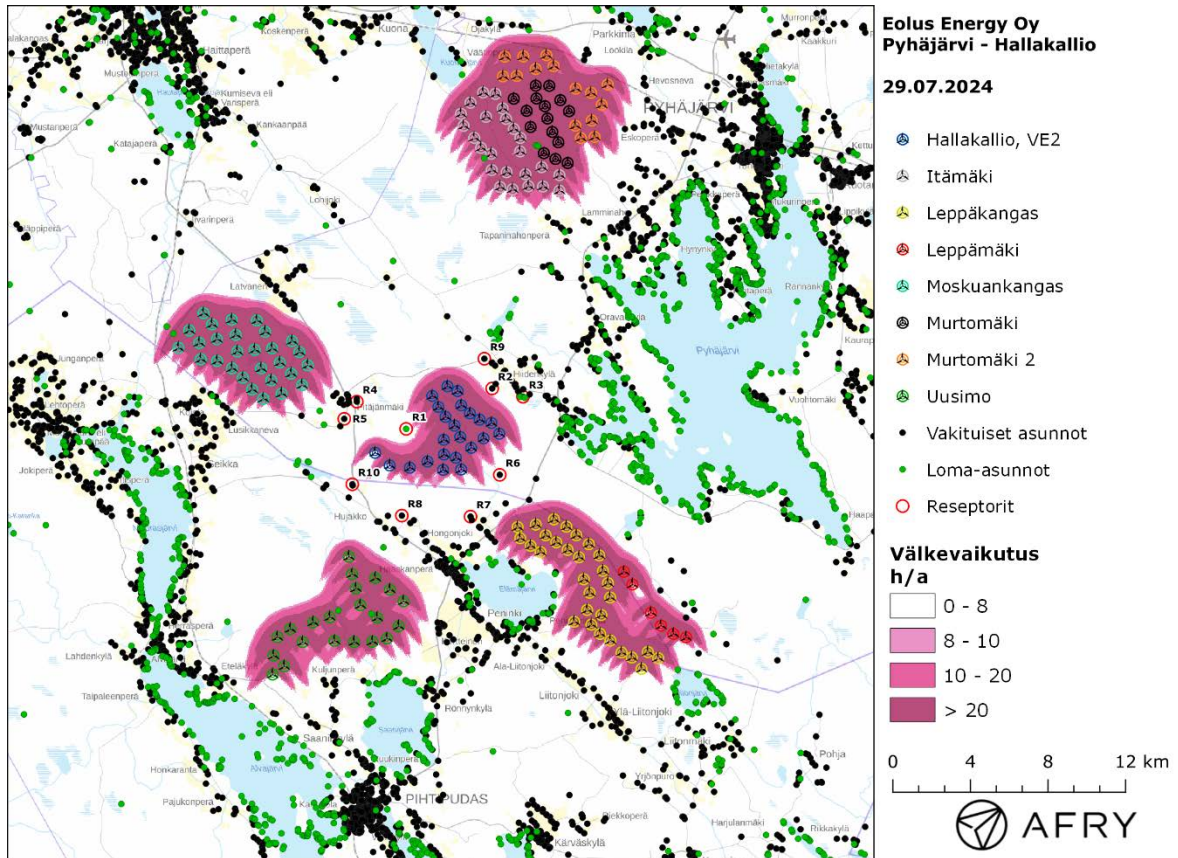
Mallinnettu arvio kohteiden yhteisvaikutuksena aiheutuvista todennäköisten välketuntien vuotuisesta määrästä on esitetty karttakuvina (Kuva 8 ja Kuva 9). Mallinnuksessa ei ole huomioitu paikallisen puuston vaikutusta tuulivoimaloiden näkyvyyteen ja välkevaikutukseen. Karttoihin on merkitty ympäristössä sijaitsevat loma- ja asuinrakennukset käyttäen lähtötietona Maanmittauslaitoksen maastotietokannan sisältämiä tietoja.

Taulukossa 19 on esitetty todennäköinen välkevaikutus ja teoreettinen maksimivälke reseptoreiden kohdilla, sekä vuotuisena tuntimääränä että suurimpana päiväkohtaisena välkeaikana. Mallinnusten perusteella todennäköinen vuotuinen välkevaikutus jää alle Ruotsin 8 tunnin ohjearvon ja Tanskan 10 tunnin ohjearvon kaikkien alueen asuin- ja lomarakennusten kohdilla. Myös todennäköisen välkkeen suurin päiväkohtainen määrä jää alle Ruotsin 30 minuutin ohjearvon kaikkien alueen asuin- ja lomarakennusten kohdalla. Teoreettinen vuotuinen maksimivälke jää alle Saksan 30 tunnin raja-arvon. Myös teoreettisen maksimivälkkeen suurin päiväkohtainen arvo jää alle Saksan 30 minuutin raja-arvon kaikkien reseptoreiden kohdilla.

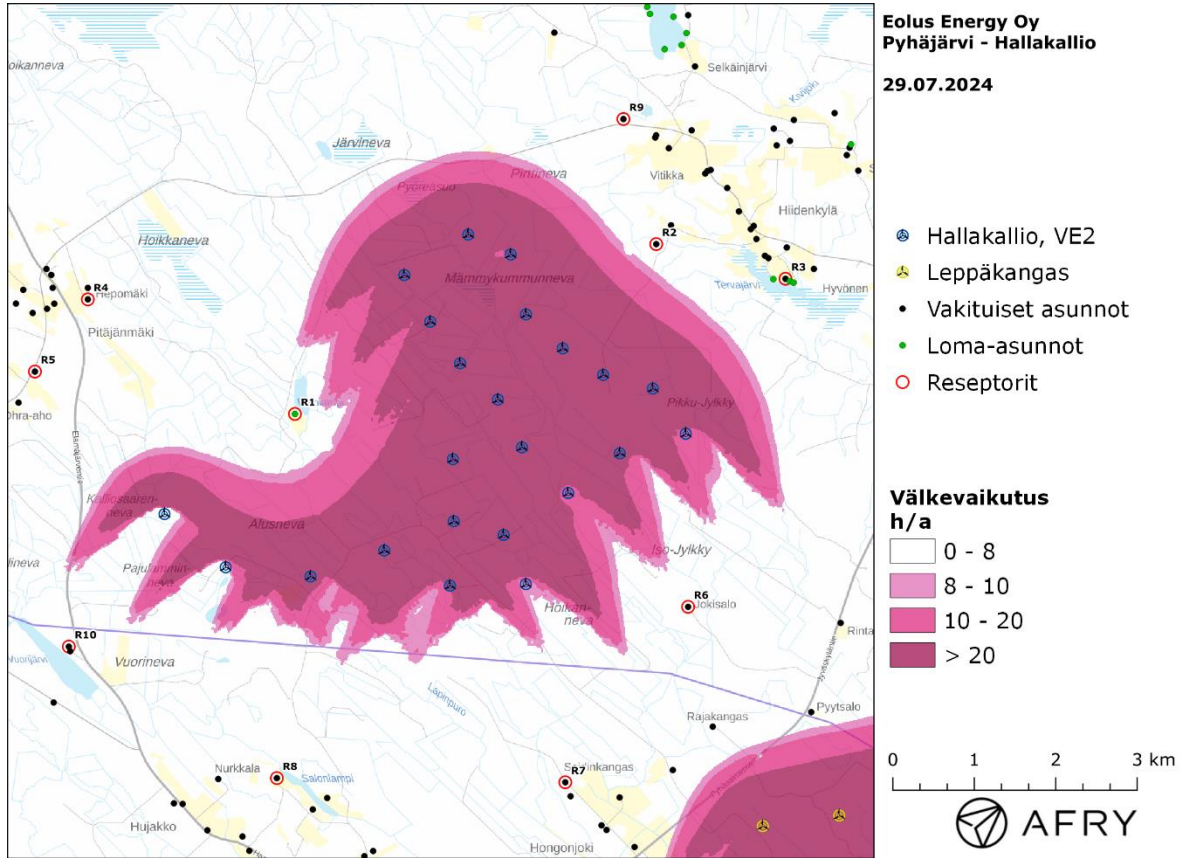
Suurin todennäköinen välkevaikutus kohdistuu reseptorin R1 kohdalla olevaan asuntoon. Todennäköisen välkkeen tarkempi ajoittuminen tämän reseptorin kohdalla on esitetty taulukossa (Taulukko 20). Taulukossa esitetyt kellonajat ovat aikavyöhykkeen UTC+2 mukaisia (Suomen talviaika).

Taulukko 19: Välkeajat tunteina ja minuutteina [h:min] reseptoreiden kohdilla, kun mallinnuksissa huomioidaan suunnitelma VE2 sekä naapuripuistot. Taulukossa on esitetty vuotuinen välke aika ja välkeajan suurin päiväkohtainen arvo, sekä todennäköisenä arvona että teoreettisen maksimivälkkeen menetelmällä laskettuna.

Reseptori	Todennäköinen vuotuinen välke	Todennäköinen päiväkohtainen maksimi	Teoreettinen vuotuinen maksimivälke	Teoreettinen päiväkohtainen maksimivälke
R1	4:35	0:04	26:09	0:21
R2	4:20	0:04	23:01	0:20
R3	0:35	0:02	3:54	0:11
R4	0:00	0:00	0:00	0:00
R5	0:12	0:01	1:15	0:08
R6	2:59	0:04	11:22	0:15
R7	0:07	0:01	0:31	0:06
R8	0:00	0:00	0:00	0:00
R9	0:30	0:02	3:11	0:12
R10	0:41	0:03	2:34	0:11



Kuva 8: Todennäköinen vuotuinen välkevaikutus ilman puuston vaikutusta, kun mallinuksissa huomioidaan Hallakallion suunnitelma VE2 sekä naapuripuistot.



Kuva 9: Vuotuinen välkevaikutus, kun karttanäkymä on rajattu Hallakallion vaikutusalueelle.

Taulukko 20: Todennäköisen välkevaikutuksen ajoittuminen ja kesto tunteina ja minuutteina [h:min] reseptorin R1 kohdalla.

Kellonaika	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	
Tammikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:13	0:02	0:10	0:00	0:00	0:00	0:00	0:25
Helmikuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:05	0:17	0:00	0:11	0:02	0:00	0:00	0:00	0:35
Maaliskuu	0:00	0:00	0:00	0:15	0:02	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:17
Huhtikuu	0:00	0:00	0:16	0:05	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:21
Toukokuu	0:00	0:00	0:43	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:43
Kesäkuu	0:00	0:00	0:04	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:04
Heinäkuu	0:00	0:00	0:45	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:45
Elokuu	0:00	0:00	0:16	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:16
Syyskuu	0:00	0:00	0:00	0:18	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:18
Lokakuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:08	0:00	0:00	0:12	0:00	0:00	0:00	0:00	0:20
Marraskuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:07	0:14	0:10	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:31
Joulukuu	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
Yhteensä	0:00	0:00	2:04	0:38	0:22	0:44	0:12	0:33	0:02	0:00	0:00	0:00	4:35

6 Yhteenveto

Raportissa on esitetty Pyhäjärven kaupungin alueelle suunnitellun Hallakallion tuulivoimapuiston sekä läheisten tuulivoimapuistojen aiheuttaman melun ja välkkeen yhteisvaikutusten laskennalliset arviot. Arviointi on tehty Hallakallion VE2 suunnitelmalle, jossa on 23 voimalaa. Hallakallion VE2 suunnitelman lisäksi mallinuksissa on huomioitu seuraavien tuulivoimapuistojen voimat: Murto-mäki, Murtomäki II, Itämäki, Moskuankangas, Uusimo, Leppämäki sekä Leppäkangas.

Melun yhteisvaikutusmallinnusten perusteella melutasot alueen loma- ja asuinrakennusten kohdilla jäävät alle valtioneuvoston ohjearvojen. Myös matalataajuisen melun tasot pysyvät kaikkien rakennusten kohdalla asumisterveysasetuksessa asetettujen arvojen alapuolella.

Tuulivoimaloiden välkevaikutukselle ei ole Suomessa määritelty ohjearvoja, ja ympäristöministeriö suosittelee käyttämään muiden maiden ohjearvoja. Välkkeen yhteisvaikutusmallinnusten mukaan todennäköinen vuotuinen välkevaikutus jää alle Ruotsin 8 tunnin ohjearvon ja Tanskan 10 tunnin ohjearvon alueen kaikkien asuin- ja lomarakennusten kohdilla. Myös todennäköinen päiväkohtainen välkeaika alittaa Ruotsin 30 minuutin ohjearvon kaikkien alueen asuntojen kohdilla. Teoreettinen vuotuinen maksimivälke jää alle Saksan 30 tunnin raja-arvon kaikkien asuntojen kohdilla. Myös teoreettisen maksimivälkkeen päiväkohtainen arvo alittaa Saksan 30 minuutin raja-arvon kaikkien asuntojen kohdilla.

7 Välkevaikutuksen laskentamenetelmä

Välkevaikutuksen laskennassa hyödynnetään taivaanpallon käsitettä, joka on maapallon maantieteellistä koordinaatistoa vastaava kuvitteellinen kuori katsottaessa maapallolta taivaalle. Samalla tavoin kuin paikan sijainti maapallolla voidaan ilmoittaa pituus- ja leveyspiirien avulla, voidaan taivaankappaleiden paikat taivaanpallolla ilmoittaa kahden koordinaatin (rektaskensio ja deklinaatio) avulla. Aurinko kulkee vuoden aikana taivaanpallolla kääntöpiirien väliin asettuvalla nauhalla, ja Auringon esiintymistiheys kyseisellä nauhalla voidaan esittää tiheysfunktiona.

Tiettyyn pisteeseen kohdistuvaa vuotuista välkevaikutusta laskettaessa tarkastellaan sitä osaa taivaanpallosta, joka näkyy pisteeseen tuulivoimaloiden roottorikehien läpi. Näkyvyyden arvioinnissa otetaan huomioon paikallinen maaston korkeusaineisto. Mikäli kääntöpiirien väliin asettuva nauha ei näy roottorikehien läpi, tarkastelupisteeseen ei kohdistu välkevaikutusta. Muussa tapauksessa yksittäisen tuulivoimalan aiheuttamien väketuntien määrä saadaan integroimalla tiheysfunktioita tuulivoimalan roottorikehien läpinäkyvällä taivaanpallon osuudella. Tuulivoimaloiden yhteisvaikutus saadaan summaamalla tuulivoimakohtaiset väketunnit ottaen kuitenkin huomioon mahdolliset päällekkäisyydet roottorikehien peittämässä alueissa. Laskenta suoritetaan erikseen tuulivoimaloiden eri orientaatioille, joita skaalataan suuntakohtaisilla tuulisuusosuuksilla.

Huomioitaessa kuukausittaista (tai muuta lyhytaikaista) vaihtelua auringonpaisteen todennäköisyydessä, taivaanpallon nauha jaetaan vastaaviin osiin Auringon deklinaation mukaan. Tiheysfunktio määritellään näissä osissa erikseen, ja integroinnin tuloksia skaalataan kuukausikohtaisilla todennäköisyyksillä.

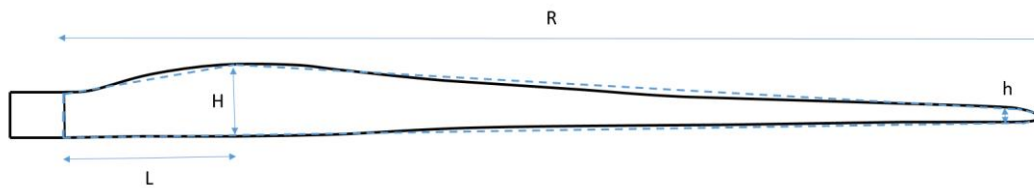
Tuulivoimalan lapojen aiheuttama varjo heikkenee asteittain liikuttaessa etäämmälle voimalasta, eikä tietyn etäisyyden jälkeen varjo ole enää ihmissilmin havaittavissa. Tämä etäisyys riippuu tuulivoimalan lavan leveydestä, ja esimerkiksi Ruotsin ja Saksan tuulivoimarakentamisen suunnitteluohjeistuksessa määritellään, että välkevarjostus huomioidaan, mikäli lapa peittää vähintään 20 % Auringosta. Käytännössä tämä asettaa lavan leveydestä riippuvan maksimietäisyyden yksittäisen tuulivoimalan aiheuttamalle välkevaikutukselle, eikä sen ulkopuolella välkevaikutusta ole.

Kun lavan leveys on w metriä, niin 20 % Auringon peittoon perustuvan välkevarjostuksen maksimietäisyyden määrittämiseen voidaan johtaa laskentakaava

$$\text{maksimietäisyys} = (5 * d * w) / 1'097'780,$$

missä d on etäisyys Aurinkoon (150'000'000 km). Yleensä välkelaskennan maksimietäisyyden laskenta perustuu lavan keskimääräiseen leveyteen, joka määrää maksimietäisyyden. Käytännössä tuulivoimalan lapa ei ole vakiolevyinen: Levein kohta sijaitsee lähellä tuulivoimalan napaa ja lapa kapenee huomattavasti kärkeä kohti liikuttaessa. Tällä perusteella lavan tyven välkevaikutus ulottuu huomattavasti pidemmälle kuin lavan kärjen, mikäli arviointiperusteena käytetään Auringon peittoastetta.

Seuraavassa kaaviokuvassa (Kuva 10) on esitetty yksinkertaistettu malli tyypillisestä profiilista, jossa lavan maksimileveys on H etäisyydellä L lavan tyvestä. Lavan kokonaispituus on R ja lavan leveys 90 % etäisyydellä tyvestä on h . Lavan oletetaan kapenevan lineaarisesti arvosta H arvoon h liikuttaessa maksimikohdasta kärkeen. Tavanomaisesti välkelaskennassa tuulivoimalan keskimääräinen leveys on määritetty parametrien H ja h keskiarvona.



Kuva 10: Tuulivoimalan lavan yksinkertaistettu profiili.

Tämän raportin välkelaskennassa lavan leveys on määritetty useasta kohtaa lapaa, jolloin lavan muoto saadaan kuvattua vielä tarkemmin kuin kahteen leveysarvoon H ja h perustuvassa lineaarisessa approksimaatiossa. Tällä tavoin välkelaskennassa huomioidaan tarkemmin tuulivoimalan muuttuva lapaprofiili, ja saadaan realistisempia tuloksia kuin olettamalla tietty keskimääräinen lavan leveys ja sitä vastaava kiinteä maksimietäisyys.

8 Viitteet

- [1] C. Di Napoli: Tuulivoimaloiden melun syntytavat ja leviäminen, Suomen Ympäristö 4, 2007.
- [2] D. Siponen: Noise Annoyance of Wind Turbines, VTT Research Report VTTR-00951-11, 2011.
- [3] J. Jakobsen: Danish regulation for low frequency noise from wind turbines, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control 31(4), 2012.
- [4] J. Keränen, J. Hakala, V. Hongisto: The sound insulation of façades at frequencies 5–5000Hz, Building and Environment 156, 2019.
- [5] S. Uosukainen: Tuulivoimaloiden melun synty, eteneminen ja häiritsevyys, VTT Tiedotteita 2529, 2010.
- [6] Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Sosiaali- ja terveysministeriö 2015.
- [7] Tuulivoimaloiden melun mallintaminen, Ympäristöhallinnon ohjeita 2|2014. Ympäristöministeriö.
- [8] Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5|2016. Ympäristöministeriö, 2016.
- [9] Valtioneuvoston päätös 993/1992 melutason ohjearvoista. Astui voimaan 1.1.1993.
- [10] Valtioneuvoston asetus tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista. Astui voimaan 1.9.2015.
- [11] Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä. Ympäristöministeriö, 14.9.2016.
- [12] Ympäristömelun mittaaminen. Ympäristöministeriö, Ohje I 1995.
- [13] IECRE - IEC System for Certification to Standards Relating to Equipment for Use in Renewable Energy Applications. IECRE.WE.TC.21.0091-R1, EnVentus V162. 20.8.2021, DNV Renewables Certification.
- [14] C. A. León: Trailing Edge Serrations, Effect of Their Flap Angle on Flow and Acoustics. 7th International Conference on Wind Turbine Noise, Rotterdam, 2nd to 5th May 2017.
- [15] M. Gupta, K. Madsen: Advancements in continuous learning for tonality free turbine design. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.
- [16] K. Bolin: The Influence of Background Sounds on Loudness and Annoyance of Wind Turbine Noise. Acta Acustica united with Acustica, Vol 98 (2012) pages 741-748.
- [17] G.P. van den Berg: The sound of high winds: the effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise. Doctoral Thesis, University of Groningen, Holland, 2006.
- [18] D. Halstead, N. Tam: A study of background noise levels measured during far-field receptor testing of wind turbine facilities. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.
- [19] S. Oerlemans, J.G. Schepers: Prediction of wind turbine noise directivity and swish, Proc. 3rd Int. conference on wind turbine noise, Aalborg, Denmark, 2009.
- [20] Boverket: Vindkraftshandboken, Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden, 2009.
- [21] B. Tammelin et al.: Production of the Finnish Wind atlas. Wind Energy, 2011.
- [22] P. Jokinen et al.: Tilastoja Suomen ilmastosta ja merestä 1990–2020, Ilmatieteen laitos, Raportteja 2021:8.

9 Melumallinnuksen tiedot

RAPORTIN JA RAPORTOIJAN TIEDOT							
Mallinnusraportin numero/tunniste: 101022132-004				Raportin hyväksyntäpäivämäärä: 02.08.2024			
Tekijä/organisaatio, yhteystiedot: AFRY Finland Oy							
Vastuhenkilöt: Juulianna Lähteinen ja Erkki Heikkola							
Laatija: Juulianna Lähteinen				Tarkastaja/hyväksyjä: Erkki Heikkola			
MALLINNUSOHJELMAN TIEDOT							
Mallinnusohjelma ja versio: AFRY Numerola -mallinnusohjelmisto				Mallinnusmenetelmä: ISO 9613-2			
TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT							
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas				Tyyppi: V162 7.2MW		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 7,2 MW		Napakorkeus: 217,5 m		Roottorin halkaisija: 162 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB			dB	
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa			dB	
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Third octave noise emission EnVentus™ 162-7.2MW 50/60 Hz. Document no. 0116-1715_00. 2022-01-07.							
Melupäästötiedot: V162-7.2MW (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot varmuusarvolla 2 dB)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	62,8	200	94,3	2000	
63	88,0	25	67,3	250		2500	
125	95,6	31,5	71,6	315		3150	
250	100,4	40	75,7	400		4000	
500	102,5	50	79,2	500		5000	
1000	101,7	63	82,6	630		6300	
2000	98,2	80	85,7	800		8000	
4000	91,9	100	88,3	1000		10000	
8000	82,8	125	90,5	1250			
		160	92,7	1600			

TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT							
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas				Tyyppi: V162 6.2 MW		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 6,2 MW		Napakorkeus: 166 m		Roottorin halkaisija: 162 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB				dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa				dB
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT (Murtomäki)							
Third octave noise emission EnVentus™ V162-6.2MW 50/60 Hz. Document no. 0105-5200_00. 2021-04-21.							
Melupäästötiedot: V162-6.2 MW (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot varmuusarvolla 2 dB)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	61,8	200	93,5	2000	92,7
63	87,1	25	66,3	250	94,8	2500	90,9
125	94,7	31,5	70,6	315	95,9	3150	88,8
250	99,6	40	74,7	400	96,7	4000	86,2
500	101,8	50	78,3	500	97,1	5000	83,4
1000	101,1	63	81,6	630	97,2	6300	80,3
2000	97,6	80	84,7	800	96,9	8000	76,6
4000	91,4	100	87,3	1000	96,4	10000	73,0
8000	82,4	125	89,6	1250	95,5		
		160	91,8	1600	94,2		

TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT (Murtomäki II)							
Tuulivoimalan valmistaja: Siemens Gamesa				Tyyppi: SG170 6.2 MW		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 6,2 MW		Napakorkeus: 180 m		Roottorin halkaisija: 170 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB				dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa				dB
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT (Murtomäki II)							
Acoustic Emission SG 6.0-170 Rev. 0, Hub Height 135 m. Document ID: SGRE ON NE&ME TE SAS N-40-0000-046AC22-00. 2020-03-31.							
Melupäästötiedot: SG170-6.2 MW (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot varmuusarvolla 2 dB)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	65,7	200	91,7	2000	
63	88,5	25	69,7	250		2500	
125	95,4	31,5	73,7	315		3150	
250	98,1	40	77,5	400		4000	
500	99,9	50	80,3	500		5000	
1000	103,8	63	83,1	630		6300	
2000	101,9	80	85,9	800		8000	
4000	95,3	100	89,8	1000		10000	
8000	85,0	125	90,2	1250			
		160	91,7	1600			

TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT (Itämäki, Moskuankangas ja Uusimo)							
Tuulivoimalan valmistaja: Vestas				Tyyppi: V172 7.2 MW		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 7,2 MW		Napakorkeus: 214 m 200 m 200 m		Roottorin halkaisija: 172 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB				dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa				dB
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Third octave noise emission EnVentus™ V172-7.2MW 50/60 Hz. Document no. 0128-4336_00. 2022-06-30.							
Melupäästötiedot: V172-7.2 MW (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot varmuusarvolla 2 dB)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20	63,7	200	98,0	2000	92,4
63	92,4	25	68,9	250	98,6	2500	90,1
125	100,0	31,5	73,8	315	98,8	3150	87,5
250	103,3	40	78,6	400	98,9	4000	84,5
500	103,5	50	83,0	500	98,7	5000	81,1
1000	101,9	63	86,8	630	98,6	6300	77,4
2000	97,4	80	90,2	800	98,1	8000	73,3
4000	89,9	100	92,9	1000	97,2	10000	68,9
8000	79,2	125	95,2	1250	95,9		
		160	96,8	1600	94,4		

TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT (Leppämäki)							
Tuulivoimalan valmistaja: Nordex				Tyyppi: N163 6.X		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 6,8 MW		Napakorkeus: 200 m		Roottorin halkaisija: 163 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB				dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa				dB
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Third octave sound power levels Nordex N163/6.X. F008_277_A17_EN. Revision 05, 2022-07-18.							
Melupäästötiedot: N163-6.8 MW (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot varmuusarvolla 2 dB)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20		200		2000	
63		25		250		2500	
125		31,5		315		3150	
250		40		400		4000	
500		50		500		5000	
1000		63		630		6300	
2000		80		800		8000	
4000		100		1000		10000	
8000		125		1250			
		160		1600			

TUULIVOIMALAN (TUULIVOIMALOIDEN) TIEDOT (Leppäkangas)							
Tuulivoimalan valmistaja: Nordex				Tyyppi: N175 6.X		Sarjanumero/t:	
Nimellisteho: 6,22 MW		Napakorkeus: 200 m		Roottorin halkaisija: 175 m		Tornin tyyppi:	
Mahdollisuudet vaikuttaa tuulivoimalan melupäästöön käytön aikana ja sen vaikutus meluun							
Lapakulman säätö		Pyörimisnopeus		Muu, mikä			
Kyllä	dB	Kyllä	dB				dB
Ei	Ei tiedossa	Ei	Ei tiedossa				dB
AKUSTISET TIEDOT/LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT							
Third octave sound power levels Nordex N175/6.X. F008_278_A17_EN. Revision 03, 2023-10-13.							
Melupäästötiedot: V163-6.8 MW (valmistajan ilmoittamat melupäästön tunnusarvot varmuusarvolla 2 dB)							
Oktaaveittain [Hz]		1/3-oktaaveittain [Hz]					
31,5		20		200		2000	
63		25		250		2500	
125		31,5		315		3150	
250		40		400		4000	
500		50		500		5000	
1000		63		630		6300	
2000		80		800		8000	
4000		100		1000		10000	
8000		125		1250			
		160		1600			

Melun erityispiirteiden mittaust ja havainnot:											
Kapeakaistaisuus/ tonaalisuus			Impulssimaisuus			Merkityksellinen sykintä (amplitudi- modulaatio)			Muu, mikä:		
kyllä	ei		kyllä	ei		kyllä	ei		kyllä	ei	
Laskentakorkeus						Laskentaruudun koko [m x m]					
4 m						10 m x 10 m					
Suhteellinen kosteus						Lämpötila					
70 %						15 C°					
Maastomallin lähde ja tarkkuus											
Maastomallin lähde: Maanmittauslaitos						Vaakaresoluutio: 2 m			Pystyresoluutio: 0,3 m		
Maan- ja vedenpinnan absorptio ja heijastuksen huomioiminen, käytetyt kertoimet											
ISO 9613-2											
Vesialueet, (0) / (G)											
Maa-alueet, (0,4) / (A-D/E-F)											
Maa-alueet (0) / (G)											
Ilmakehän stabiilius laskennassa/meteorologinen korjaus											
Neutraali											
Voimalan äänen suuntaavuus ja vaimentuminen											
Vapaa avaruus											
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (ilman meluntorjuntaa/voimalan ohjausta)											
Asukkaat: 0 kpl				Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl				Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl			
Melulle altistuvat asukkaat ja kohteet, lkm (meluntorjunta/voimalan ohjaus huomioiden)											
Asukkaat: 0 kpl				Vapaa-ajan rakennukset: 0 kpl				Hoito- ja oppilaitokset: 0 kpl			
Melun leviäminen virkistys- tai luonnonsuojelualueille											
Virkistysalueet: 0 kpl						Luonnonsuojelualueet: 1 kpl					
Lineaariset melutasot [dB] altistuvien kohteiden (rakennusten) ulkopuolella:											
Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
R1	56,5	54,7	52,9	51,4	50,3	49,2	47,7	45,8	43,3	39,8	38,0
R2	56,6	54,7	52,7	51,0	49,7	48,7	47,1	45,2	42,6	39,2	37,6
R3	56,1	54,1	51,6	49,5	48,0	47,1	45,3	43,1	40,4	36,6	34,5
R4	54,4	52,8	51,1	49,9	49,1	48,2	46,7	44,8	42,2	38,1	35,8
R5	54,4	52,8	51,2	50,0	49,3	48,3	46,9	45,0	42,4	38,4	36,0
R6	59,5	57,3	54,4	51,7	50,0	49,2	47,5	45,3	42,9	39,3	37,4
R7	59,4	57,1	54,1	51,1	49,4	48,7	46,9	44,6	42,1	38,3	35,9
R8	56,1	54,2	52,0	50,1	49,0	48,1	46,6	44,6	41,9	38,0	35,6
R9	55,0	53,1	51,0	49,2	48,0	46,9	45,2	43,1	40,4	36,5	34,3
R10	54,7	52,9	51,0	49,5	48,6	47,6	46,0	44,0	41,3	37,3	34,9

Liite 23

[Asukaskyselyraportti, Ramboll Finland Oy](#)

Vastaanottaja
Eolus Energy Oy
Asiakirjatyyppi
Asukaskyselyraportti,
YVA-selostuksen liite 23

Päivämäärä
4.4.2024

Hallakallion tuulivoimahanke

Asukaskyselyn tulokset



Hallakallion tuulivoimahanke

Asukaskyselyn tulokset

Projekti Hallakallion tuulivoimahanke, Pyhäjärvi
Projekti nro 1510073931-004
Vastaanottaja Eolus Energy Oy
Asiakirjatyyppi Asukaskyselyraportti
Päivämäärä 4.4.2024
Laatija Pinja Lämsä, Elina Leppäkoski
Tarkastaja Susanna Hirvonen, Ramboll Finland Oy
Hyväksyjä Jarno Hautamäki

Ramboll
Puutarhakatu 9
70300 Kuopio

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201

Sisältö

1.	Kyselyn toteutus	2
2.	Kyselyn tulokset	3
2.1	Vastaajien taustatiedot	3
2.2	Kysymyksiä tuulivoimasta	6
2.3	Hankealueen ja sen lähialueen nykytila	10
2.4	Hallakallion tuulivoimahankkeen vaikutukset	15
2.5	Tiedottaminen	22
2.6	Vapaamuotoiset kommentit	24
3.	Yhteenveto	25

Liitteet

Liite 1

Asukaskyselyn saate

Liite 2

Asukaskyselylomake

1. Kyselyn toteutus

Uusiutuvan energian hankkeiden kehittäjä Eolus Energy Oy (aikaisemmin YIT Suomi Oy) suunnittelee enintään 28 tuulivoimalan suuruisen tuulipuiston rakentamista Pyhäjärven Hallakallion alueelle. Hankealueen lähimmäksi tuleva raja sijoittuu noin 17 kilometriä Pihtiputaan keskustasta pohjoiseen ja 19,5 kilometriä Pyhäjärven keskustasta luoteeseen. Hankealueen laajuus on noin 3150 hehtaaria. Hankesuunnitelmassa arvioitavana on VE1 vaihtoehdossa 28 tuulivoimalaa ja VE2 vaihtoehdossa 24 tuulivoimalaa. Lisäksi arvioidaan nollavaihtoehto VE0, jossa hanketta ei toteuteta. Sähkönsiirron osalta hankkeessa tarkastellaan kolmea vaihtoehtoa (SVE1, SVE2, SVE3), joista kahdessa on alavaihtoehtoja (SVE1a-f ja SVE2a-b). Tuulivoimahankkeen toteuttaminen edellyttää YVA-lain mukaista ympäristövaikutusten arviointia ja osayleiskaavan laatimista. Osayleiskaava laaditaan maankäyttö- ja rakennuslain 77 a §:n tarkoittamana oikeusvaikutteisena yleiskaavana, jonka perusteella voidaan myöntää yleiskaavan mukaisten tuulivoimaloiden rakennusluvut yleiskaavassa osoitetuille tuulivoimaloiden alueille (tv-alueet). Tässä hankkeessa kaavoitus ja ympäristövaikutusten arviointi (YVA) toteutetaan erillismenettelynä, mutta yhteensovitetuna.

Kysely toteutettiin internetissä kaikille avoimena sähköisenä Maptionnaire-karttakyselynä, joka oli avoinna 29.9.– 22.10.2023. Kyselyn käynnistymisestä lähetettiin tiedote ja paperinen kysely vastausohjeineen postitse 5 km etäisyydellä hankealueesta tai 500 m etäisyydellä sähkönsiirtoreitistä sijaitseville asuin- tai lomarakennuksille sekä 5–10 km etäisyydellä sijaitseville asuin- ja lomarakennuksille satunnaisotannalla. Yhteensä paperinen kysely ja tiedote lähetettiin 500 talouteen.

Vastauksia toivottiin erityisesti hankealueen lähialueiden asukkailta, loma-asukkailta, maanomistajilta sekä muilta käyttäjiltä. Kyselyyn saatiin yhteensä 105 vastausta. Koska kysely on ollut osittain avoin ei sille voida laskea suoraa vastausprosenttia mutta suhteutettuna tiedotteiden lähetys määrään vastausprosentti olisi noin 21 %. Yleisellä tasolla YVA-hankkeissa toteutettujen kyselyiden vastausprosentti on ollut noin 20 %, joten vastaajien määrä oli tässä hankkeessa hyvä.

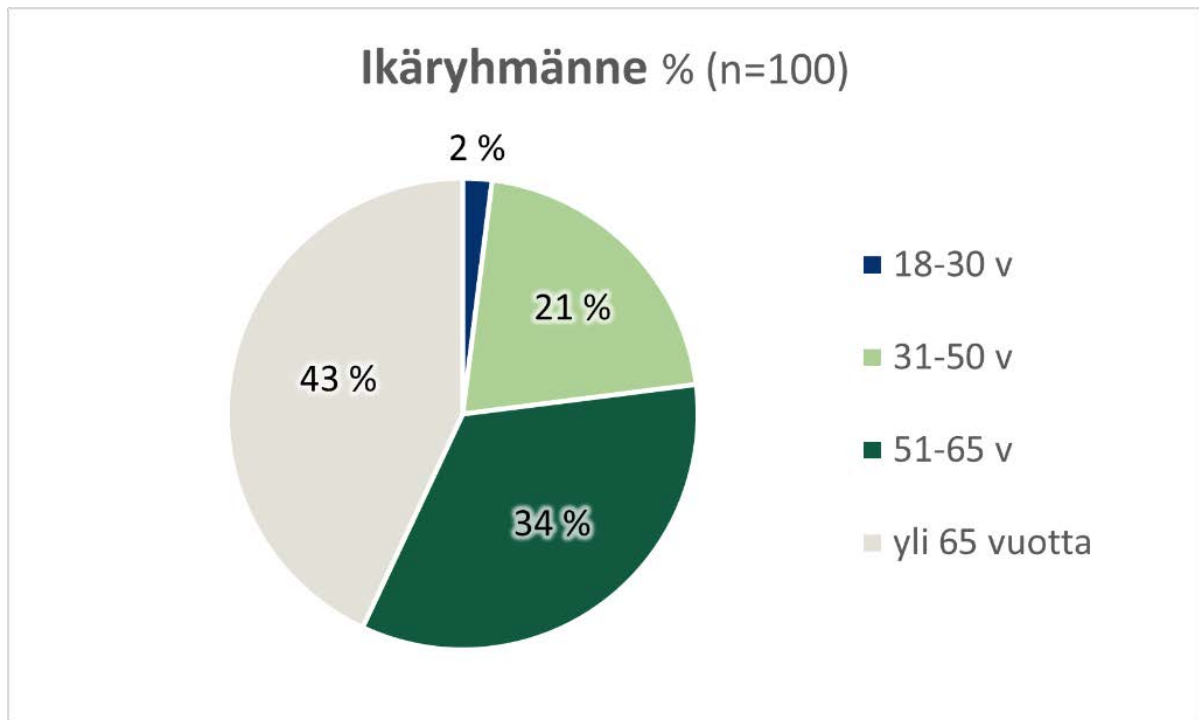
Kaikki vastaajat eivät vastanneet jokaiseen kysymykseen, joten vastaajien/vastausten määrä (n-määrä) vaihtelee kysymyksittäin. Osaan kysymyksiin on voinut valita useamman vaihtoehdon, joten niissä n-määrä on suurempi. Kysely oli jaettu seuraaviin pääosioihin: taustakysymykset, kysymyksiä tuulivoimasta, hankealueen ja sen lähialueen nykytila, hankkeen vaikutukset sekä hankkeesta tiedottaminen. Osa kysymyksistä oli avoimia kysymyksiä ja osassa kysymyksistä pyydettiin perustelemaan vastausta. Kaikki vastaajien kommentit on kirjattu ylös ja analysoitu, mutta raporttiin on poimittu niistä esimerkinomaisesti osa. Esimerkkikommentit kuvastavat aihepiiriin liittyviä muitakin vastauksia ja eivät sisällä sellaista tietoa, josta voisi tunnistaa yksittäisen vastaajan. Joitakin yksittäisiin kysymyksiin tulleita vastauksia on jouduttu poistamaan koska niihin oli vastattu väärin (esimerkiksi pyydettiin valitsemaan kolme vastausvaihtoehtoa mutta vastaaja oli vastannut enemmän).

Kyselyn suunnitteli ja toteutti Eolus Energy Oy:n toimeksiannosta Ramboll Finland Oy, jossa kyselyn toteuttamisesta vastasi Elina Leppäkoski ja tulosten raportoinnista vastasi Pinja Lämsä. Ramboll toteuttaa korkeatasoista henkilötietojen suojaa. Osoitteiden poiminnan väestötietojärjestelmästä asukaskyselyä varten ja kyselyn postituksen hoiti JP-postitus Oy. Kyselyn vastaajien vastaukset kysymyksiin käsiteltiin erillään, eikä vastaajan henkilöllisyys tule ilmi vastauksista. Vastaukset on koottu tähän asukaskyselyraporttiin.

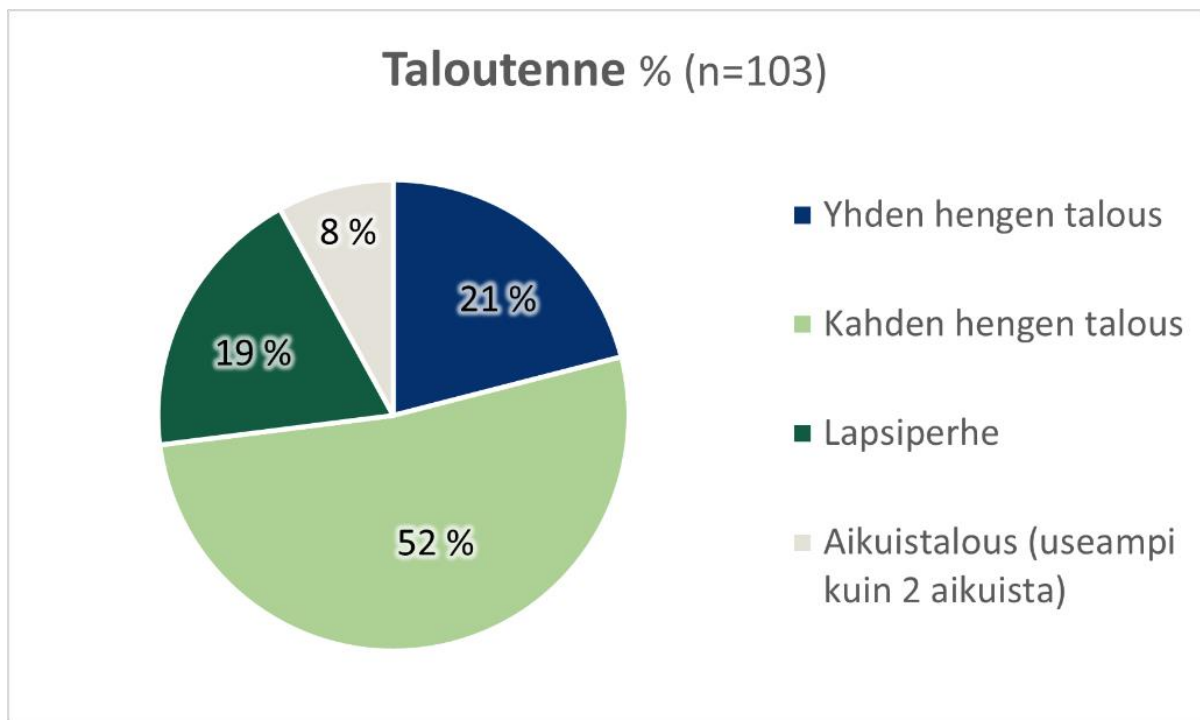
2. Kyselyn tulokset

2.1 Vastaajien taustatiedot

Kyselyn alussa kartoitettiin vastaajien taustatietoja. Vastanneista (n=100) suurin osa kuului ikäryhmään yli 65-vuotiaat ja vähiten vastanneissa oli 18–30-vuotiaita (Kuva 2-1). Vastaajista (n=103) eniten 52 % oli kahden hengen talouksia (Kuva 2-2). Vähiten vastaajissa oli yli 2 henkilön aikuistalouksia 8 %.

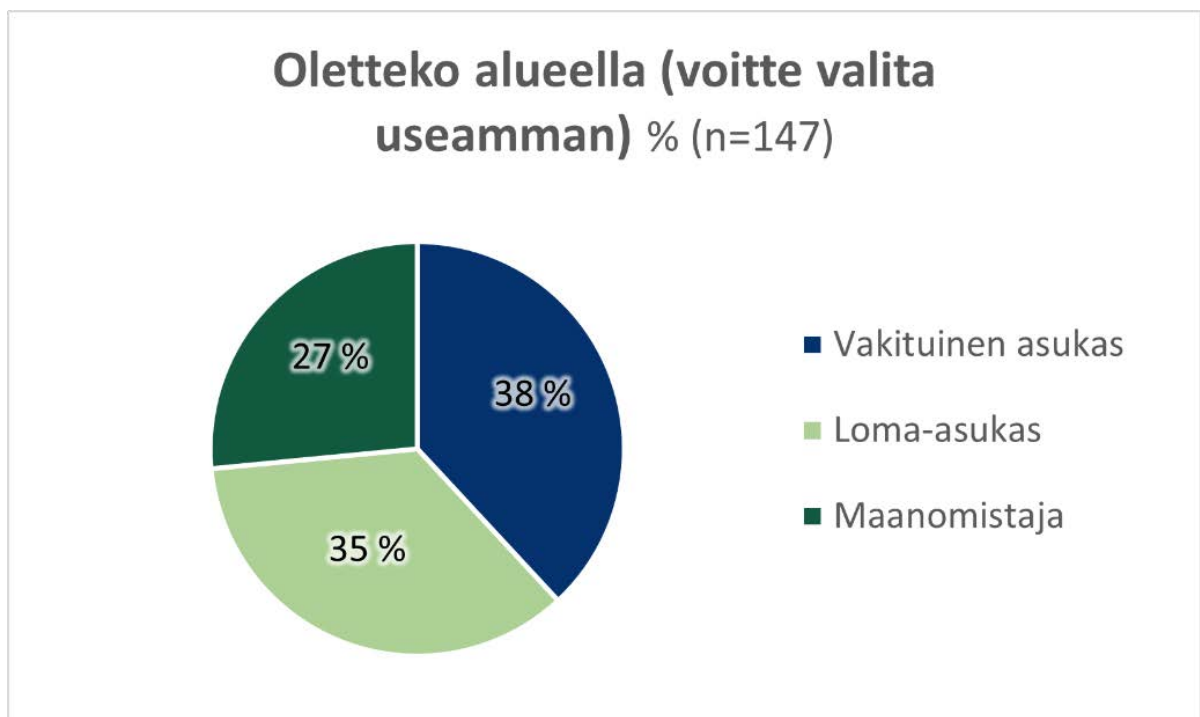


Kuva 2-1. Vastaajien ikäjakauma (n=100).



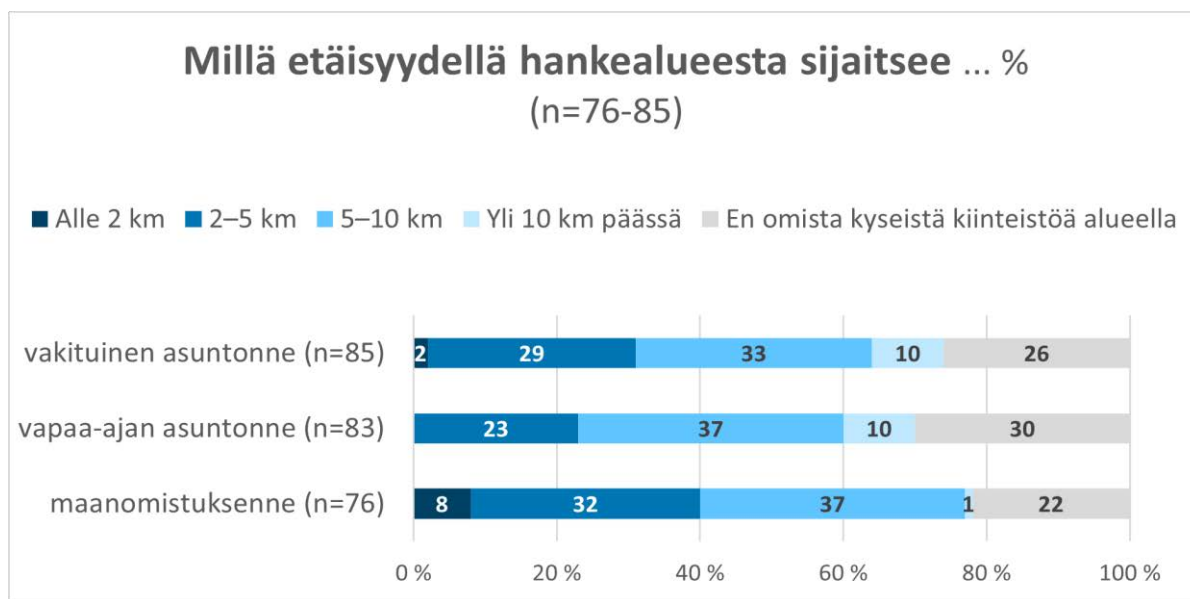
Kuva 2-2. Vastaajien elämäntilanne (n=103).

Suurin osa kyselyyn vastanneista (n=147) 38 % olivat alueella vakituksia asukkaita (Kuva 2-3). Maanomistajia vastanneista oli 27 % ja loma-asukkaita 37 %. Vastauksia tähän kysymykseen saatiin 147 kpl, koska vastaajilla oli mahdollisuus valita useampi vaihtoehto. Osa vastaajista edustaa esimerkiksi sekä vakituksia asukkaita, että maanomistajia.



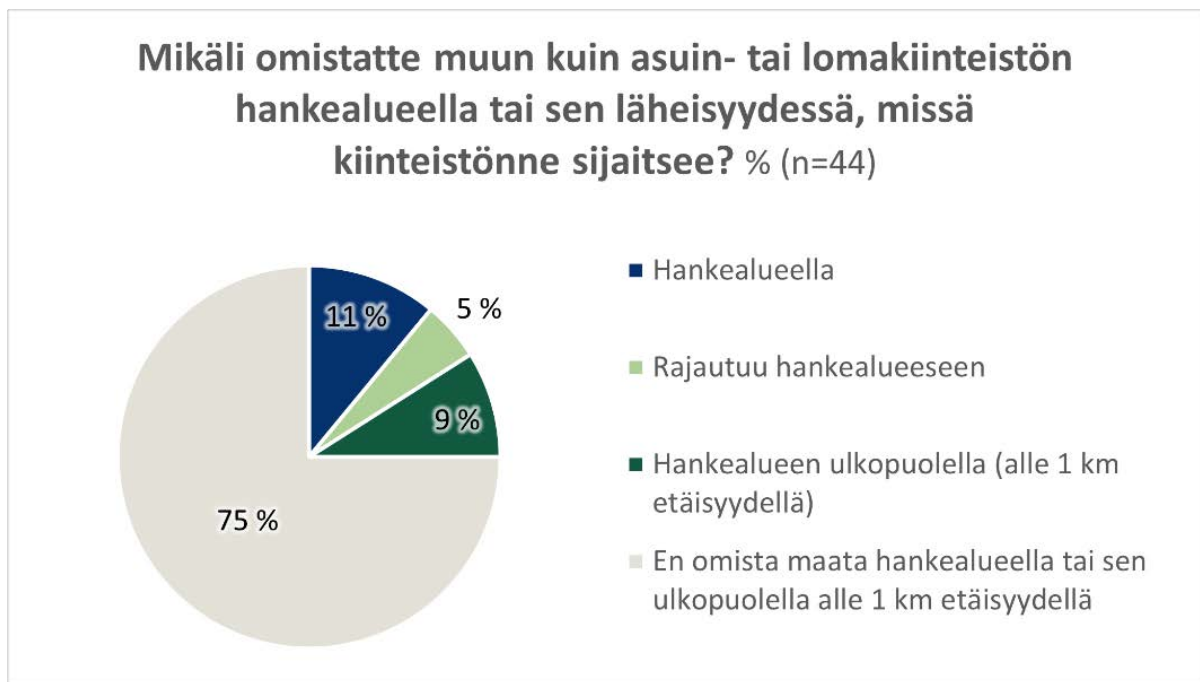
Kuva 2-3. Vastaajien suhde alueeseen (n=147).

Kyselyn vastaajat (n=76–85) saivat myös kertoa, kuinka lähellä hankealuetta heidän maanomistuksensa, vakituinen tai loma-asuntonsa sijaitsee (Kuva 2-4). Vastauksista (n=85) suurin osa oli 33 %, että heidän vakituinen asuntonsa sijaitsee 5–10 kilometrin etäisyydellä hankealueen rajasta. Vastanneiden (n=83) vapaa-ajan asunnoista ja maanomistuksista (n=76) suurin osa sijaitsi myös 5–10 km etäisyydellä, molemmat 37 %.



Kuva 2-4. Vastaajien vakituisen (n=88), loma-asunnon (n=86) ja maanomistuksen (n=76) etäisyys hankealueen rajasta.

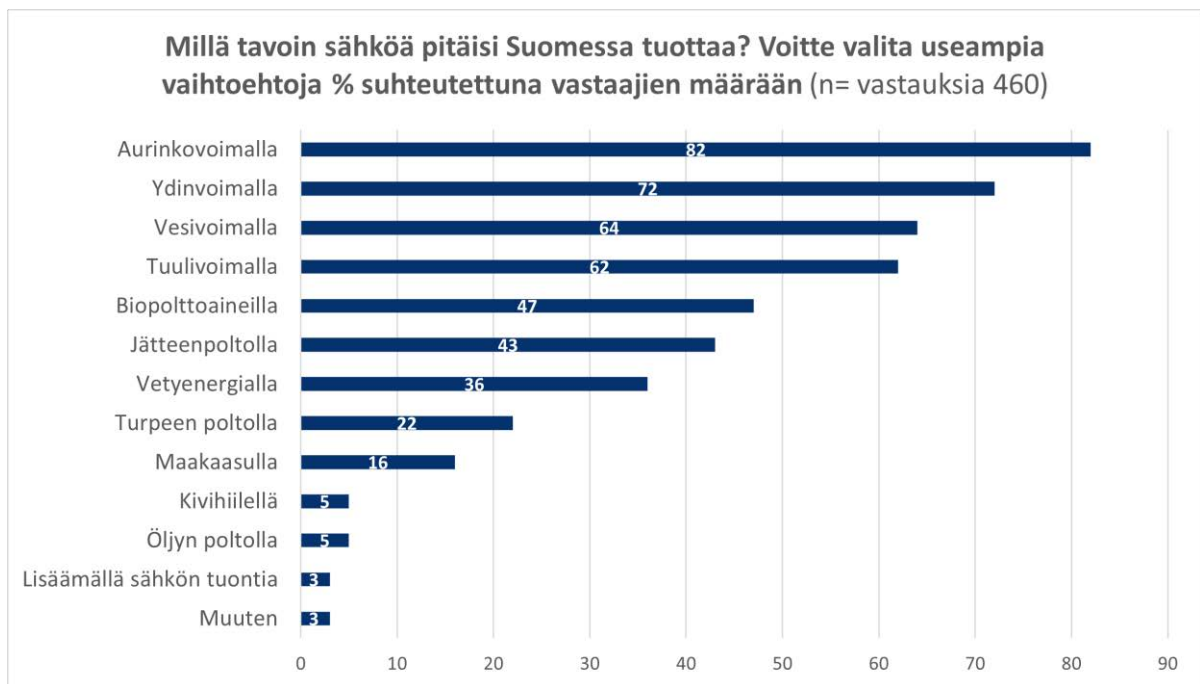
Kyselyssä tiedusteltiin vastaajien omistamien muiden kiinteistöjen (tontti/maa-alue/metsäpalsta/pelto) sijaintia suhteessa hankealueeseen, mikäli heidän omistamansa kiinteistö sijaitsee hankealueella tai alle 1 km etäisyydellä hankealueen rajasta (Kuva 2-5). Valtaosa vastaajista ei omistanut tällaista kiinteistöä 75 %.



Kuva 2-5. Vastaajan omistaman muun kiinteistön (tontti/maa-alue/metsäpalsta/pelto) sijainti suhteessa hankealueeseen (n=44).

2.2 Kysymyksiä tuulivoimasta

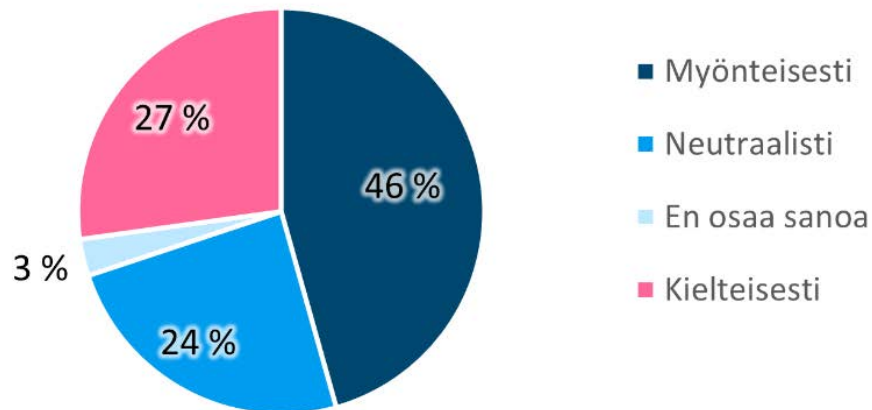
Kyselyssä selvitettiin myös vastaajien yleistä suhtautumista tuulivoimaan sekä muuhun energiantuotantoon. Vastaajilla oli mahdollisuus valita useampi vaihtoehto (n=460) ja vastaukset suhteutettiin vastanneiden määrään. Kysyttäessä, millä tavoin sähköä pitäisi tuottaa Suomessa, vastaajista 82 % valitsi aurinkovoiman ja 72 % ydinvoiman. Seuraavaksi eniten valittiin vesivoima 64 % ja tuulivoima 62 %, tarkemmin kuvassa (Kuva 2-6). Muina tapoina mainittiin kulutuksen vähentäminen, puun poltto, pienydinvoimalat ja nykyisen vesi- ja tuulivoiman käyttö.



Kuva 2-6. Vastaajien näkemys siitä, millä tavoin sähköä pitäisi tuottaa Suomessa (n=460). Vastaajat ovat voineet valita useamman vaihtoehdon.

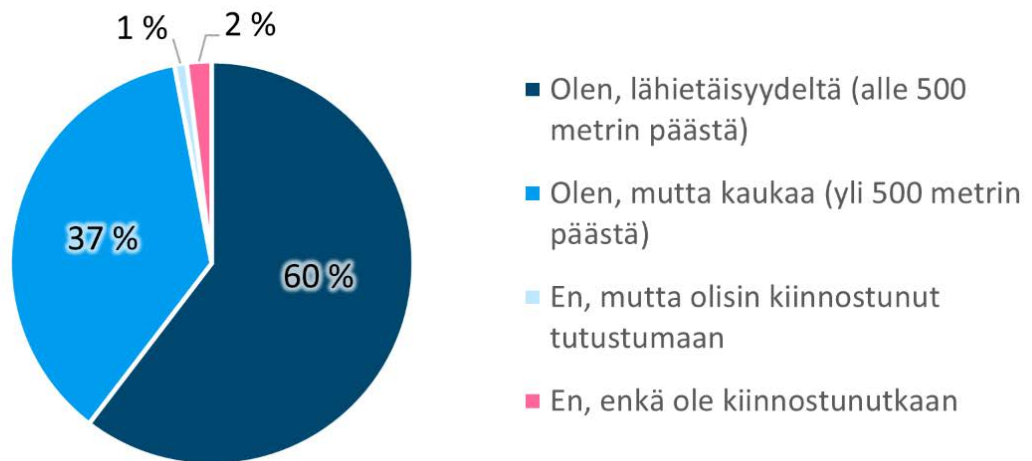
Vastaajista (n=103) tuulivoimaan suhtautui yleisesti ottaen joko neutraalisti tai myönteisesti yhteensä 70 % vastaajista ja kielteisesti 27 % (Kuva 2-7). Vastaajilta (n=101) kysyttiin myös ovatko he nähneet yli 100 metriä korkeaa toiminnassa olevaa tuulivoimalaa (Kuva 2-8). Lähes kaikki olivat nähneet yli 100 metriä korkean tuulivoimalan joko lähietäisyydeltä 60 % tai kauempaa 37 %.

Miten suhtaudutte tuulivoimaan energianlähteenä yleisesti ottaen % (n=103)



Kuva 2-7. Vastaajien suhtautuminen tuulivoimaan energianlähteenä yleisesti (n=103).

Oletteko nähnyt ison, yli 100 metriä korkean, toiminnassa olevan tuulivoimalan % (n=101)



Kuva 2-8. Vastaajien näköhavainnot tuulivoimaloista (n=101).

Vastaajia pyydettiin valitsemaan kolme (1–3 vastausta/vastaaja) tuulivoiman merkittävintä hyötyä yleisellä tasolla (Kuva 2-9). Vastauksissa (n=237) merkittävimmäksi hyödyksi valikoituivat vaikutukset kunnan talouteen ja kiinteistöverotuotot molemmat saaden äänistä 20 %. Kolmanneksi suosituin vaihtoehto oli maanomistajien vuokratuotot 18 %. Loppujen vaihtoehtojen jakautuneisuus

näkyvyydessä kuvassa 2–9. Muina hyötyinä mainittiin vaikutus sähkön hintaan, energian tuotannon omavaraisuuden kasvu Suomessa sekä tuulivoimafirmojen kannattavuuden kasvu.



Kuva 2-9. Vastaajien näkemys siitä, mitkä ovat yleisesti kolme merkittävintä tuulivoiman hyötyä (n=237).

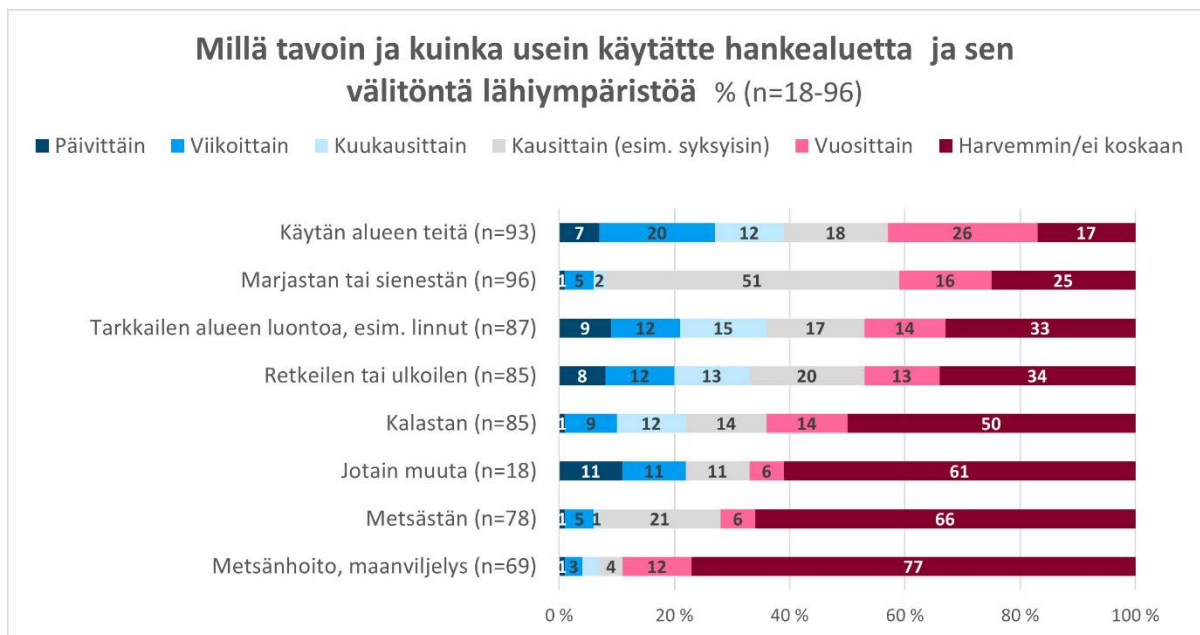
Kysymyksessä pyydettiin valitsemaan kolme eniten huolta aiheuttavaa vaikutusta (n=261) (Kuva 2-10). Vastauksista kolme eniten valintoja saanutta vastausvaihtoehtoa olivat maisemamuutos 20 %, vaikutukset asumisviihtyvyyteen 15 % ja vaikutukset linnustoon 10 %. Seuraavaksi eniten mainintoja saaneet tarkemmin kuvassa 2–10. Muina vaikutuksina vastaajat mainitsivat vaikutukset eläimiin, luontoon, sähkönsiirtolinjojen teko ja koskemattoman luonnon väheneminen. Myös ihmisten terveydelliset haitat sekä aiheuttaa riitoja ihmisten välillä mainittiin.



Kuva 2-10. Vastaajien näkemys siitä, mitkä ovat kolme suurinta huolenaihetta tuulivoimaloiden haitoista (n=261).

2.3 Hankealueen ja sen lähialueen nykytila

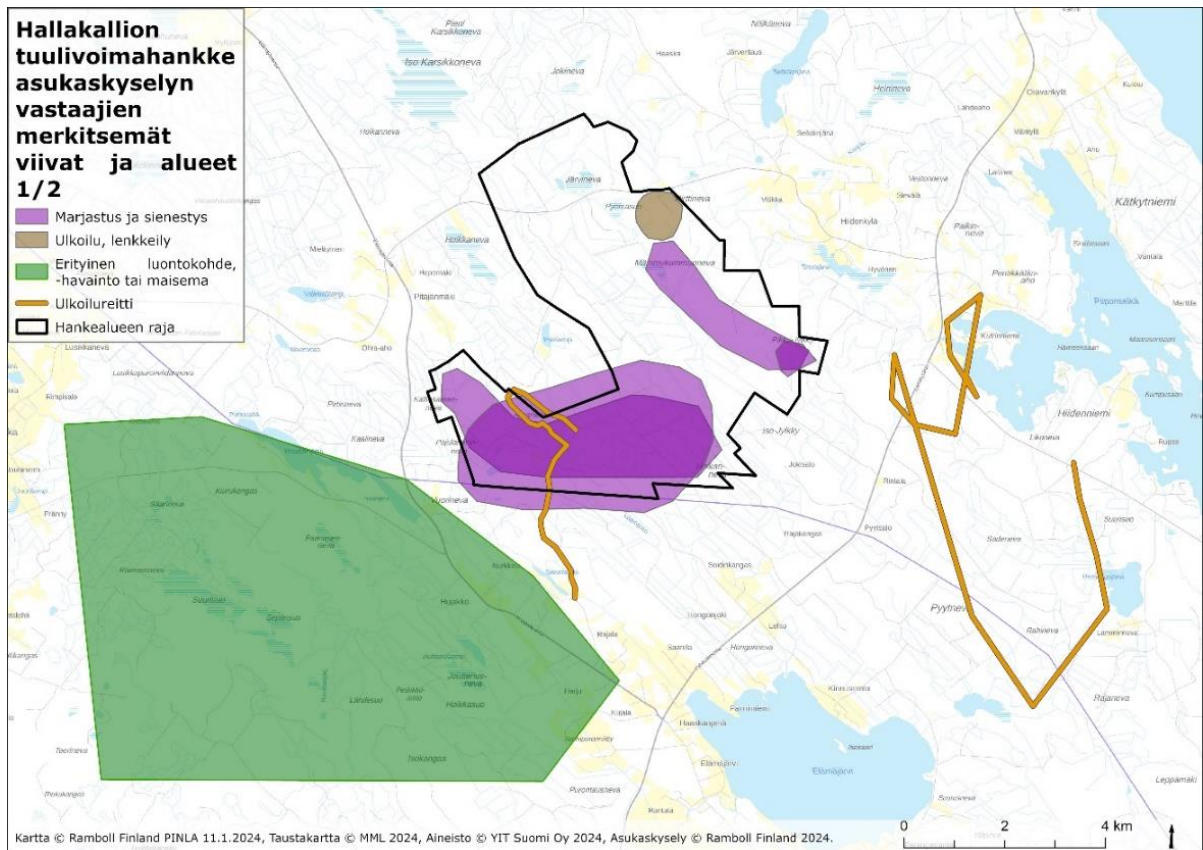
Asukaskyselyssä pyrittiin selvittämään, millä tavoin ja kuinka usein vastaajat (n=18–96) käyttävät hankealuetta ja sen välitöntä lähiympäristöä (1 km etäisyydellä hankealueen rajasta). Hankealueen käyttötavat ja niiden yleisyys on esitetty tarkemmin seuraavassa kuvassa (Kuva 2-11). Vastausten perusteella hankealuetta ja sen lähiympäristöä käytetään yleisimmin luonnon tarkkailuun, kulkemiseen (alueen teiden käyttö) ja retkeilyyn tai ulkoiluun. Myös marjastus ja sienestys on yksi keskeisimpiä alueen käyttötapoja, jota kertoi tekevänsä 75 % vastaajista vähintään vuosittain. Kalastusta ja metsästystä alueella harjoitettiin myös jonkin verran. Kysymyksen yhteydessä vastaajalla oli mahdollisuus tarkentaa vastaustaan kohtaan ”Jotain muuta, mitä”. Tarkentavina käyttötapoina mainittiin mm. vapaa-ajan vietto, maiseman/luonnon ihailu ja luonnon rauhasta nauttiminen.



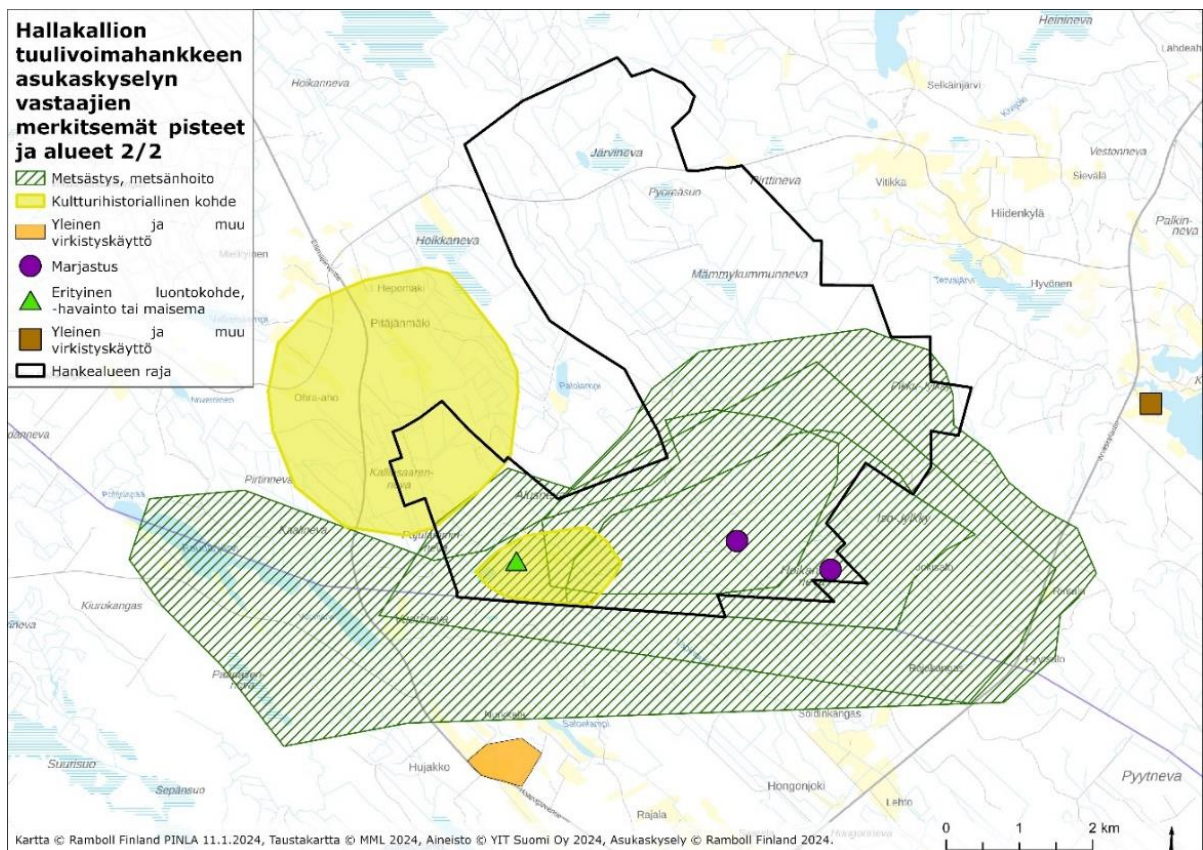
Kuva 2-11. Hankealueen ja sen lähiympäristön käyttö (n=18-96).

Vastaajilla oli mahdollisuus tehdä karttamerkintöjä. Kyselyssä taustakartalla esitettiin hankealueen raja- ja sähkönsiirron reittivaihtoehdot, johon vastaaja sai tehdä merkintöjä. Vastaajia pyydettiin merkitsemään kartalle heille tärkeitä paikkoja, reittejä ja alueita sekä muita huomioita (esim. tärkeä paikka, ulkoilureitti tai marjastusalue). Merkinnän jälkeen vastaajia pyydettiin kuvailemaan kohdetta tarkemmin kirjoittamalla selite. Karttamerkinnöistä on poistettu asuin- tai vapaa-ajan asuntoa osoittaneet kohteet yksityisyydensuojan takia sekä kohteet, joissa ei ollut selitettä tai se ei ollut alueen käyttöä/tärkeää paikkaa koskeva merkintä. Yhteensä karttamerkintöjä tehtiin 19 kappaletta. Merkinnöistä 4 oli pistemäisiä paikkamerkintöjä, 13 aluumerkintöjä ja 2 viivamaisia reittimerkintöjä. Merkintöjä yhdisteltiin aihepiireittäin ja koostettiin kartoille (Kuvat 2-12–Kuva 2-13).

Pistemäisiä kohteita merkittiin kartalle 4 kpl, merkityt alueet on esitetty seuraavassa kuvassa yhdessä osan aluumerkintöjen kanssa (Kuva 2-13). Kartalle asetettuja kohteita olivat muun muassa marjastuspaikat, luontokohteet ja ulkoilukohteet. Merkityistä pisteistä kolme osui hankealueelle. Viivamaisia reittimerkintöjä tehtiin 2 kpl, merkityt alueet on esitetty seuraavassa kuvassa yhdessä osan aluumerkintöjen kanssa (Kuva 2-12). Reittimerkinnöillä osoitettiin ulkoiluun liittyviä merkintöjä ja marjastukseen sekä sienestysalueeseen liittyviä reittejä. Merkityistä reiteistä toinen osui hankealueelle. Aluemaaisia merkintöjä tehtiin yhteensä 13 kpl vastaajien toimesta (Kuva 2-12 ja Kuva 2-13). Vastaajien pyydettiin kuvailemaan kohdetta tarkemmin. Kartalle asetettuja kohteita olivat mm. ulkoilureitit, metsästysalueet, metsänhoitoon liittyvät alueet, luontohavainnot (linnut) sekä marjastus- & sienestysalueet. Karttamerkintöjen mukaan hankealuetta käytetään laajimmin marjastukseen ja sienestysalueeseen, metsänhoitoon ja metsästysalueeseen. Merkinnät keskittyivät hankealueella sen eteläosiin, pohjoisimpien osien jäädessä merkinnöittä.

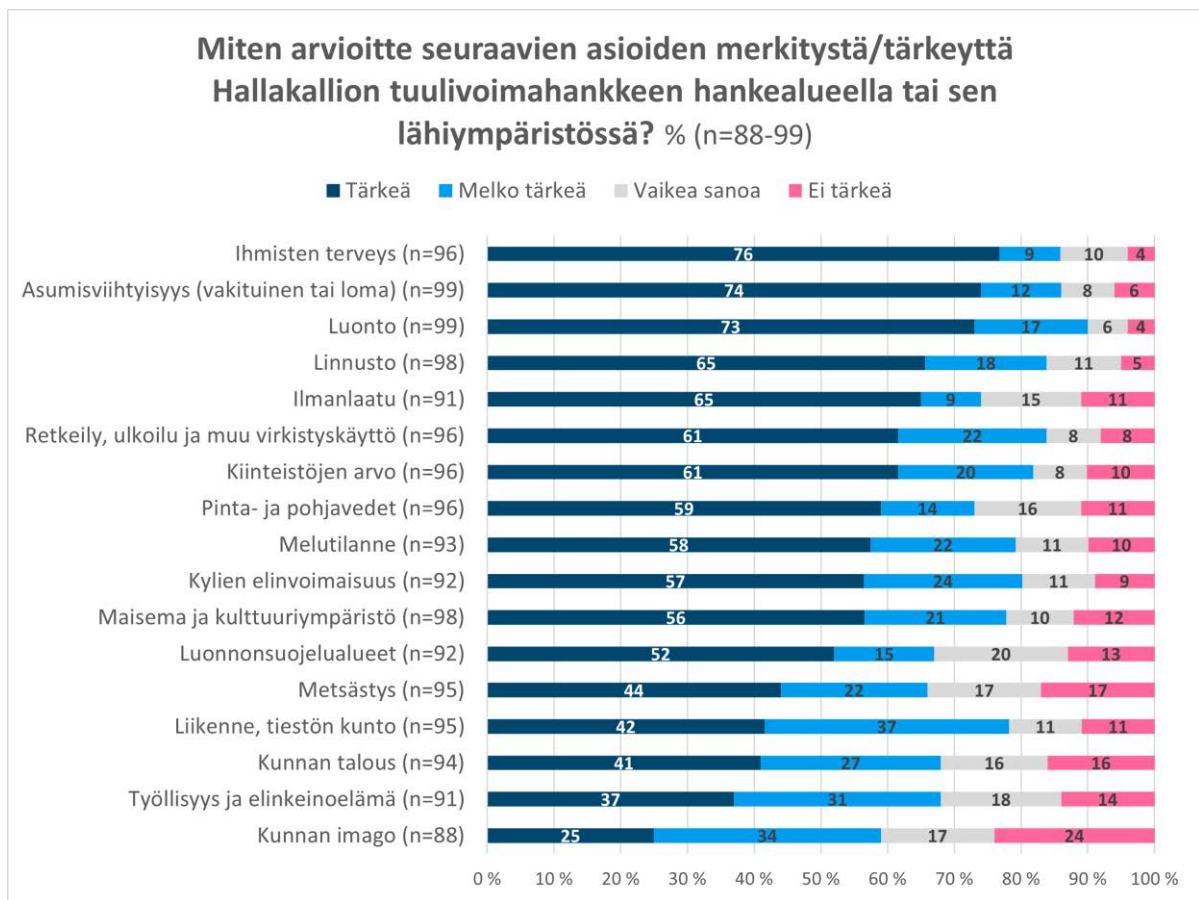


Kuva 2-12. Karttamerkinnoista tehty koostekartta, viivamaiset merkinnät (n=2) ja aluemerkinnät 1/2 (n=6).



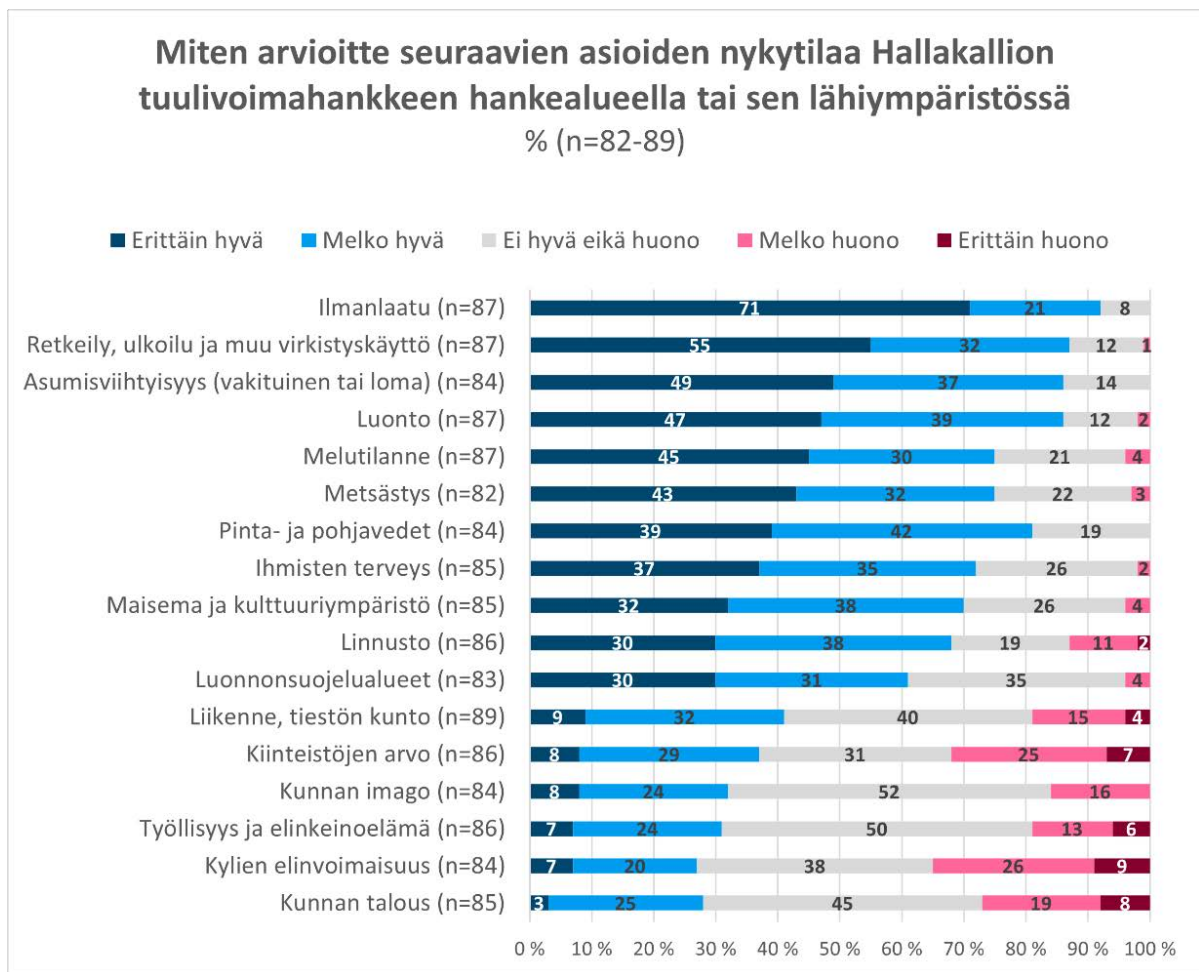
Kuva 2-13. Karttamerkinnoista tehty koostekartta, pistemäiset merkinnät (n=4) ja aluemerkinnät 2/2 (n=7).

Seuraavaksi kyselyssä kysyttiin, millaiseksi vastaajat (n=88-99) arvioivat tiettyjen kyselyssä esitettyjen asioiden tärkeyttä/merkitystä hankealueella ja sen lähiympäristössä (Kuva 2-14). Esitetyistä osa-alueista tärkeimpinä pidettiin ihmisten terveyttä, luontoa ja asumisviihtyvyyttä, kaikki näistä ajateltiin yli 60 % toimesta tärkeäksi. Tärkeinä tai melko tärkeinä koettiin suurin osa asioista, yli puolet vastauksista jokaisessa osa-alueessa. Vähiten tärkeänä pidettiin kunnan imagoa.



Kuva 2-14. Vastaajien arvio asioiden merkityksestä/tärkeydestä hankealueella tai sen lähiympäristössä (n=88–99).

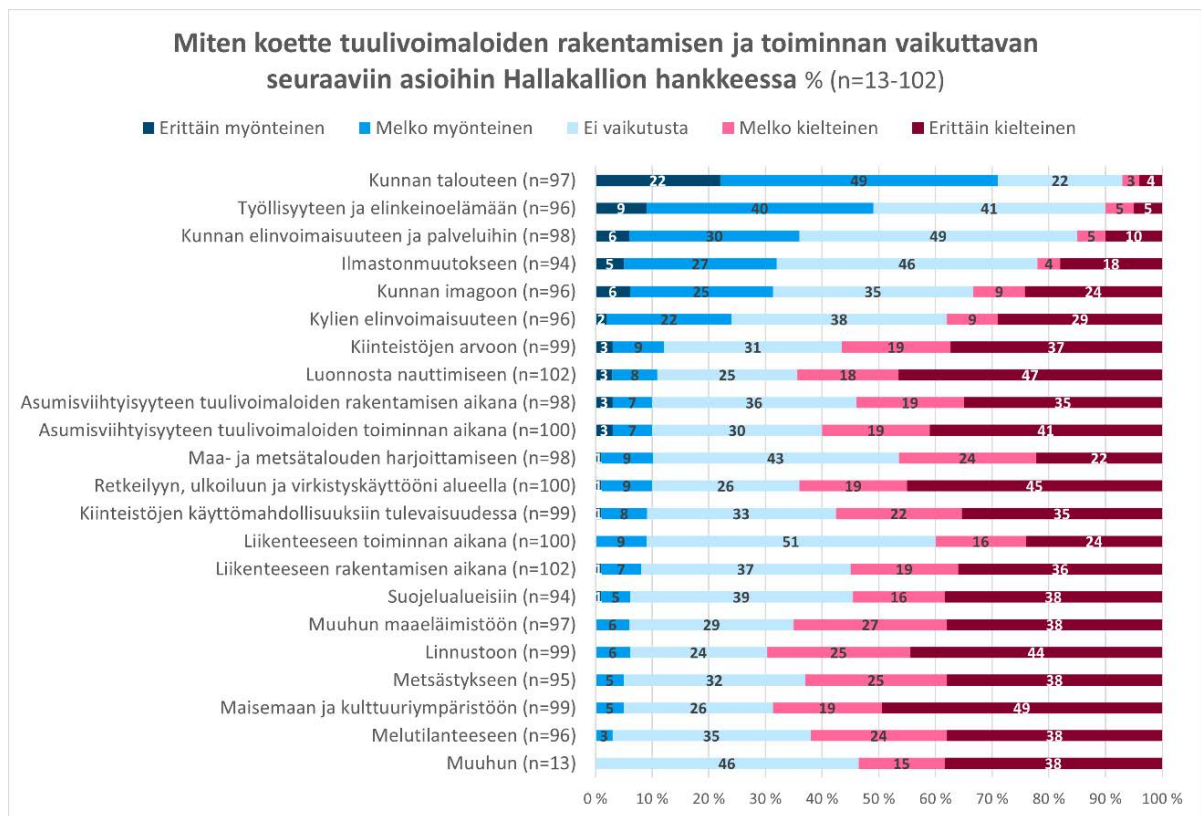
Seuraavaksi kyselyssä kysyttiin, millaiseksi vastaajat (n=82–89) arvioivat tiettyjen kyselyssä esitettyjen asioiden nykytilaa hankealueella ja sen lähiympäristössä (Kuva 2-15). Esitetyistä osa-alueista tilaltaan parhaimpana pidettiin ilmanlaatua, jossa vastauksista 71 % piti sen tilaa erittäin hyvänä. Eniten ääniä saaneiden joukkoon kuului myös retkeily ja asumisviihtyvyys. Erittäin tai melko hyvänä koettiin suurin osa asioista, yli 50 % vastauksista paitsi kuudessa osa-alueessa. Tilaltaan huonoimpana pidettiin kylien elinvoimaisuutta.



Kuva 2-15. Vastaajien arvio asioiden nykytilaa hankealueella tai sen lähiympäristössä (n=82-89).

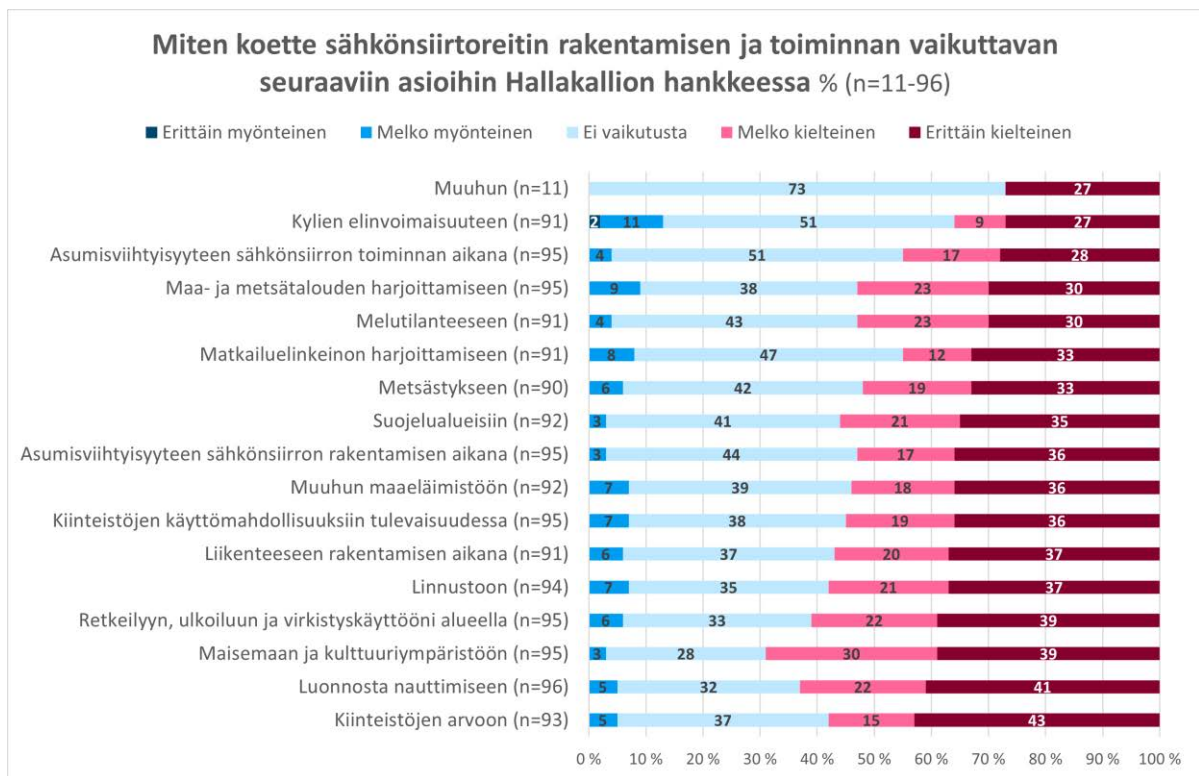
2.4 Hallakallion tuulivoimahankkeen vaikutukset

Kyselyssä selvitettiin, miten vastaajat (n=13-102) ajattelevat tuulivoimahankkeen toteuttamisvaihtoehtojen (VE1 ja VE2) vaikuttavan eri osa-alueisiin (Kuva 2-16). Myönteisimmin hankkeen koettiin vaikuttavan kunnan talouteen, työllisyyteen ja kunnan elinvoimaisuuteen ja palveluihin. Vastaajat kokivat hankkeen vaikuttavan kielteisimmin luonnosta nauttimiseen, retkeilyyn ja maisemaan. Muina vaikutuksina mainittiin esimerkiksi vaikutus ihmisten terveyteen, vaikutus luontoon kokonaisuudessaan ja kiinteistön arvon aleneminen.



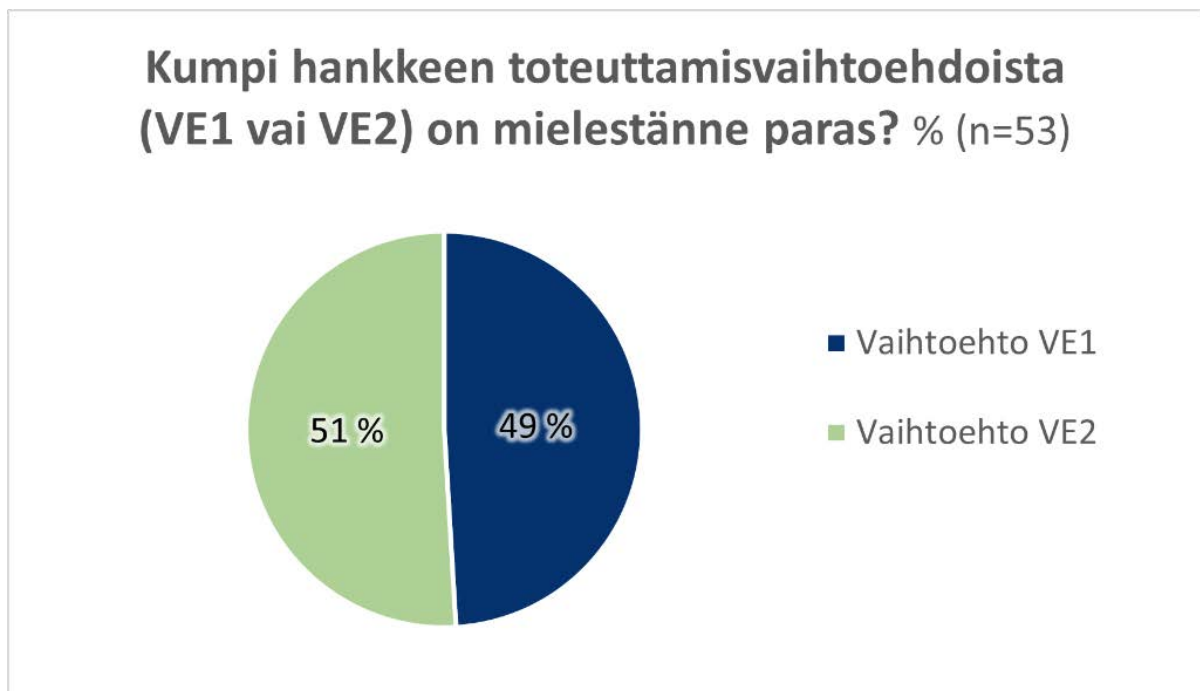
Kuva 2-16. Vastaajien mielipide kysyttäessä, miten koette tuulivoimahankkeen vaikuttavan eri osa-alueisiin (n=13-102).

Kyselyssä selvitettiin, miten vastaajat (n=11-96) ajattelevat tuulivoimahankkeen sähkönsiirron vaihtoehtojen (SVE1a-f, SVE2a-b SVE3) vaikuttavan eri osa-alueisiin (Kuva 2-17). Suurimassa osassa osa-alueissa vastaukset olivat joko ei vaikutusta tai kielteisiä. Positiivisimmat vaikutukset koettiin osuvan kylien elinvoimaisuuteen. Kielteisimmän vastaajat kokivat sähkönsiirron vaikuttavan kiinteistöjen arvoon. Muina vaikutuksina mainittiin esimerkiksi vaikutukset terveyteen ja metsien hakkaamiseen.

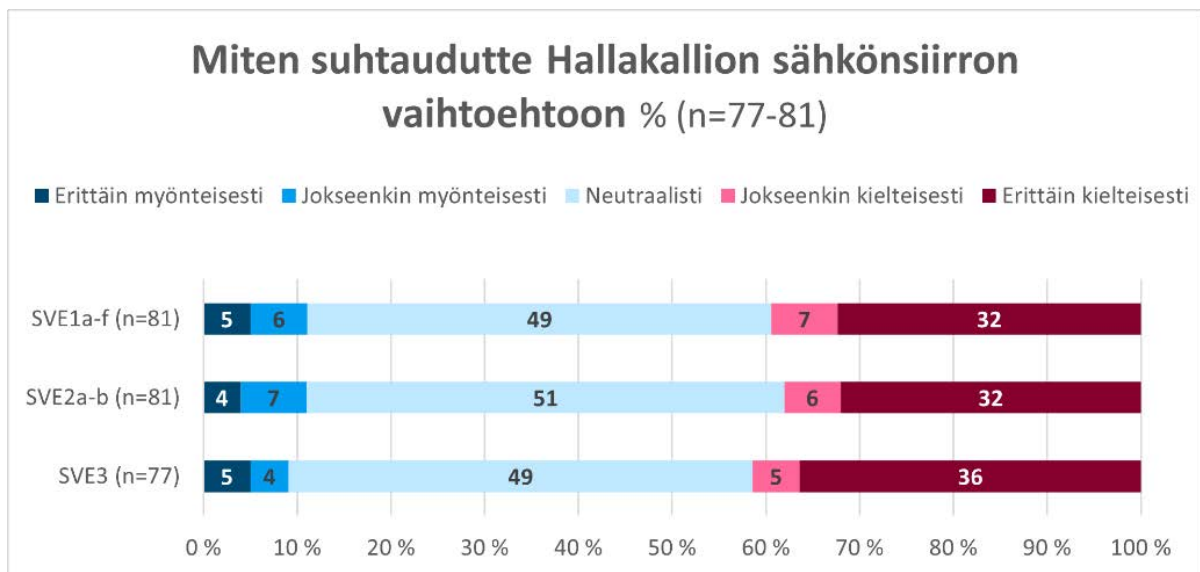


Kuva 2-17. Vastaajien mielipide kysyttäessä, miten koette sähkönsiirron vaikuttavan eri osa-alueisiin (n=11-96).

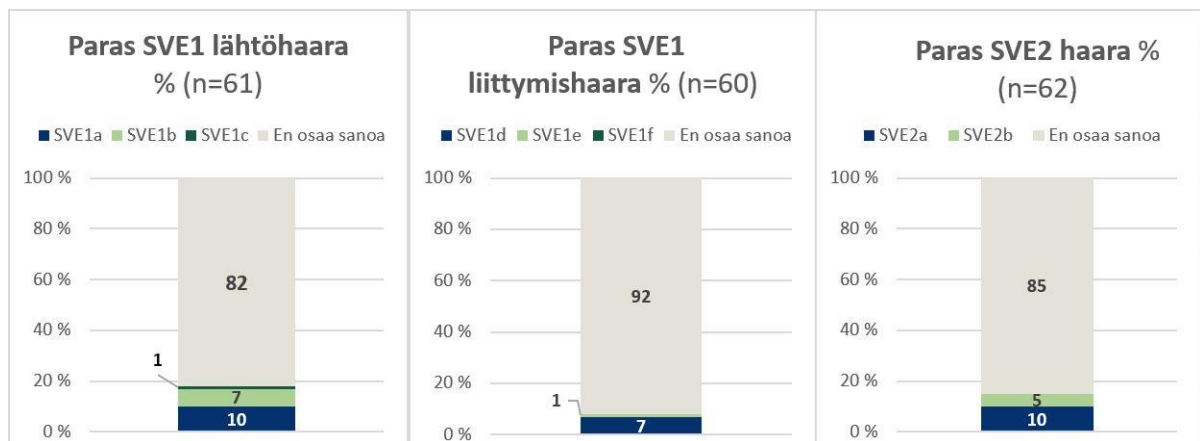
Seuraavaksi selvitettiin vastaajien suhtautumista eri hankkeen toteuttamisvaihtoehtoihin ja sähkönsiirron vaihtoehtoihin. Vastaajia (n=53) pyydettiin valitsemaan parempi toteuttamisvaihtoehtoista VE1 tai VE2 (Kuva 2-18). Vastaajien mielestä vaihtoehto VE2 oli näistä parempi 51 prosentilla. Perusteluina he mainitsivat mm. pienemmän voimala määrän, pienempi minimikokonaisteho (, joka tällä hetkellä on 168 MW), voimaloiden suurempi etäisyys Pyhäjärveen (maisema ja meluhaitta). Vaihtoehdon VE1 valinneet (49 %) perustelivat valintojaan mm. taloudellisesti hyödyllisempää rakentaa kaikki voimalat, muutaman lisävoimalan haitan osuus todella pieni ja sähköntuotannon omavaraisuuden suurempi kasvu. Moni olisi toivonut, että kysymyksen vaihtoehtona olisi ollut myös toteuttamatta jättäminen (VE0) ja oli siksi jättänyt valitsematta vaihtoehtoa. Vastaajia (n=77-81) pyydettiin kertomaan suhtautumisensa sähkönsiirron vaihtoehtoihin SVE1a-f, SVE2a-b tai SVE3 (Kuva 2-19). Kaikki vaihtoehdot saivat hyvin samalaiset vastaanotot, näistä SVE3 suhtauduttiin hieman kielteisemmin kuin kahteen muuhun. Vastaajia pyydettiin kertomaan myös mielipiteensä sähkönsiirron alavaihtoehtoihin (Kuva 2-20). Lähes kaikki vastaukset olivat ”En osaa sanoa” 82-95 %. Parhaimmat vaihtoehdot näistä olivat SVE1a, SVE1d ja SVE2a.



Kuva 2-18. Vastaajien mielipide kumpi on parempi toteuttamisvaihtoehto (n=53).

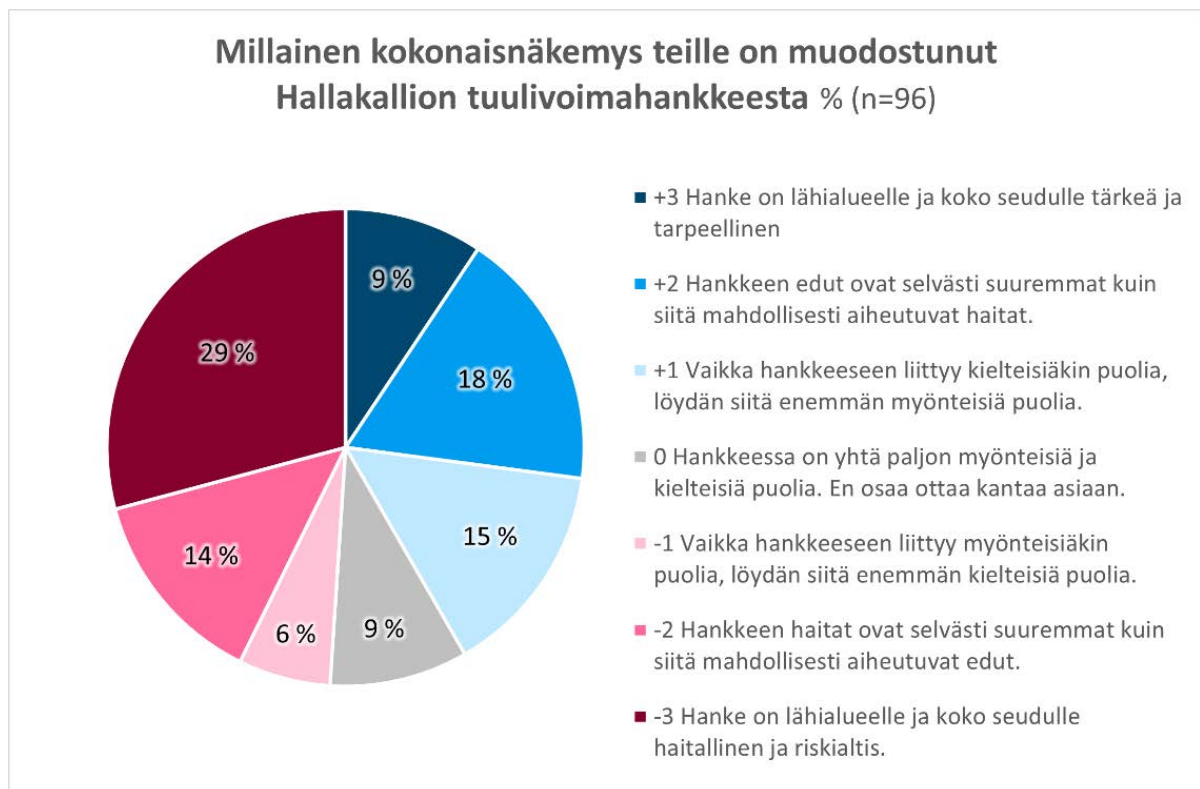


Kuva 2-19. Vastaajien mielipide mikä on paras sähkönsiirtovaihtoehto (n=77-81).



Kuva 2-20. Vastaajien mielipide mikä on paras sähkönsiirron alavaihtoehto (n=60–62).

Seuraavaksi tiedusteltiin vastaajien (n=96) kokonaisnäkemyksiä hankkeeseen niin, että heidän oli valittava parhaiten heidän näkemystensä vastaava lause (Kuva 2-21). Eniten ääniä 29 % sai ”Hanke on lähialueelle ja koko seudulle haitallinen ja riskialtis”. Toiseksi eniten 18 % sai ”Hankkeen edut ovat selvästi suuremmat kuin siitä mahdollisesti aiheutuvat haitat” ja kolmanneksi eniten ”Vaikka hankkeeseen liittyy kielteisiäkin puolia, löydän siitä enemmän myönteisiä puolia” 15 %. Loppujen vaihtoehtojen kannatusmäärät alla olevassa kuvassa 2–21. Yhteenlaskettuna myönteisesti hankkeesta ajatteli 42 % ja kielteisesti 49 %.



Kuva 2-21. Vastaajien kokonaisnäkemys hankkeesta (n=96).

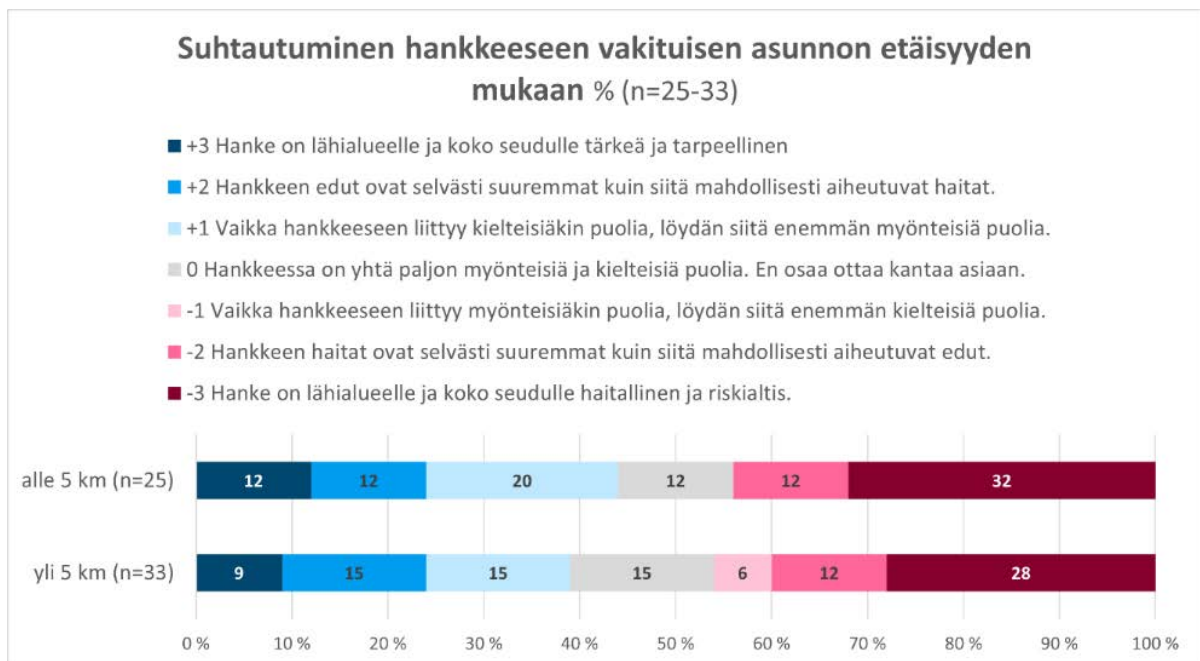
Seuraavassa kuvassa on esitetty vastaajien huolenaiheet koskien tuulivoimahankkeen lähialueille suunnitelluilla olevien tuulivoimahankkeiden (esim. Moskuankangas, Leppäkangas ja Uusimo)

mahdollisia yhteisvaikutuksia (Kuva 2-22). Vastaajat ovat saaneet valita korkeintaan kolme eri tekijää (n=252). Eniten vastauksia keräsi maisemamuutos 20 %. Tämän jälkeen eniten oltiin huolissaan vaikutuksista asumisviihtyvyyteen ja kiinteistöjen arvoon. Vastaajat saivat tarkentaa myös sanallisesti vastauksiaan ja kertoa muita vaikutuksia, niissä mainittiin muun muassa vaikutukset asukkaiden terveyteen, luonnon monimuotoisuuteen ja eläimistöön. Mainittiin myös hiilinielujen väheneminen, vaikutus pohjaveteen, linnustoon, rentoutumiseen, maisemaan ja asukkaiden jäänti keskelle useita hankkeita.

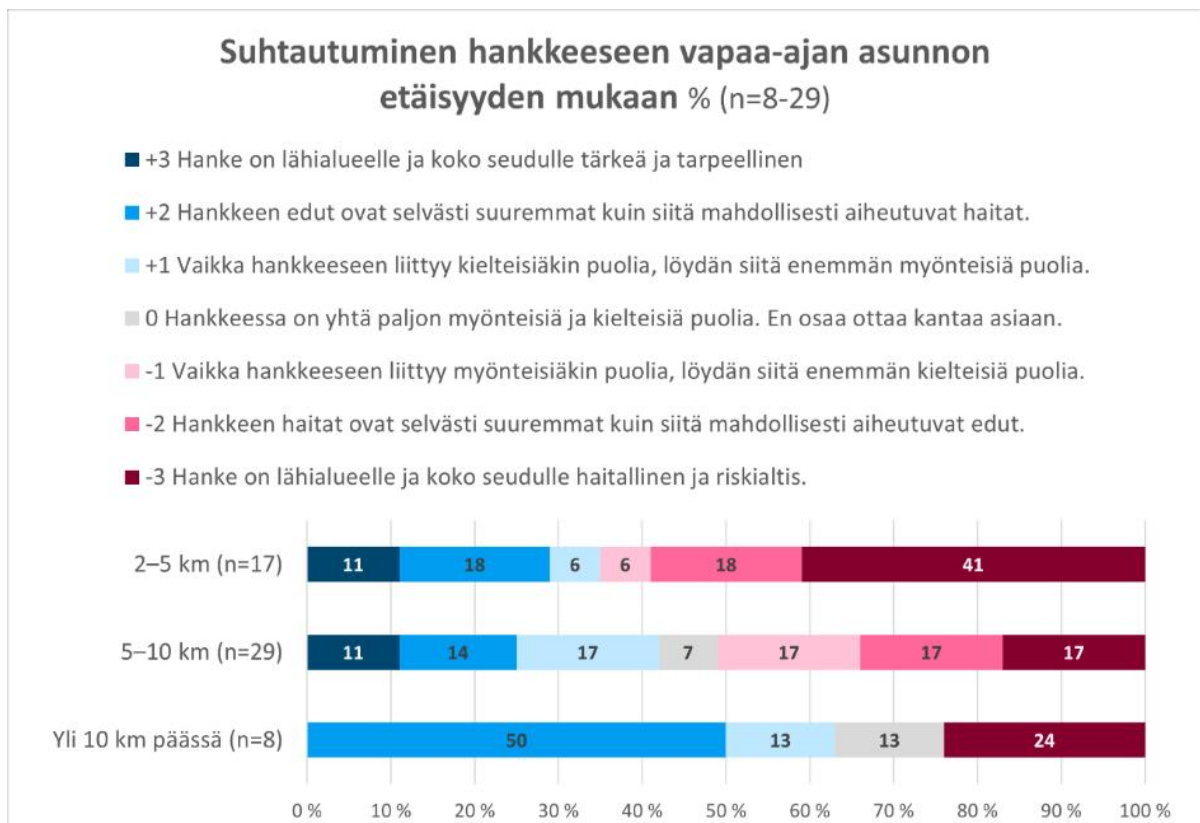


Kuva 2-22. Mihin asioihin arvioitte yhteisvaikutuksia muodostuvan (n=252).

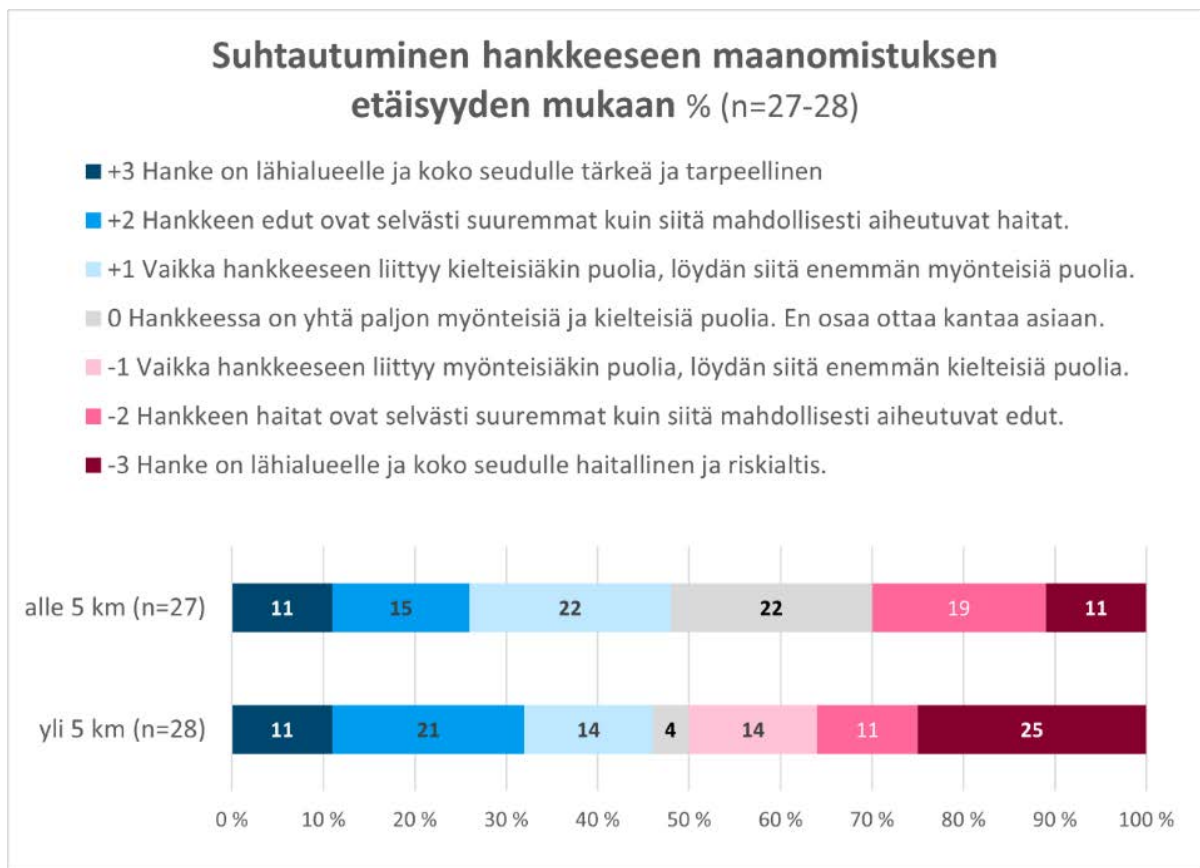
Vastanneiden (n=25–33) suhtautumista hanketta kohtaan verrattiin vastaajan vakituisen asunnon sijainnin perustella (Kuva 2-23). Kielteisimmin hankkeeseen suhtautuivat alle 5 km asuvat vastaajat. Myönteisimmin taas suhtautuivat he, jotka asuivat yli 5 km hankealueesta. Vertailu vaatii, että vastaaja on vastannut molempiin kysymyksiin, joten vastaaja määrät per asunnon sijaintiluokka ovat kohtuullisen pieniä, joten luokkia jouduttiin yhdistämään. Vastanneiden (n=8–29) suhtautumista hanketta kohtaan verrattiin vastaajan vapaa-ajan asunnon sijainnin perustella (Kuva 2-24). Negatiivisimmin suhtautuivat he, joiden vapaa-ajan asunto oli 2–5 km päässä hankkeesta. Kun taas positiivisimmat vastaukset olivat heillä, joiden vapaa-ajan asunto sijaitsi yli 10 km etäisyydellä. Yleistettynä mitä kauempana vastaaja asui, sitä myönteisemmäksi suhtautuminen muuttui. Vastanneiden (n=27–28) suhtautumista hanketta kohtaan verrattiin vastaajan maanomistuksen sijainnin perustella (Kuva 2-25). Negatiivisimmin suhtautuivat yli 5 km päässä maata omistavat ja positiivisimmin alle 5 km päässä maata omistavat.



Kuva 2-23. Vastaajien suhtautuminen hankkeeseen vakituisen asunnon sijainnin mukaan (n=25-33).



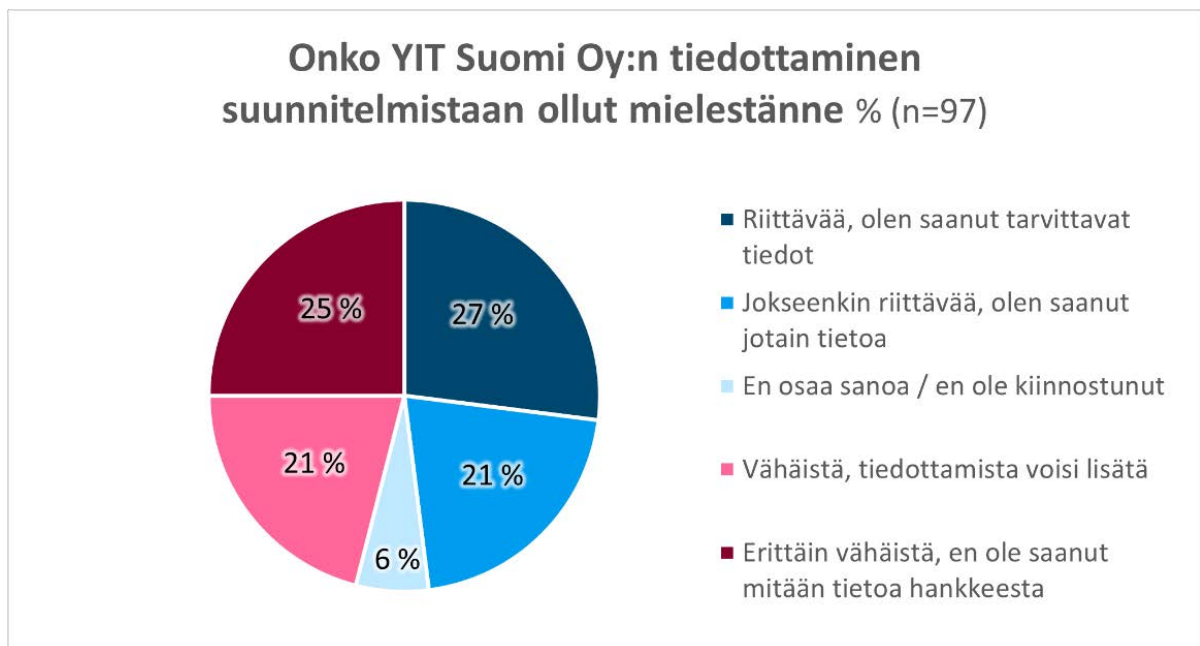
Kuva 2-24. Vastaajien suhtautuminen hankkeeseen vapaa-ajan asunnon sijainnin mukaan (n=8-29).



Kuva 2-25. Vastaajien suhtautuminen hankkeeseen maanomistuksen sijainnin mukaan (n=27-28)

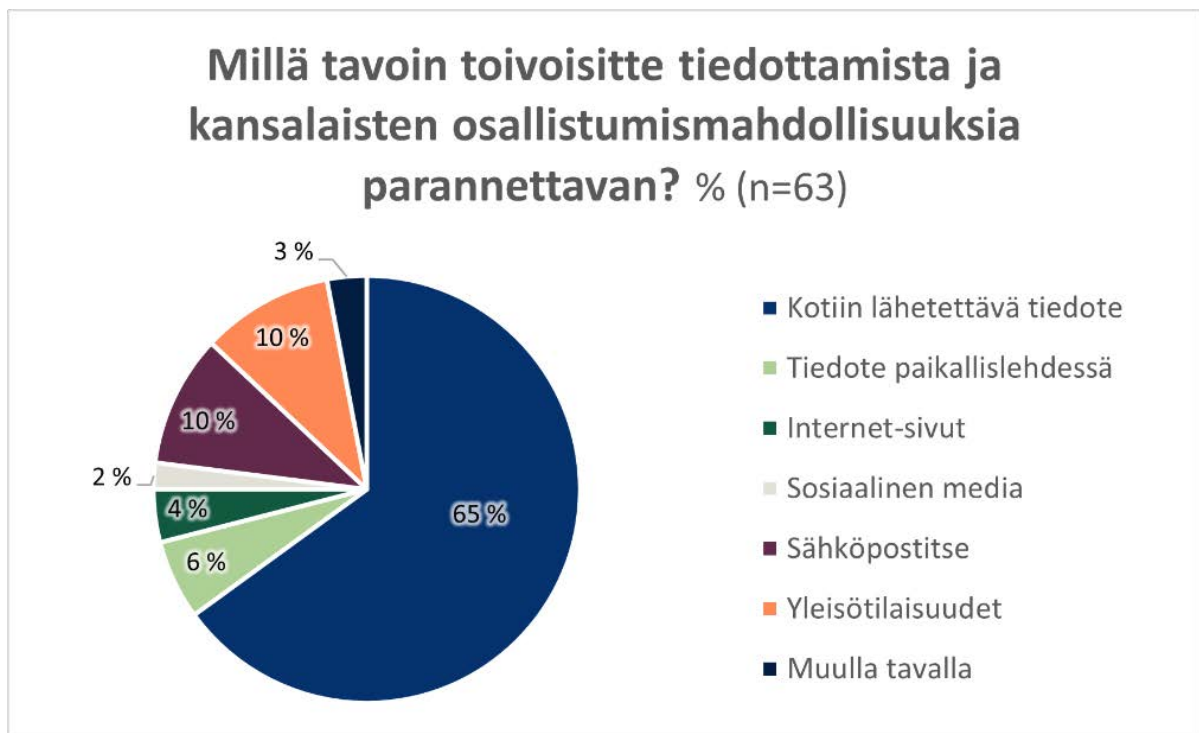
2.5 Tiedottaminen

Kyselyssä selvitettiin myös Eolus Energy Oy:n (entinen YIT Suomi Oy) tiedottamisen riittävyyttä. Vastaajista (n=97) 48 % koki, että tiedottaminen on ollut riittävää tai jokseenkin riittävää (Kuva 2-26). Toisaalta 46 % vastaajista koki, että tiedottaminen on ollut vähäistä ja sitä voisi lisätä tai tiedottaminen on ollut erittäin vähäistä, eikä ole saanut mitään tietoa hankkeesta.



Kuva 2-26. Vastaajien näkemys hankkeesta tiedottamisesta (n=97).

Kyselyssä pyydettiin vastaajia (n=63) valitsemaan, millä tavoin he toivovat parannettavan tiedottamista ja kansalaisten osallistumismahdollisuuksia (Kuva 2-27). Vastauksissa selkeästi suosituimmaksi nousi vaihtoehto kotiin lähetettävä tiedote 65 % vastaajan valitessa tämän. Tarkempi vastausten jakautuminen kuvassa 2-27. Muiksi tavoiksi ehdotettiin muun muassa henkilökohtainen yhteydenotto kaikille asianosaisille, kaikki kysymyksessä luetellut vaihtoehdot ja enemmän keskusteluja asukkaiden kanssa hankkeen aloituksesta lähtien.



Kuva 2-27. Vastaajien toivotut tiedotus- ja osallistumismenetelmät (n=63).

2.6 Vapaamuotoiset kommentit

Kyselyn lopussa vastaajilla oli mahdollisuus ilmaista vapaamuotoisesti, mitä asioita he toivoisivat otettavan huomioon Hallakallion tuulivoimahankkeen suunnittelussa ja ympäristövaikutusten arvioinnissa ja miten hankkeesta mahdollisesti aiheutuvia haitallisia vaikutuksia voitaisiin estää tai lieventää. Lisäksi pyydettiin vapaamuotoisia kommentteja hankkeesta ja kyselystä.

Vapaamuotoisia kommentteja saatiin yhteensä 150 kappaletta. Vastaukset luokiteltiin aihepiireittäin. Kaikki vastaajien kommentit on kirjattu ylös ja analysoitu, mutta raporttiin on poimittu niistä vain osa. Seuraavaan koosteeseen on nostettu kommentteja, jotka kuvastavat aihepiiriin liittyviä muitakin vastauksia ja jotka eivät sisällä sellaista tietoa, josta voisi tunnistaa yksittäisen vastaajan.

Vastaajilta tiedusteltiin, miten hankkeen aiheuttamia haittoja tulisi lieventää, vastauksia saatiin 53 kpl. Selvästi eniten vastauksissa tuotiin esille, että vaikutuksia voidaan lieventää vain jättämällä hanke toteuttamatta (22 mainintaa). Myös hankkeen siirtäminen muualle, kauemmas asutuksesta tai merelle (12 mainintaa) mainittiin useampia kertoja vastauksissa. Seitsemässä kommentissa pyydettiin huomioimaan yhteisvaikutukset lukuisten suunniteltujen hankkeiden määrän takia tai pyydettiin vähemmän voimaloita/hankkeita. Kuudessa kommentissa nostettiin esiin erilaisia luonto vaikutuksia, toivottiin kattavia luontoselvityksiä esimerkiksi lintututkia käyttäen, luonnon mahdollisimman vähäistä tuhoamista ja luonnon monimuotoisuuden säilyttämistä. Maisemahaitan halusi nostaa esille viisi vastaajaa.

Muutamassa vastauksessa (4 mainintaa) oli myös, ettei vastaaja osannut kertoa lievennyskeinoja. Kolmessa vastauksessa kerrottiin, ettei vastaajaa haittaa tuulivoimalat tai ettei tarvitse lievennyskeinoja. Kahdessa vastauksessa haluttiin, että tuulivoimalakia uudistettaisiin ja ettei ennen sen päivitystä saisi rakentaa uusia hankkeita. Kompensaatio asioita nosti esille kaksi vastaajaa. Kompensaatiota haluttiin kiinteistöjen omistajille ja alueen asukkaille. Kahdessa

kommentissa mainittiin melu- tai välkehaitat. Muina yksittäisinä lieventämiskeinoina mainittiin esimerkiksi tiestön parantaminen alueella ja nykyisten teiden käyttäminen, siirtymistä ydinvoimaan, aktiivinen ja positiivinen tiedotus ja matalammat tuulivoimalat. Lisäksi oli mainittu mallinnusten puutteet sekä että toiminnan tulisi perustua tutkittuun tietoon.

Vastaajilta tiedusteltiin, mitä asioita he toivoisivat otettavan huomioon Hallakallion tuulivoimahankkeen suunnittelussa ja ympäristövaikutusten arvioinnissa. Vastauksia saatiin yhteensä 50 kpl. Keskeisimpänä asiana pyydettiin huomioimaan luontoon liittyvät seikat (20 mainintaa). Pyydettiin luonnon monimuotoisuuden säilyttämistä, huomioimaan eläimiin kohdistuvat haitat, alueen pohjavesi, linnut ja niiden muuтонаikaiset levähtämisalueet, vaikutukset järviin ja kaloihin. Vastauksissa oli myös useita mainintoja, ettei hanketta tulisi toteuttaa (9 mainintaa) tai se tulisi siirtää muualle (6 mainintaa). Kohtuullisen keskeisenä teemana vastauksissa nousi esiin voimaloista aiheutuvaa maisemahaitta. Useampia mainintoja oli myös lähialueen vakituisten ja vapaa-ajan asukkaiden näkemysten huomioiminen, joka mainittiin kuudessa vastauksessa.

Hankkeen todettiin vaikuttavan ihmisten asumisviihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön sekä kiinteistöjen arvoon viidessä vastauksessa. Kolmessa vastauksessa mainittiin voimaloiden purkuun liittyviä asioita kuten kuka sen kustantaa ja minkälaisia ympäristöhaittoja purkamisesta voi tulla. Myös tuulivoimaloiden vaikutukset ihmisten terveyteen huoletti muutamissa vastauksissa. Yksittäisiä mainintoja tuli mm. ympäristön maisemoinnista, aurinkovoiman lisääminen tuulivoiman sijaan asumismukavuuden takia, ympäristön vaikutusten arvioinnin tulisi olla puolueetonta, ettei kaikkia vaikutuksia pysty arvioimaan, toivottiin aktiivista maanomistajien tiedottamista rakennusaikana, taloudellinen etu ei saisi ajaa kaiken muun edelle ja että vastaaja luottaa alan asiantuntijoihin, jotka joutuvat pohtimaan asiaa joka puolelta. Muutamia kommentteja oli myös, joissa vastaajat eivät osanneet vastata kysymykseen tai heillä ei ollut mitään lisättävää myös yhdessä keuhuttiin, että tässä kyselyssä tulee hyvin erilaiset asiat huomioitua.

Muuta kommentoitavaa kohtaan saatiin 47 vastausta. Myös tässä kysymyksessä nostettiin esille paljon luontoon liittyviä seikkoja (11 mainintaa). Muun muassa miten tuulivoima vaikuttaa eläimiin, metsien virkistyskäyttö, vaikutus pohjavesiin ja koskemattoman luonnon väheneminen. Kolmesta vastausta oli, ettei hanketta tulisi toteuttaa tai hanke tulisi rakentaa muualle. Kahdeksassa vastauksessa taas kommentoitiin itse kyselyä, useampi kiitteli, että kysely on tehty ja jotkut taas kokivat paperisen kyselyn kartat pieninä tai ehdottivat siihen parannuksia. Tiedotuksesta oli kehuja esimerkiksi: ”kysely on tarpeellinen, se hälventää ennakkoluuloja ja vastustusta”. Maisema-arvojen huomiointi nostettiin myös kuudessa vastauksessa. Useampaa huolettivat kaikkien hankkeiden aiheuttamat yhteisvaikutukset tai melu- ja välkehaitat. Viidessä kommentissa oli, ettei vastaajalla ollut mitään kommentoitavaa tai ettei käytä aluetta, joten ei kosketa heitä. Tuulivoimaloiden purkuun liittyviä asioita oli nostettu kolmessa vastauksessa. Yksittäisiä kommentteja tuli, että sähkönsiirto tulisi siirtää kauemmas mökeistä, vaikka siitä tulisikin pidempi, ettei tuulivoima olisi vihreää energiaa (metsien hakkuut, voimaloiden valmistus teräksestä), ettei hanketta tarvitse toteuttaa Olkiluodon tultua käyttöön, tiestön kunnon parantamisesta ja mitkä ovat tuulivoiman hyödyt asukkaille.

3. Yhteenveto

Kyselyyn saatiin yhteensä 105 vastausta. Vastauksia pyydettiin erityisesti alueen asukkailta, vapaa-ajan asukkailta, maaomistajilta ja alueen muilta käyttäjiltä. Lähialueen vakituisten asuntojen, loma-asuntojen ja maiden omistajille lähetettiin yhteensä 500 tiedotetta, joten suhteessa tähän määrään vastausprosentti olisi noin 21 %.

Taustatietojen perusteella suurin osa vastanneista oli alueella vakituksia asukkaita ja talouksista kahden hengen talouksia. Vastanneista suurimmalla osalla vakituinen asunto, vapaa-ajan asunto ja maanomistus sijaitsi 5–10 km etäisyydellä hankealueesta. Huomioitavaa on, että kyse on etäisyydestä hankealueen rajaan, ei suunniteltuihin voimalapaikkoihin. Maanomistuksen, loma- tai vakituksen asunnon etäisyys vaikutti siihen, miten kielteisesti tai myönteisesti hankkeeseen suhtautuu. Yleistettynä mitä kauempana vastaaja asui, sitä myönteisemmäksi suhtautuminen muuttui.

Yleisellä tasolla eniten vastaajia huolettivat tuulivoiman mahdollisista ympäristövaikutuksista maisemamuutokset, vaikutukset asumisviihtyvyyteen, linnustoon. Vastausten perusteella hankealuetta ja sen lähiympäristöä käytetään yleisimmin luonnon tarkkailuun, kulkemiseen (alueen teiden käyttö) ja retkeilyyn tai ulkoiluun. Karttamerkintöjä tehtiin yhteensä 19 kpl (Kuva 2-12 - Kuva 2-13). Kartalle asetettuja kohteita oli erityisesti mm. marjastuspaikat, metsästysmaat, metsänhoitoalueet sekä yleiseen virkistyskäyttöön liittyvät ulkoilualueet.

Kysyttäessä asioiden tärkeyttä hankealueella esitetyistä osa-alueista tärkeimpinä pidettiin ihmisten terveyttä, asumisviihtyvyyttä ja luontoa. Kysyttäessä näiden samojen asioiden nykytilaa hankealueella parhaimpina pidettiin alueen ilmanlaatua, retkeilyä, asumisviihtyvyyttä. Hallakallion tuulivoimahankkeen koettiin vaikuttavan myönteisimmin kunnan talouteen, elinvoimaisuuteen ja työllisyyteen. Vähintään 40 % vastaajista koki hankkeen vaikuttavan erittäin kielteisesti luonnosta nauttimiseen, retkeilyyn ja maisemaan. Hallakallion tuulivoimahankkeeseen liittyvän sähkölinjan rakentamisesta vastaajat arvioivat vaikutuksia kohdistuvat erityisesti maisemaan, luonnosta nauttimisen ja kiinteistöjen arvoon.

Vastaajista 51 % piti VE2 vaihtoehtoa parempana, kun taas sähkönsiirron vaihtoehtoista SVE2a-b sai eniten myönteisiä tai neutraaleja ääniä, yhteensä 62 %. Vastaajilla oli mahdollisuus arvioida mahdollisia muodostuvia yhteisvaikutuksia muiden hankkeiden kanssa. Näistä suurimmiksi huolenaiheiksi nostettiin maisemamuutos, vaikutukset asumisviihtyvyyteen ja kiinteistöjen arvoon. Kokonaisnäkemystä hankkeesta kysyttäessä vastanneista hankkeeseen suhtautui myönteisesti 42 % ja kielteisesti 49 %. Kysyttäessä hankkeesta tiedottamisesta, vastaajista 27 % koki, että tiedottaminen on ollut riittävää. Tiedottamisen muodoista eniten vastauksia sai kotiin lähetettävä tiedote, sähköposti ja yleisötilaisuudet.

Vastauksia avokysymyksiin saatiin yhteensä 150 kappaletta. Haittojen lieventämiskeinoja koskeneessa kysymyksessä vastauksissa korostui, ettei hanketta tulisi toteuttaa ollenkaan myös hankkeen siirtäminen muualle tai kauemmas asutuksesta sai mainintoja. Vastaajia huolettivat lisäksi vaikutukset luontoon sekä yhteisvaikutusten huomiointi tai vähemmän hankkeita alueelle. Muina yksittäisinä lieventämiskeinoina mainittiin esimerkiksi tiestön parantaminen alueella ja nykyisten teiden käyttäminen, siirtymistä ydinvoimaan, aktiivinen ja positiivinen tiedotus ja matalammat tuulivoimalat.

Kysyttäessä mitä asioita vastaajat toivoisivat otettavan huomioon, eniten mainintoja sai luontoon liittyvät seikat. Pyydettiin luonnon monimuotoisuuden säilyttämistä, huomioimaan eläimiin kohdistuvat haitat, alueen pohjavesi, linnut ja niiden muuтонаikaiset levähtämisalueet, vaikutukset järviin ja kaloihin. Vastauksissa oli myös useita mainintoja, ettei hanketta tulisi toteuttaa tai se tulisi siirtää muualle. Kohtuullisen keskeisenä teemana vastauksissa nousi esiin tiedottamiseen liittyvät asiat, toivottiin tiedottamisen oikea aikaisuutta, kattavuutta ja yleisen tiedon jakamista tuulivoimaa koskien. Hankkeen todettiin vaikuttavan ihmisten asumisviihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön sekä kiinteistöjen arvoon viidessä vastauksessa. Kohtuullisen keskeisenä teemana vastauksissa nousi esiin voimaloista aiheutuvaa maisemahaitta. Useampia mainintoja oli myös

lähialueen vakituisten ja vapaa-ajan asukkaiden näkemysten huomioiminen, joka mainittiin kuudessa vastauksessa.

Muuta kommentoitavaa kohtaan saatiin myös paljon luontoon liittyviä seikkoja. Muun muassa miten tuulivoima vaikuttaa eläimiin, metsien virkistyskäyttö, vaikutus pohjavesiin ja koskemattoman luonnon väheneminen. Esille tuli myös, ettei hanketta tulisi toteuttaa tai hanke tulisi rakentaa muualle. Yksittäisiä kommentteja tuli, että sähkönsiirto tulisi siirtää kauemmas mökeistä, vaikka siitä tulisikin pidempi, ettei tuulivoima olisi vihreää energiaa (metsien hakkuut, voimaloiden valmistus teräksestä), ettei hanketta tarvitse toteuttaa Olkiluodon tultua käyttöön, tiestön kunnon parantamisesta ja mitkä ovat tuulivoiman hyödyt asukkaille.

Pyhäjärven Hallakallion tuulivoimahankkeen asukaskysely

YIT

RAMBOLL

Hyvä vastaanottaja,

YIT Suomi Oy suunnittelee enintään 28 tuulivoimalan suuruisen tuulivoimapuiston rakentamista Pyhäjärven kaupungin Hallakallion alueelle.

Hankesuunnitelmassa arvioitavana on vaihtoehdossa VE1 28 tuulivoimalaa ja vaihtoehdossa VE2 24 tuulivoimalaa. Hankevaihtoehdot ja sähköverkkoon liittymisen vaihtoehdot on esitetty tarkemmin myöhemmin tässä saatteessa. Sähkönsiirron vaihtoehdot ovat päivittyneet YVA-ohjelmassa esitetyistä. Lopulliset vaihtoehdot muotoutuvat tehtävien selvitysten ja muun tiedon perusteella.

Tuulivoimapuiston toteuttaminen edellyttää YVA-lain mukaista ympäristövaikutusten arviointia. YVA-ohjelma on ollut nähtävillä 19.4.-19.5.2023 välisen ajan.

Oheisella asukaskyselyllä selvitetään tuulivoimahankkeen mahdollisia vaikutuksia lähialueen asukkaiden elinoloihin ja viihtyvyyteen. Kysely liittyy parhaillaan käynnissä olevaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn (YVA).

Kyselyyn voi vastata sähköisesti osoitteessa

<https://new.maptionnaire.com/q/27ovd3yvu6za>

Lähialueen asukkaat voivat osallistua kyselyyn myös vastaamalla ohessa olevaan paperiseen kyselyyn. Kysely on avoinna 11.10.–8.11. välisen ajan.

Vaikutusten arvioinnista sekä kyselyn toteutuksesta vastaa YIT Suomi Oy:n toimeksiannosta Ramboll Finland Oy. Seuraavassa on esitetty lyhyesti tietoa hankkeesta ja sen ympäristövaikutusten arvioinnista.

Hanke

YIT Suomi Oy suunnittelee enimmillään 28 tuulivoimalan rakentamista Pyhäjärven kaupungin Hallakallion alueelle. Suunnittelualueen pinta-ala on noin 3150 ha. Hankkeen YVA-menettelyssä on tarkasteltavana kaksi toteutusvaihtoehtoa (VE1 ja VE2) sekä ns. nollavaihtoehto (VE0). Vaihtoehtojen erot liittyvät tuulipuiston tuulivoimaloiden määrään.

Tuulivoimapuisto on alustavasti suunniteltu liitettäväksi Fingridin Pysäysperän sähköasemalle Haapajärvelle tai seudun tuulivoimahankkeiden yhteisesti toteutettavan uuden voimajohdon kautta joko Fingridin Kinnulan tai Murtojärven tuleville sähköasemille. Tuulivoimapuiston toteuttaminen vaatii vaihtoehdoissa SVE1 ja SVE2 uuden sähkönsiirtolinjan rakentamista. Alustavasti tutkitaan kolme eri reittiä: SVE1 ja SVE2 alavaihtoehtoineen sekä SVE3. Tuulivoima-alueen sisäinen sähkönsiirto toteutetaan maakaapelein ja hankealueelle rakennetaan yksi sähköasema.

Hankkeen tarkoituksena on tuottaa tuulivoimalla tuotettua sähköä valtakunnan verkkoon ja korvata fossiilisia polttoaineita energiantuotannossa.

Lisätietoa hankkeesta:

Ympäristöhallinnon internet-sivuilta

<https://www.ymparisto.fi/hallakalliontuulivoimaYVA>

Hallakallion tuulivoimahanke

- Hankkealue
- Etäisyys VE1
- Etäisyys VE2
- Kuntaraja

Kartta: Ramboll Finland ELNIS 30.1.2023
Tästäkartta: © MML/Kapsi 2023, Aineisto: © MML 2023, YIT Suomi Oy 2023

Hankkeen vaihtoehdot

Hankkeessa tarkastellaan kahta toteutusvaihtoehtoa ja ns. nollavaihtoehtoa, jossa hanketta ei toteuteta (vaihtoehdot esitetty kuvin seuraavalla sivulla). Hankkeessa muodostetut vaihtoehdot eroavat toisistaan voimaloiden lukumäärän suhteen.

Vaihtoehto VE0

Vaihtoehdossa 0 (VE0) Hallakallion alueelle suunniteltuja tuulivoimaloita ja niiden liityntää kantaverkkoon ei toteuteta.

Vaihtoehto VE1

Hankealueelle rakennetaan enintään 28 tuulivoimalaa. Yksittäisen voimalan teho on 7–10 MW ja kokonaisteho enintään 196–280 MW. Voimaloiden kokonaiskorkeus on enintään 310 metriä.

Vaihtoehto VE2

Hankealueelle rakennetaan enintään 24 tuulivoimalaa. Yksittäisen voimalan teho on 7–10 MW ja kokonaisteho enintään 168–280 MW. Voimaloiden kokonaiskorkeus on enintään 310 metriä.

Sähkön siirto

Tuulivoimapuiston liittämiseksi sähköverkkoon tutkitaan useita vaihtoehtoja. Hankkeen sähkönsiirtoa käsitellään samassa YVA-menettelyssä päähankkeen liitännäishankkeena. Tarkasteltavat toteutusvaihtoehdot (SVE1, SVE2, SVE3) on kuvattu alla.

Vaihtoehto SVE1

Rakennetaan uusi 110 kV tai 400 kV voimajohto hankealueelta Pysäysperälle. Voimajohtolle on hankealueen läheisyydessä kolme alavaihtoehtoa (SVE1a-c), mutta ne yhdistyvät samaan voimajohtolinjaan noin 2 km etäisyydellä hankealueen pohjoispäästä länteen. Voimajohto jatkuu kohti Pysäysperän sähköasemaa noin 20 km, kunnes jakautuu alavaihtoehdoiksi SVE1d-f. Sähkön siirron vaihtoehto SVE1 voi toteutua millä tahansa alkupään SVE1a-c ja loppupään SVE1d-f vaihtoehtojen yhdistelmällä.

Vaihtoehto SVE2

Rakennetaan uusi 110 kV tai 400 kV voimajohto hankealueelta Pysäysperälle. Voimajohtolle on hankealueelta yksi vaihtoehto. Voimajohto jatkuu kohti Pysäysperän sähköasemaa noin 24 km, kunnes jakautuu alavaihtoehdoiksi SVE2a-b.

Vaihtoehto SVE3

Neljä tuulivoimahanketta (Leppäkangas, Moskuankangas, Hallakallio ja Uusimo) suunnittelevat yhteistä 110 kV tai 400 kV voimajohtoa tuulivoimalueilta joko Kinnulaan tai Murtoperälle. Voimajohtolinjauksella Kinnula-Murtoperällä arvioidaan osana Leppäkankaan tuulivoimahankkeen YVA-menettelyä. Tämän YVA-menettelyn sähkönsiirron kolmantena vaihtoehtona (SVE3) arvioidaan liityntäpiste hankealueen eteläosaan Kinnula-Murtoperä-johtoon. Voimajohtolinjauksesta Kinnula-Murtoperä voi antaa mielipiteensä Leppäkankaan tuulivoimahankkeen yhteydessä.

Vaikutusten arviointi

Ympäristövaikutusten arvioinnissa selvitetään hankkeen mahdolliset vaikutukset sekä luonnonympäristöön että ihmiseen koko hankkeen elinkaaren ajalta. Etukäteen tässä hankkeessa keskeisiksi arvioitaviksi vaikutuksiksi on arvioitu:

- vaikutukset maisemaan
- vaikutukset luontoon
- vaikutukset maankäyttöön
- vaikutukset elinoloihin ja viihtyvyyteen
- yhteisvaikutukset

Myöhemmin julkaistavassa YVA-selostuksessa esitellään laadittujen selvitysten tuloksia ja arvioidaan hankkeesta aiheutuvia ympäristövaikutuksia.

Osallistuminen

YVA-menettelyn yhtenä tavoitteena on lisätä kansalaisten mahdollisuuksia osallistua hankkeen suunnitteluun. YVA-selostuksen ollessa nähtävillä kansalaiset voivat esittää kantansa selostuksen sisällöstä, kuten tehtyjen selvitysten riittävydestä.

Yhteystiedot:

Hankkeesta vastaava

YIT Suomi Oy,
Jarno Hautamäki
puh. 040 8690 985
jarno.hautamaki@yit.fi

Kaava-YVA-konsultti

Ramboll Finland Oy

YVA-projektipäällikkö
Susanna Hirvonen
puh. 044 7093 257
susanna.hirvonen@ramboll.fi

Kaavan projektipäällikkö

Merja Isteri
puh. 040 8224 270
merja.isteri@ramboll.fi

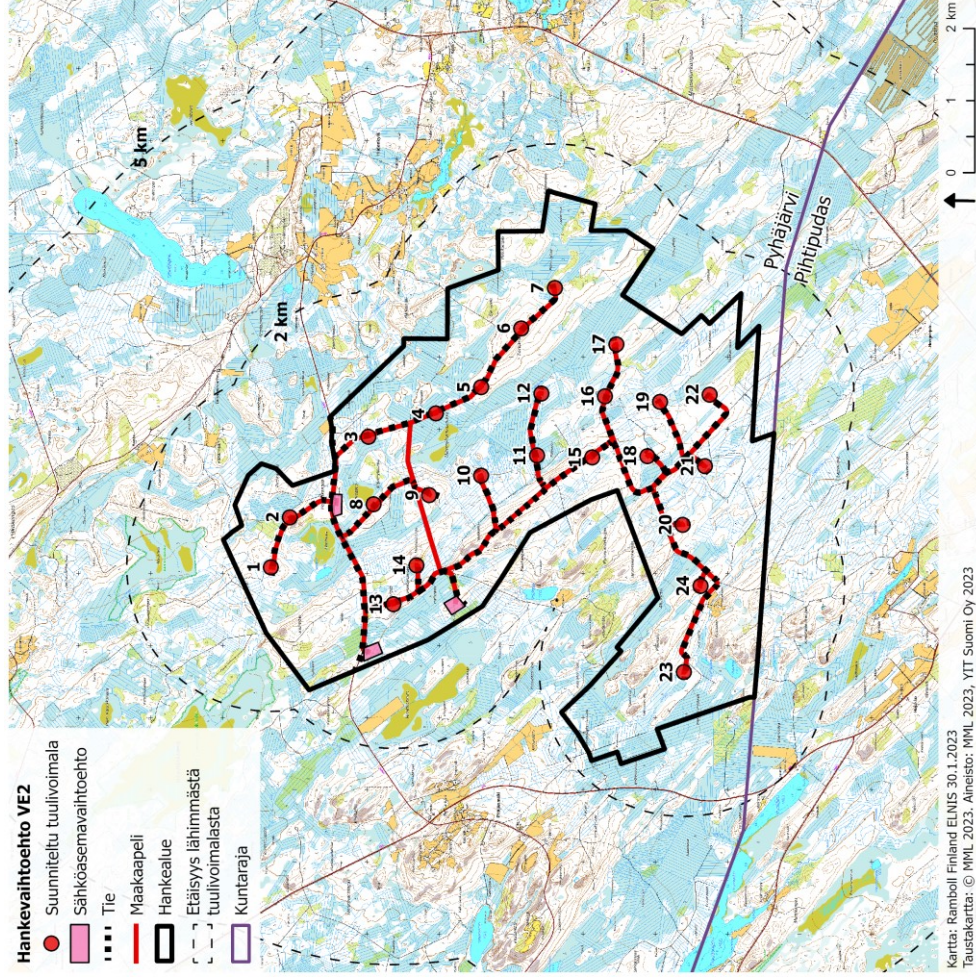
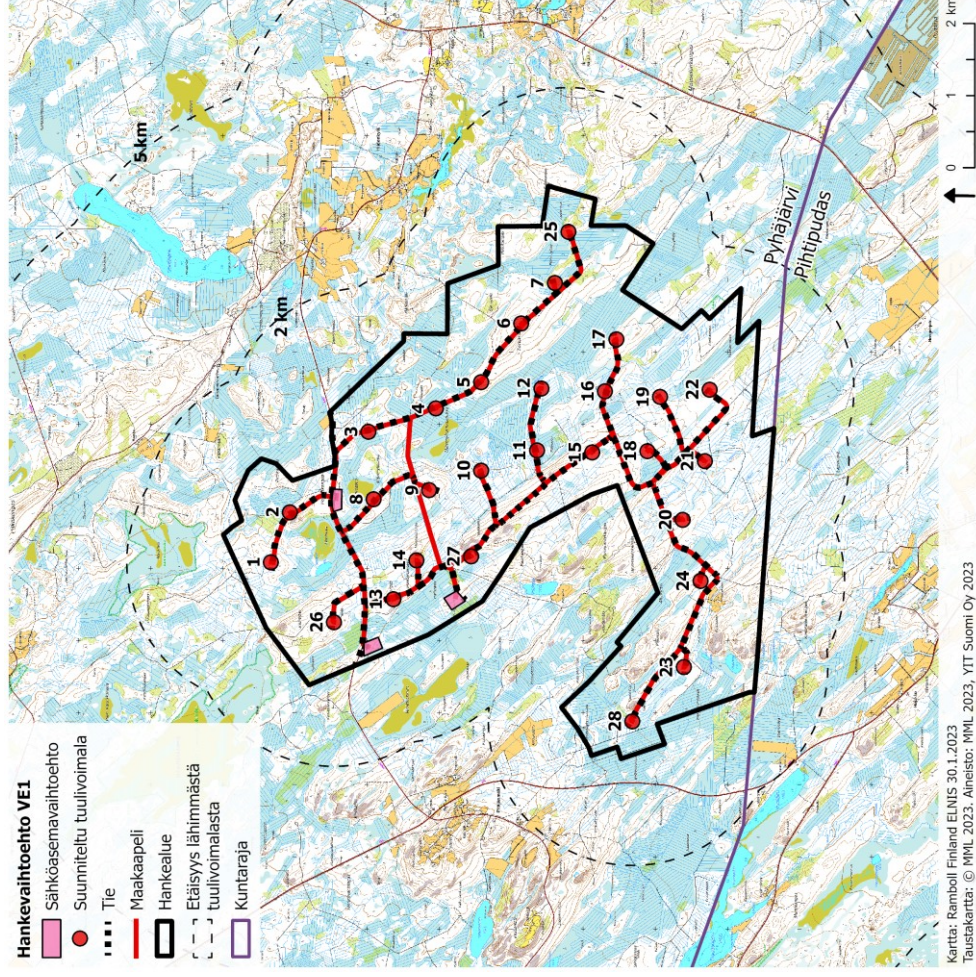
Lisätietoja kyselystä

Ramboll Finland Oy,
Elina Leppäkoski
puh. 040 6242 167
elina.leppakoski@ramboll.fi

Kyselyn toteuttaa Ramboll Finland Oy YIT Suomi Oy:n toimeksiannosta. Ramboll toteuttaa korkeatasoista henkilötietojen suojaa. Ramboll käsittelee projektin toteuttamiseksi tarvittavia henkilötietoja sovellettavan tietosuojalainsäädännön, erityisesti EU:n yleisen tietosuojasetuksen (Asetus (EU) 2016/679) mukaisesti. Kyselyn vastaajien vastaukset kysymyksiin käsitellään erillään, eikä vastaajan henkilöllisyys tule ilmi vastauksista.

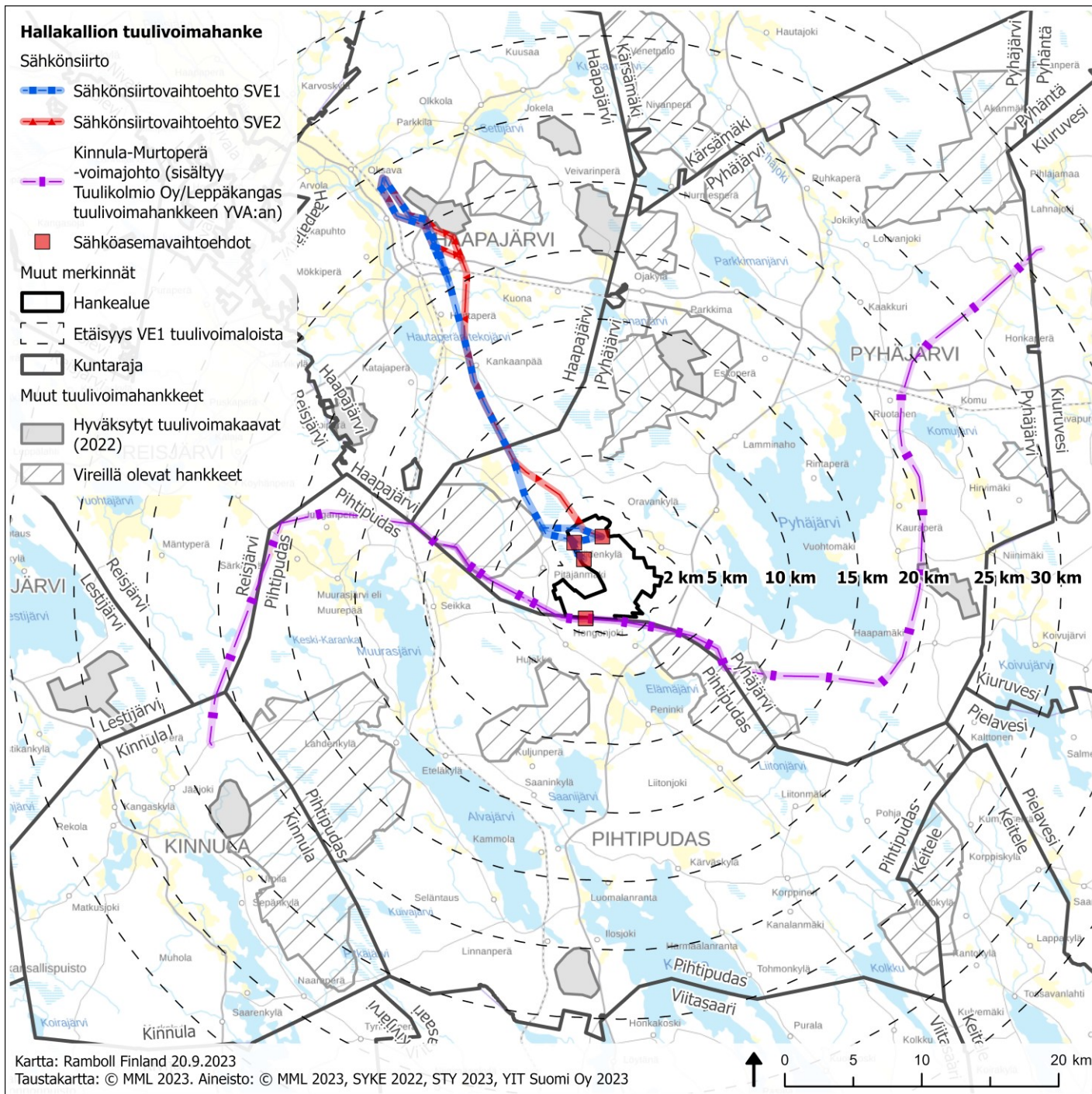
Tuulivoimaloiden alustava sijoituspaikkasuunnitelma VE1 ja VE2

Tuulivoimaloiden alustavat likimääräiset voimalapaikat esitetty alla olevissa kuvissa. Suunnitelmat tarkentuvat hankkeen suunnittelun edetessä.



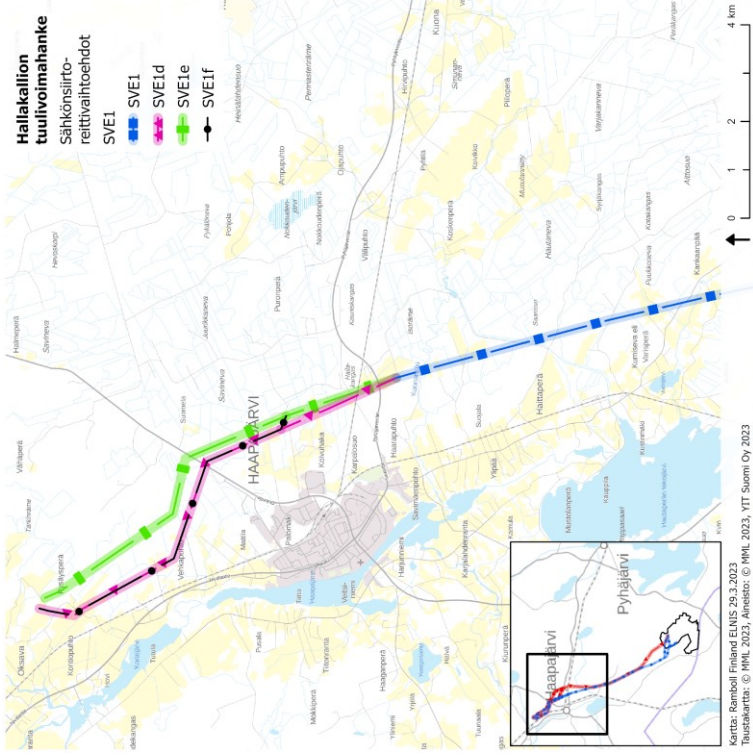
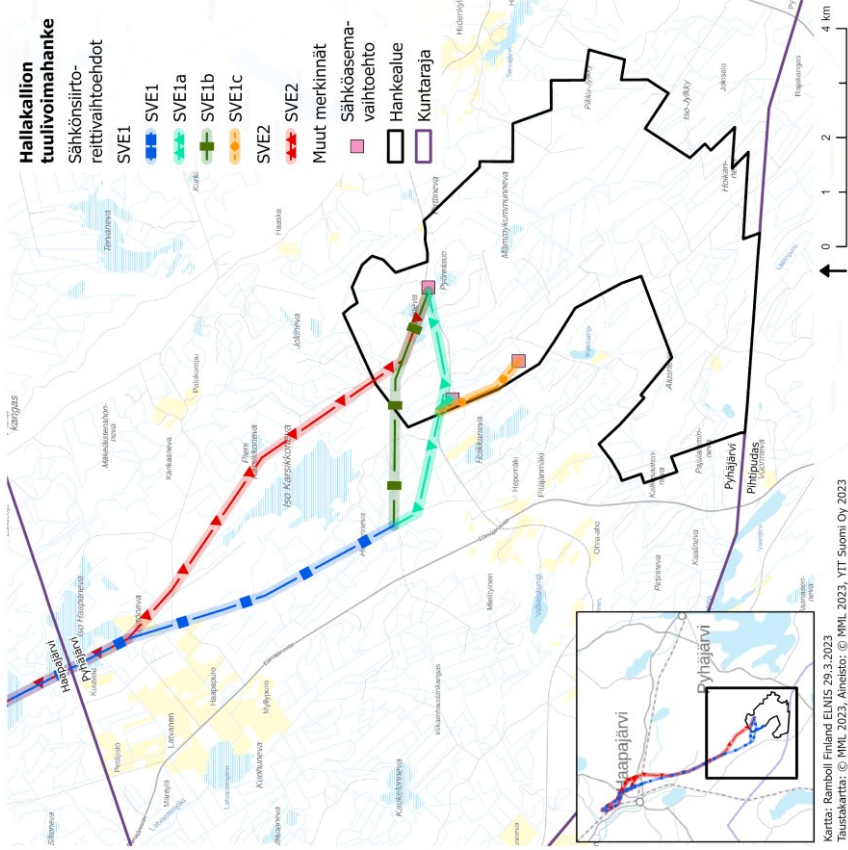
Sähkönsiirron vaihtoehdot SVE1, SVE2 ja SVE3

Alla olevalla kartalla on esitetty sähkönsiirron vaihtoehdot SVE1 ja SVE2 alavaihtoehtoineen sekä suunnitellun Kinnula-Murto-perä-voimajohto linjaus, johon sähkönsiirron vaihtoehdossa SVE3 liittyttäisiin. Suunnitelmat tarkentuvat hankkeen suunnittelun edetessä.



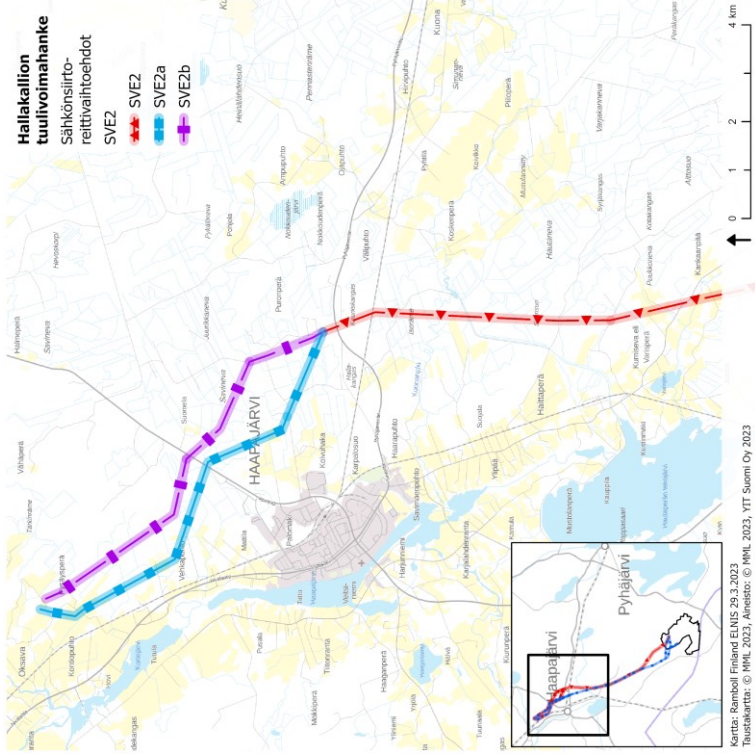
Sähkönsiirron alavaihtoehtot SVE1a-c ja SVE2 hankealueen lähiympäristössä

Alla olevalla kartalla on esitetty sähkönsiirron vaihtoehton SVE1 alavaihtoehtot ja SVE2 hankealueen läheisyydessä. Sähkönsiirron vaihtoehton SVE1 toteutuessa alavaihtoehtoista toteutuu vain yksi: SVE1a, SVE1b tai SVE1c. Suunnitelmat tarkentuvat hankkeen suunnittelun edetessä.



Sähkönsiirron
alavaihtoehtot
SVE1d-f

Viereisellä olevalla kartalla on esitetty sähkönsiirron alavaihtoehton SVE1 alavaihtoehtot Pysäysperän aseman läheisyydessä. Sähkönsiirron vaihtoehton SVE1 toteutuessa alavaihtoehtoista toteutuu vain yksi: SVE1d, SVE1e tai SVE1f. Suunnitelmat tarkentuvat hankkeen suunnittelun edetessä.



Sähkönsiirron
alavaihtoehtot
SVE2a-b

Viereisellä olevalla kartalla on esitetty sähkönsiirron alavaihtoehton SVE2 alavaihtoehtot Pysäysperän aseman läheisyydessä. Sähkönsiirron vaihtoehton SVE2 toteutuessa alavaihtoehtoista toteutuu vain yksi: SVE2a tai SVE2b. Suunnitelmat tarkentuvat hankkeen suunnittelun edetessä.

Hallakallion tuulivoimahankkeen YVA-menettelyn asukaskysely

POSTITA VASTAUKSET VIIMEISTÄÄN 8.11.2023 KÄYTTÄMÄLLÄ OHEISTA VASTAUSKUORTA

Vastatkaa rastittamalla valitsemanne vastausvaihtoehdon edessä oleva ruutu ☐ tai kirjoittamalla vastaus viivalle.

TAUSTAKYSYMYKSET

- | | | |
|---|--|---|
| 1. Ikäryhmänne
1 ☐ 18–30 v
2 ☐ 31–50 v
3 ☐ 51–65 v
4 ☐ yli 65 vuotta | 2. Taloutenne?
1 ☐ Yhden hengen talous
2 ☐ Kahden hengen talous
3 ☐ Lapsiperhe
4 ☐ Aikuistalous (useampi kuin 2 aikuista) | 3. Oletteko alueella (voitte valita useamman)
1 ☐ Vakituinen asukas
2 ☐ Loma-asukas
3 ☐ Maanomistaja |
|---|--|---|
- 4. Alla olevalla kartalla on esitetty hankealueen raja. Hankealue tarkoittaa aluetta, jolle hankkeessa suunnitellut toiminnot sijoittuvat. Kartalla on esitetty myös etäisyysvyöhykkeet tuulivoimaloista vaihtoehdossa VE1 (1 km, 2 km, 5 km ja 10 km).**
- Millä etäisyydellä sijaitsee**
- | | | |
|--|--|--|
| a) vakituinen asuntonne
1 ☐ Alle 2 km
2 ☐ 2–5 km
3 ☐ 5–10 km
4 ☐ Yli 10 km päässä
5 ☐ En omista vakituista asuntoa alueella | b) vapaa-ajan asuntonne
1 ☐ Alle 2 km
2 ☐ 2–5 km
3 ☐ 5–10 km
4 ☐ Yli 10 km päässä
5 ☐ En omista vapaa-ajan asuntoa alueella | maanomistuksenne
1 ☐ Alle 2 km
2 ☐ 2–5 km
3 ☐ 5–10 km
4 ☐ Yli 10 km päässä
5 ☐ En omista maata alueella |
|--|--|--|



5. Mikäli omistatte muun kuin asuin- tai lomakiinteistön hankealueella tai sen läheisyydessä, missä kiinteistönne (tontti/maa-alue/metsäpalsta/pelto) sijaitsee? Voitte valita useamman vaihtoehdon, mikäli omistatte useampia kiinteistöjä hankealueella tai alle 1 km etäisyydellä rajasta.

- 1 ☐ Hankealueella
 2 ☐ Rajautuu hankealueeseen
 3 ☐ Hankealueen ulkopuolella (alle 1 km etäisyydellä)
 4 ☐ En omista maata hankealueella tai sen ulkopuolella alle 1 km etäisyydellä

KYSYMYKSIÄ TUULIVOIMASTA

6. Millä tavoin sähköä pitäisi Suomessa tuottaa? Voitte valita useampia vaihtoehtoja.

- | | |
|--|---|
| 1 ☐ Ydinvoimalla | 8 ☐ Biopolttoaineilla |
| 2 ☐ Kivihiilellä | 9 ☐ Jätteenpoltolla |
| 3 ☐ Vesivoimalla | 10 ☐ Turpeen poltolla |
| 4 ☐ Tuulivoimalla | 11 ☐ Öljyn poltolla |
| 5 ☐ Maakaasulla | 12 ☐ Lisäämällä sähkön tuontia |
| 6 ☐ Aurinkovoimalla | 13 ☐ Muuten, miten? _____ |
| 7 ☐ Vetyenergialla | |

7. Miten suhtaudutte **tuulivoimaan** energianlähteenä yleisesti ottaen?

Kielteisesti	Neutraalisti	Myönteisesti	En osaa sanoa
-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐

8. Oletteko nähnyt ison, yli 100 metriä korkean, toiminnassa olevan tuulivoimalan?

- 1 ☐ En, enkä ole kiinnostunutkaan.
 2 ☐ En, mutta olisin kiinnostunut tutustumaan.
 3 ☐ Olen, mutta kaukaa (yli 500 metrin päästä)
 4 ☐ Olen, lähietäisyydeltä (alle 500 metrin päästä)

9. Mitkä ovat mielestänne yleisesti merkittävimmät tuulivoiman hyödyt? **Valitkaa kolme (3) merkittävintä hyötyä.**

- | | |
|--|--|
| 1 ☐ Merkitys alueen imagoon | 7 ☐ Maanomistajien vuokratulot |
| 2 ☐ Vaikutus kunnan talouteen | 8 ☐ Energiantuotannon päästöjen väheneminen |
| 3 ☐ Vaikutus kunnan elinvoimaisuuteen | 9 ☐ Tuulivoima säästää luonnonvaroja |
| 4 ☐ Vaikutus alueen arvostukseen | 10 ☐ Joku muu vaikutus, mikä? _____ |
| 5 ☐ Vaikutus alueen työllisyyteen | 11 ☐ Ei merkittäviä hyötyjä |
| 6 ☐ Kiinteistöverotuotot | |

10. Mitkä ovat mielestänne yleisesti merkittävimmät tuulivoiman haitat? **Valitkaa kolme (3) suurinta huolenaihehtanne.**

- | | |
|--|--|
| 1 ☐ Lentoestevalot | 8 ☐ Vaikutukset metsästykseseen |
| 2 ☐ Maisemamuutos | 9 ☐ Vaikutukset virkistyskäyttöön |
| 3 ☐ Vaikutukset linnustoon | 10 ☐ Liikennevaikutukset |
| 4 ☐ Vaikutukset maaeläimiin | 11 ☐ Vaikutukset kiinteistöjen arvoon |
| 5 ☐ Melu | 12 ☐ Joku muu vaikutus, mikä? _____ |
| 6 ☐ Välke (varjon vilkkuminen) | 13 ☐ En ole huolissani tuulivoimaloiden vaikutuksista |
| 7 ☐ Vaikutukset asumisviihtyvyyteen | |

HANKEALUEEN JA SEN LÄHIALUEEN NYKYTILA

11. Millä tavoin ja kuinka usein käytätte hankealuetta?

	Päivittäin	Viikoittain	Kuukausittain	Kausittain (esim. syksyisin)	Vuosittain	Harvemmin/ ei koskaan
A. Retkeilen tai ulkoilen	6 ☐	5 ☐	4 ☐	3 ☐	2 ☐	1 ☐
B. Marjastan tai sienestän	6 ☐	5 ☐	4 ☐	3 ☐	2 ☐	1 ☐
C. Metsästän	6 ☐	5 ☐	4 ☐	3 ☐	2 ☐	1 ☐
D. Kalastan	6 ☐	5 ☐	4 ☐	3 ☐	2 ☐	1 ☐
E. Metsänhoito, maanviljelys	6 ☐	5 ☐	4 ☐	3 ☐	2 ☐	1 ☐
F. Käytän alueen teitä	6 ☐	5 ☐	4 ☐	3 ☐	2 ☐	1 ☐
G. Tarkkailen alueen luontoa, esim. linnut	6 ☐	5 ☐	4 ☐	3 ☐	2 ☐	1 ☐
H. Jotain muuta, mitä? _____	6 ☐	5 ☐	4 ☐	3 ☐	2 ☐	1 ☐

12. Miten arvioitte seuraavien asioiden **merkitystä/tärkeyttä ja nykytilaa** Hallakallion tuulivoimahankkeen hankealueella tai sen lähiympäristössä?

	Asian tärkeys				Asian nykytila				
	Tärkeä	Melko tärkeä	Ei tärkeä	Vaikea sanoa	Erittäin huono	Melko huono	Ei hyvä eikä huono	Melko hyvä	Erittäin hyvä
Pinta- ja pohjavedet	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Luonto	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Luonnonsuojelualueet	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Linnusto	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Liikenne, tiestön kunto	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Maisema ja kulttuuriympäristö	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Asumisviihtyisyys (vakituinen tai loma)	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Melutilanne	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Ilmanlaatu	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Retkeily, ulkoilu ja muu virkistyskäyttö	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Metsästys	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Ihmisten terveys	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Työllisyys ja elinkeinoelämä	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Kunnan talous	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Kunnan imago	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Kiinteistöjen arvo	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Kylien elinvoimaisuus	3 ☐	2 ☐	1 ☐	0 ☐	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐

HALLAKALLION TUULIVOIMAHANKKEEN VAIKUTUKSET

13. Miten koette tuulivoimaloiden rakentamisen ja toiminnan vaikuttavan seuraaviin asioihin Hallakallion hankkeessa?

	Erittäin kielteinen	Melko kielteinen	Ei vaikutusta	Melko myönteinen	Erittäin myönteinen
A. Asumisviihtyisyyteen tuuli- voimaloiden rakentamisen aikana	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
B. Asumisviihtyisyyteen tuulivoimaloiden toiminnan aikana	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
C. Luonnosta nauttimiseen	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
D. Retkeilyyn, ulkoiluun ja virkistyskäyttöni alueella	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
E. Metsästyksen	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
F. Linnustoon	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
G. Muuhun maaeläimistöön	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
H. Suojelualueisiin	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
I. Maisemaan ja kulttuuriympäristöön	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
J. Melutilanteeseen	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
K. Liikenteeseen rakentamisen aikana	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
L. Liikenteeseen toiminnan aikana	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
M. Ilmastomuutokseen	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
N. Työllisyyteen ja elinkeinoelämään	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
O. Kunnan talouteen	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
P. Kunnan imagoon	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Q. Kunnan elinvoimaisuuteen ja palveluihin	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
R. Kiinteistöjen arvoon	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
S. Kiinteistöjen käyttömahdollisuuksiin tulevaisuudessa	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
T. Kylien elinvoimaisuuteen	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
U. Maa- ja metsätalouden harjoittamiseen	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
V. Muuhun, mihin? _____ _____	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐

14. Kumpi hankkeen toteuttamisvaihtoehdoista (VE1 vai VE2) on mielestänne paras? Perustelkaa vastauksenne alle. Hankkeen toteuttamisvaihtoehdot on esitetty kartalla kyselyn saatekirjeessä.

- 1 ☐ Vaihtoehto VE1
2 ☐ Vaihtoehto VE2

15. Miten koette sähkönsiirtoreitin rakentamisen ja toiminnan vaikuttavan seuraaviin asioihin Hallakallion hankkeessa?

	Erittäin kielteinen	Melko kielteinen	Ei vaikutusta	Melko myönteinen	Erittäin myönteinen
A. Asumisviihtyisyyteen sähkönsiirron rakentamisen aikana	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
B. Asumisviihtyisyyteen sähkönsiirron toiminnan aikana	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
C. Luonnosta nauttimiseen	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
D. Retkeilyyn, ulkoiluun ja virkistyskäyttöni alueella	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
E. Metsästyksen	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
F. Linnustoon	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
G. Muuhun maaeläimistöön	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
H. Suojelualueisiin	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
I. Maisemaan ja kulttuuriympäristöön	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
J. Melutilanteeseen	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
K. Liikenteeseen rakentamisen aikana	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
L. Liikenteeseen toiminnan aikana	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
M. Kiinteistöjen arvoon	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
N. Kiinteistöjen käyttömahdollisuuksiin tulevaisuudessa	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
O. Kylien elinvoimaisuuteen	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
P. Maa- ja metsätalouden harjoittamiseen	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
Q. Matkailuelinkeinon harjoittamiseen	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
R. Muuhun, mihin? _____ _____	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐

16. Hankkeessa tutkitaan eri sähkönsiirtovaihtoehtoja jatkosuunnittelua varten. Vaihtoehdot on esitetty saatekirjeessä. Miten suhtaudutte Hallakallion sähkönsiirron vaihtoehtoon...

	Erittäin kielteisesti	Jokseenkin kielteisesti	Neutraalisti	Jokseenkin myönteisesti	Erittäin myönteisesti
SVE1a-f	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
SVE2a-b	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐
SVE3	-2 ☐	-1 ☐	0 ☐	1 ☐	2 ☐

17. Sähkönsiirron vaihtoehdoilla SVE1 ja SVE2 on toisensa poissulkevia alavaihtoehtoja. Mikä on mielestänne paras

a) SVE1 lähtöhaara
hankealueelta

- 1 ☐ SVE1a
2 ☐ SVE1b
3 ☐ SVE1c
4 ☐ En osaa sanoa

b) SVE1 liittymishaara
Pysäysperän asemalle

- 1 ☐ SVE1d
2 ☐ SVE1e
3 ☐ SVE1f
4 ☐ En osaa sanoa

c) SVE2 haara

- 1 ☐ SVE2a
2 ☐ SVE2b
3 ☐ En osaa sanoa

18. Millaisia vaikutuksia arvioitte eri sähkönsiirron vaihtoehtojen toteuttamisen aiheuttavan? Voitte kirjata myös, mikä hankkeen sähkönsiirron vaihtoehdoista on mielestänne paras tai huonoin.

Vaihtoehto SVE1a-f: _____

Vaihtoehto SVE2a-b: _____

Vaihtoehto SVE3: _____

19. Millainen kokonaisnäkemys teille on muodostunut Hallakallion tuulivoimahankkeesta? Merkitkää rasti siihen kohtaan, joka parhaiten kuvaa kokonaisnäkemystänne (vain yksi rasti).

Myönteinen	+3 ☐	Hanke on lähialueelle ja koko seudulle tärkeä ja tarpeellinen
	+2 ☐	Hankkeen edut ovat selvästi suuremmat kuin siitä mahdollisesti aiheutuvat haitat.
	+1 ☐	Vaikka hankkeeseen liittyy kielteisiäkin puolia, löydän siitä enemmän myönteisiä puolia.
	0 ☐	Hankkeessa on yhtä paljon myönteisiä ja kielteisiä puolia. En osaa ottaa kantaa asiaan.
Kielteinen	-1 ☐	Vaikka hankkeeseen liittyy myönteisiäkin puolia, löydän siitä enemmän kielteisiä puolia.
	-2 ☐	Hankkeen haitat ovat selvästi suuremmat kuin siitä mahdollisesti aiheutuvat edut.
	-3 ☐	Hanke on lähialueelle ja koko seudulle haitallinen ja riskialtis.

20. Hallakallion tuulivoimahankkeen lähialueille on suunnitteilla muitakin tuulivoimahankkeita, kuten Moskuankangas, Leppäkangas ja Uusimo. Miten arvioitte eri tuulivoimahankkeiden yhteisvaikutusten vaikuttavan seuraaviin asioihin? **Valitkaa kolme (3) suurinta huolenaihetanne. Voitte tarkentaa vastaustanne alle.**

- | | |
|--|--|
| 1 ☐ Lentoestevalot | 8 ☐ Vaikutukset metsästyksen |
| 2 ☐ Maisemamuutos | 9 ☐ Vaikutukset virkistyskäyttöön |
| 3 ☐ Vaikutukset linnustoon | 10 ☐ Liikennevaikutukset |
| 4 ☐ Vaikutukset maaeläimiin | 11 ☐ Vaikutukset kiinteistöjen arvoon |
| 5 ☐ Melu | 12 ☐ Joku muu vaikutus, mikä? _____ |
| 6 ☐ Välke (varjon vilkkuminen) | 13 ☐ En ole huolissani tuulivoimaloiden vaikutuksista |
| 7 ☐ Vaikutukset asumisviihtyvyyteen | |

HALLAKALLION TUULIVOIMAHANKKEESTA TIEDOTTAMINEN

21. Onko YIT Suomi Oy:n **tiedottaminen** suunnitelmistaan ollut mielestänne

- | | |
|----------------------------|---|
| 1 ☐ | Riittävää, olen saanut tarvittavat tiedot |
| 2 ☐ | Jokseenkin riittävää, olen saanut jotain tietoa |
| 3 ☐ | En osaa sanoa / en ole kiinnostunut |
| 4 ☐ | Vähäistä, tiedottamista voisi lisätä |
| 5 ☐ | Erittäin vähäistä, en ole saanut mitään tietoa hankkeesta |

22. Millä tavoin toivoisitte tiedottamista ja kansalaisten osallistumismahdollisuuksia parannettavan?

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1 ☐ | Kotiin lähetettävä tiedote |
|----------------------------|----------------------------|

- 2 ☐ Tiedote paikallislehdessä
 3 ☐ Internet-sivut
 4 ☐ Sosiaalinen media
 5 ☐ Sähköpostitse
 6 ☐ Yleisötilaisuudet
 7 ☐ Muulla tavalla, miten? _____

HALLAKALLION TUULIVOIMAHANKKEEN YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI

23. Miten tuulivoiman mahdollisesti aiheuttamia haittoja tulisi mielestänne lieventää?

24. Mitä asioita toivoisitte otettavan huomioon Hallakallion tuulivoimahankkeen suunnittelussa ja ympäristövaikutuksen arvioinnissa?

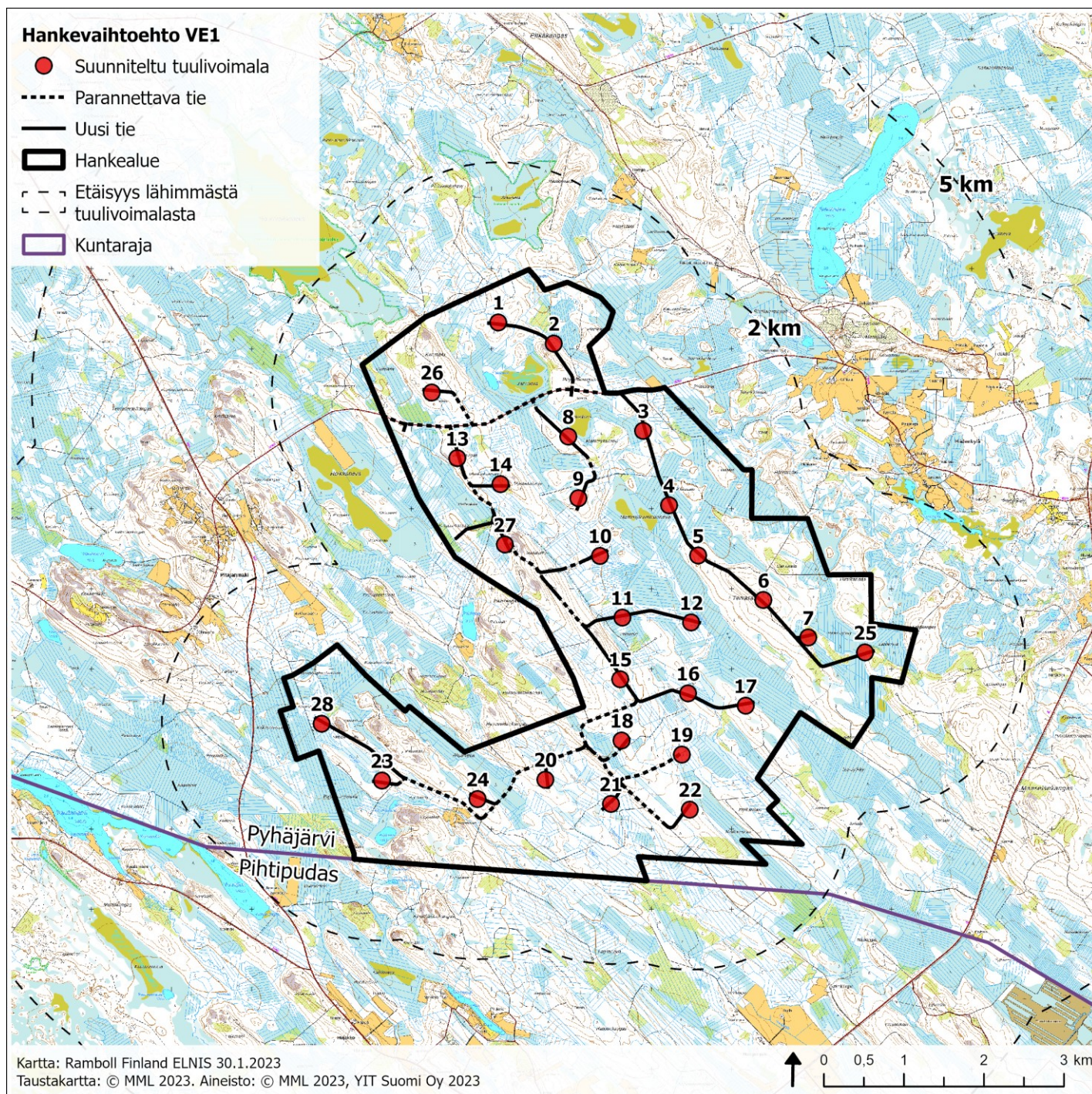
25. Mitä muuta haluatte kommentoida tähän kyselyyn liittyen?

Seuraavalla sivulla on kartta, jossa on kuvattu Hallakallion tuulivoimahankkeen lähialue. Voitte halutessanne merkitä karttaan havaintojanne hankealueelta, esim. miten käytätte hankealueen lähiympäristöä, merkitä Teille tärkeitä kohteita tai muita huomioita. Merkitkää karttaan numerolla alue, paikka tai reitti ja kuvailkaa alueen käyttöä kartan yläpuolella olevaan taulukkoon.

KIITOS VASTAUKSESTANNE!

HALLAKALLION TUULIVOIMAHANKKEEN ALUSTAVIEN VOIMALAPAikkojen sijainti

Numero kartalla	Kuvailu alueen käyttötarkoituksesta, esim. metsästys-, marjastus- tai sienestysalue, pyöräilyreitti tai luontokohde.
1	
2	
3	
4	
5	
6	



Liite 24

Näkymäalueanalyysiraportti, Ramboll Finland Oy

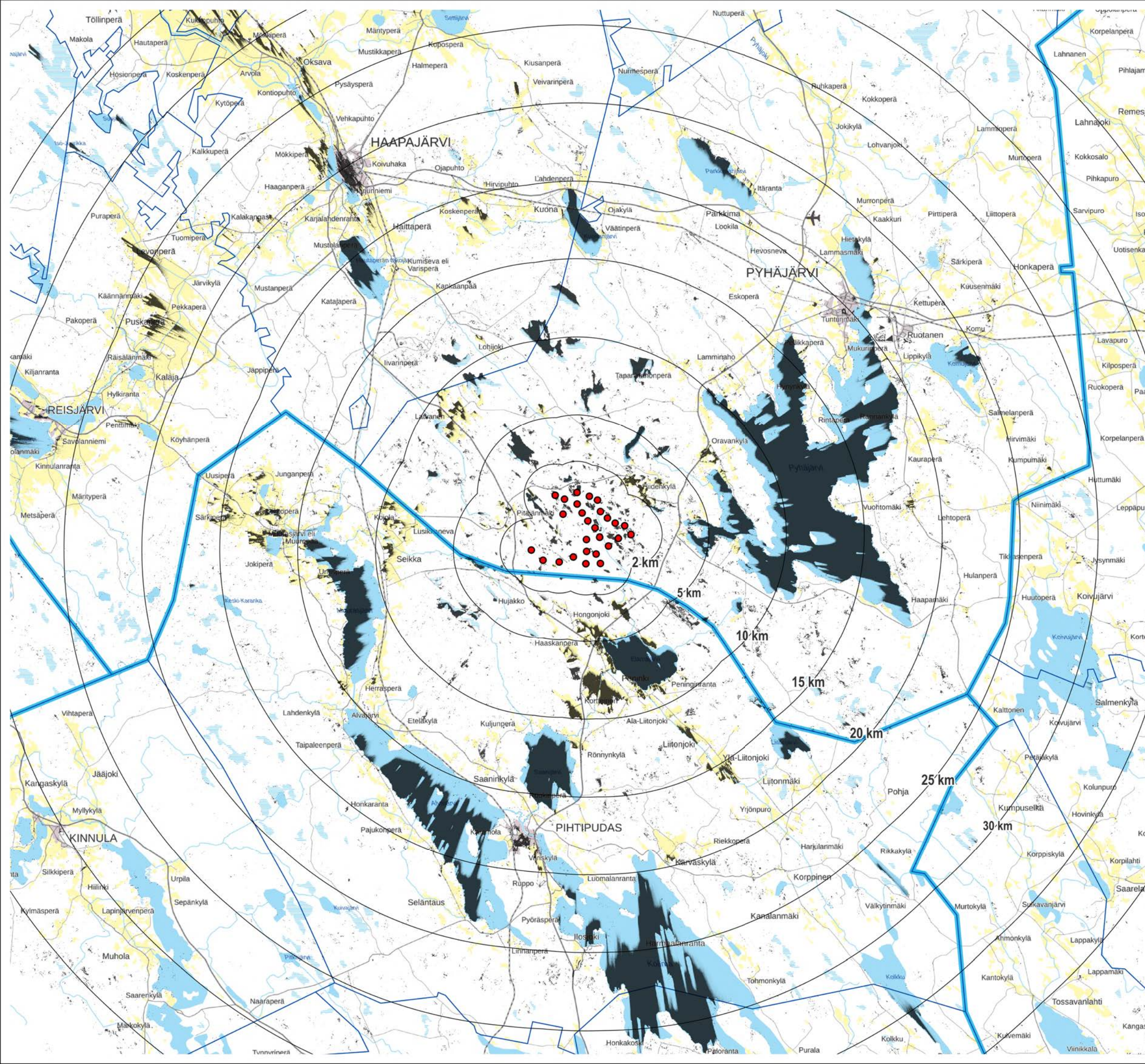
Liite 24

Näkymäalueanalyysiraportti, Ramboll Finland Oy

Hallakallion tuulivoimahankkeen näkymäalueanalyysi 2024

YVA-selostus, VE1
Kokonaiskorkeus (torni + lapa): 310m

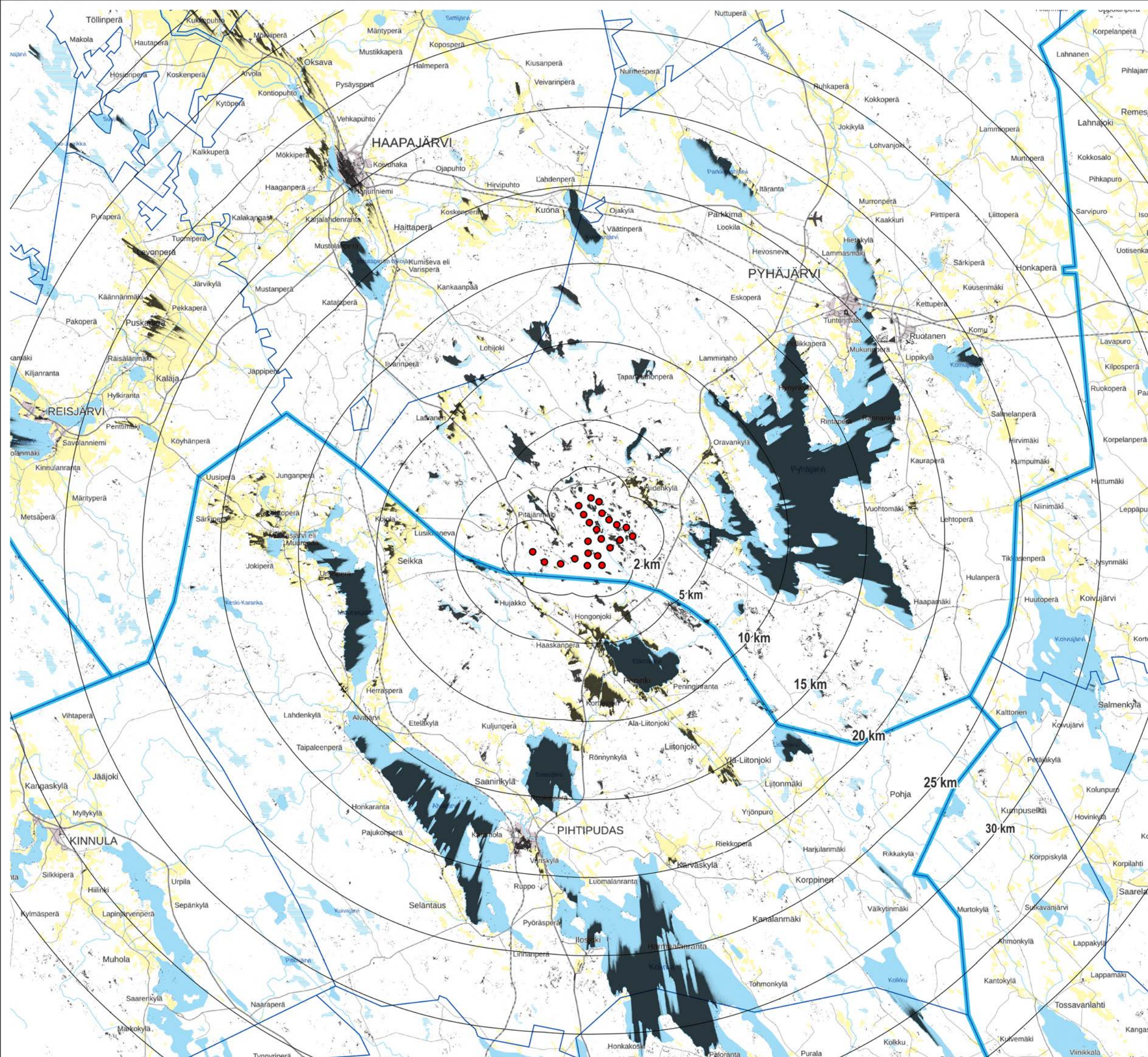
- Suunniteltu tuulivoimala VE1
- Näkymäalueanalyysi**
 - Kaikki voimalat tai osia niistä näkyy
 - Muutama voimala tai osia niistä näkyy
- Muut merkinnät**
 - Kuntaraja
 - Maakuntaraja
 - Etäisyysvyöhyke tuulivoimalasta



Hallakallion tuulivoimahankkeen näkömääalueanalyysi 2024

YVA-selostus, VE2
Kokonaiskorkeus (torni + lapa): 310m

- Suunniteltu tuulivoimala VE2
- Näkömääalueanalyysi**
 - Kaikki voimalat tai osia niistä näkyy
 - Muutama voimala tai osia niistä näkyy
- Muut merkinnät**
 - Kuntaraja
 - Maakuntaraja
 - Etäisyysvyöhyke tuulivoimalasta



Hallakallion tuulivoimahankkeen näkömääalueanalyysi 2024, yhteisvaikutukset VE1

Mukana olevat tuulivoimahankkeet:

- Hallakallio, YVA-menettely käynnissä
- Murtomäki, tuotannossa
- Murtomäki 2, suunnitteilla
- Itämäki (vaihe 1), kaava lainvoimainen
- Moskuankangas, YVA-menettely käynnissä
- Uusimo, suunnitteilla
- Leppäkangas, suunnitteilla
- Leppämäki, suunnitteilla

Tuulivoimalat

- Hallakallio (27 kpl, kokonaiskorkeus 310m)
- Itämäki (vaihe 1) (24 kpl, kokonaiskorkeus 300m)
- Leppäkangas (30 kpl, kokonaiskorkeus 300m)
- Leppämäki (6 kpl, kokonaiskorkeus 300m)
- Moskuankangas (28 kpl, kokonaiskorkeus 300m)
- Murtomäki (15 kpl, kokonaiskorkeus 247m)
- Murtomäki 2 (15 kpl, kokonaiskorkeus 280m)
- Uusimo (21 kpl, kokonaiskorkeus 300m)

Tuulivoimaloiden näkyvyys (kpl)

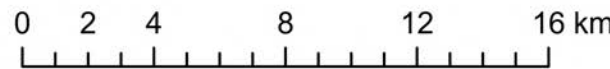
- 1 - 8
- 9 - 19
- 20 - 31
- 32 - 44
- 45 - 55
- 56 - 66
- 67 - 77
- 78 - 88
- 89 - 99
- 100 - 109
- 110 - 120
- 121 - 132
- 133 - 144
- 145 - 157
- 158 - 166

Muut merkinnät

- Kuntaraja
- Maakuntaraja
- Etäisyysvyöhyke lähimmästä tuulivoimalasta



12.8.2024 /MUHE
Aineisto: MML 2024, OX2 2024,
Ramboll 2024, Taustakartta: MML 2024



Hallakallion tuulivoimahankkeen näkömääalueanalyysi 2024, yhteisvaikutukset VE2

Mukana olevat tuulivoimahankkeet:

- Hallakallio, YVA-menettely käynnissä
- Murtomäki, tuotannossa
- Murtomäki 2, suunnitteilla
- Itämäki (vaihe 1), kaava lainvoimainen
- Moskuankangas, YVA-menettely käynnissä
- Uusimo, suunnitteilla
- Leppäkangas, suunnitteilla
- Leppämäki, suunnitteilla

Tuulivoimalat

- Hallakallio (23 kpl, kokonaiskorkeus 310m)
- Itämäki (vaihe 1) (24 kpl, kokonaiskorkeus 300m)
- Leppäkangas (30 kpl, kokonaiskorkeus 300m)
- Leppämäki (6 kpl, kokonaiskorkeus 300m)
- Moskuankangas (28 kpl, kokonaiskorkeus 300m)
- Murtomäki (15 kpl, kokonaiskorkeus 247m)
- Murtomäki 2 (15 kpl, kokonaiskorkeus 280m)
- Uusimo (21 kpl, kokonaiskorkeus 300m)

Tuulivoimaloiden näkyvyys (kpl)

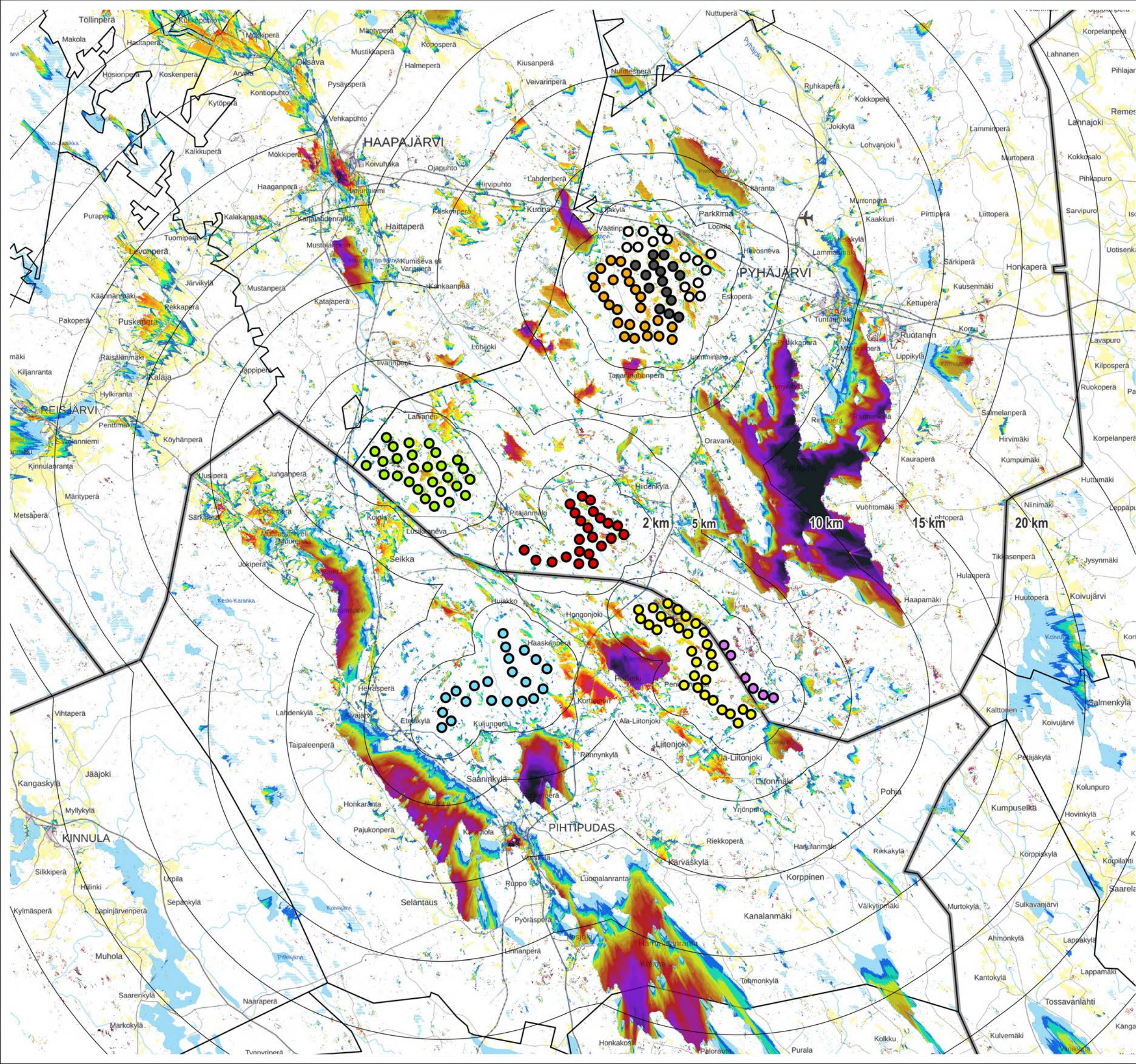
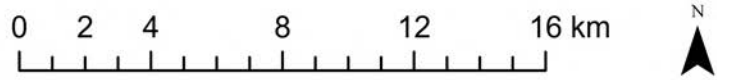
- 1 - 8
- 9 - 19
- 20 - 31
- 32 - 44
- 45 - 55
- 56 - 66
- 67 - 77
- 78 - 88
- 89 - 99
- 100 - 109
- 110 - 120
- 121 - 132
- 133 - 144
- 145 - 157
- 158 - 162

Muut merkinnät

- Kuntaraja
- Maakuntaraja
- Etäisyysvyöhyke lähimmästä tuulivoimalasta



12.8.2024 /MUHE
Aineisto: MML 2024, OX2 2024,
Ramboll 2024, Taustakartta: MML 2024



Liite 25

Metsäpeuraselvitys, Ramboll Finland Oy

Vastaanottaja
Eolus Energy Oy

Päivämäärä
29.11.2024

Viite
1510073931-005

HALLAKALLION TUULIVOIMAHANKE,
PYHÄJÄRVI, LIITE 25
METSÄPEURASELVITYS



METSÄPEURASELVITYS

Päivämäärä	29.11.2024
Laatija	Laura Puikkonen, Juho Jolkkonen
Tarkastaja	Elina Salo-Miilumäki
Kuvaus	Hallakallion tuulivoimahankkeen metsäpeuraselvitys

Viite	1510073931-005
-------	----------------

Kansi	Metsäpeuroja Iso-Karsikkonevalla.
-------	-----------------------------------

Liitteet	Liite 25b.
----------	------------

SISÄLTÖ

1.	Johdanto	1
2.	Lajikuvaus	2
3.	Menetelmät	3
3.1	Kartta-analyysi	3
3.2	Panta-aineisto	4
3.3	Ortokuvatarkastelu	5
3.4	Maastoselvitys	8
4.	Tulokset	10
4.1	Kartta-analyysi	10
4.2	Panta-aineisto	12
4.3	Maastoselvitys	14
4.4	Epävarmuustekijät	20
5.	Yhteenveto ja johtopäätökset	21
6.	Lähteet	22

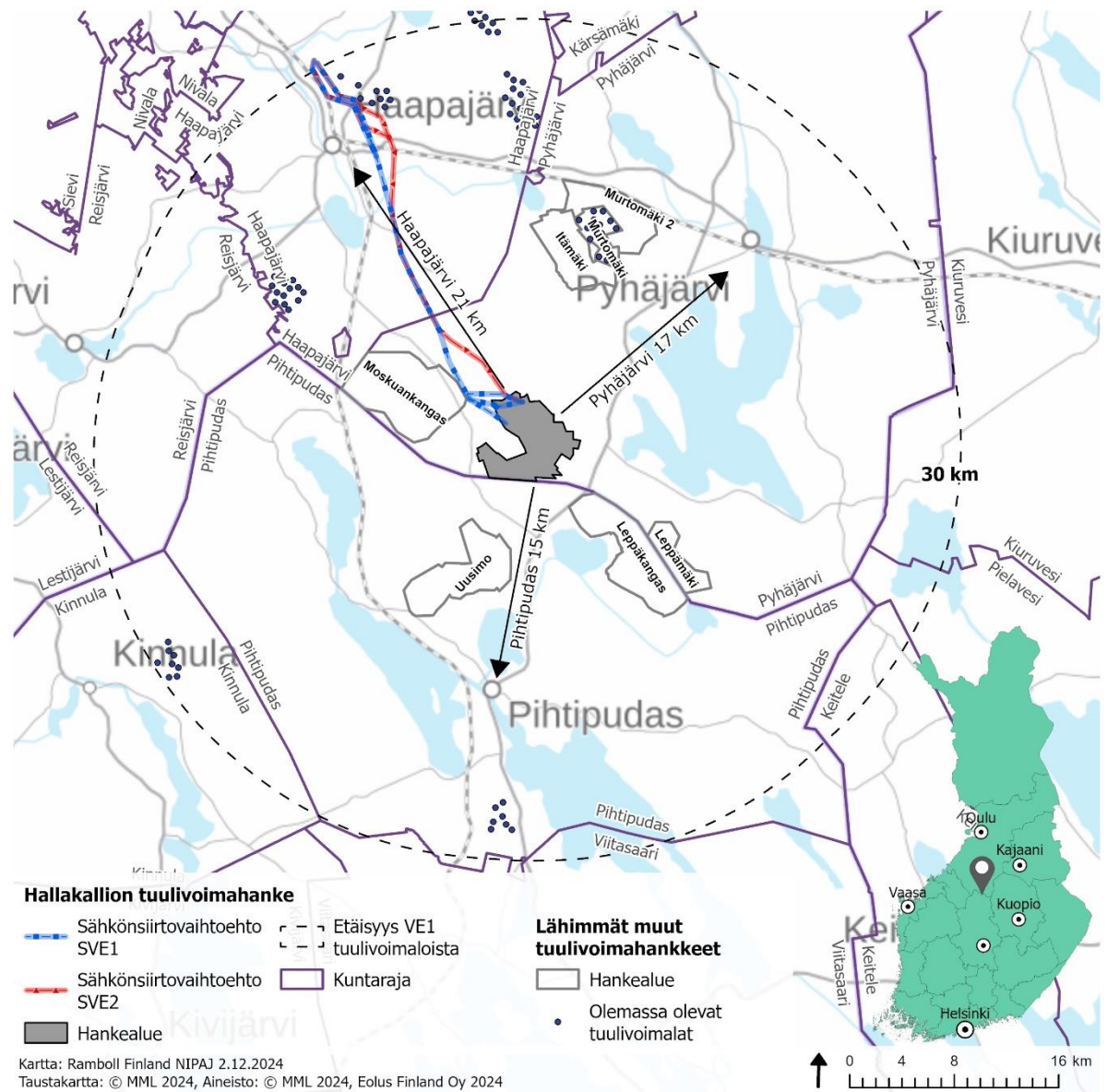
1. JOHDANTO

Eolus Energy Oy suunnittelee Hallakallion alueelle enintään 27 tuulivoimalan suuruista tuulivoimapuistoa (Kuva 1-1). Voimaloiden kokonaiskorkeus enintään 310 metriä ja yksikköteho 7–10 MW. Tuulivoimapuiston kokonaisteho on enintään noin 270 MW. Hankealue sijaitsee Pyhäjärven kaupungin alueella. Hankealue sijaitsee noin 17 kilometriä lounaaseen Pyhäjärven keskustasta. Hankealueen pinta-ala on noin 2922 ha. Tuulivoimapuisto on alustavasti suunniteltu liitettäväksi Fingridin Pysäysperän sähköasemalle Haapajärvelle tai hankealueen eteläpuolelle rakentuvaan yhteisjohtoon. Alustavasti tutkitaan kahta eri reittiä SVE1 ja SVE2. Vaihtoehto SVE1 sisältää lisäksi viisi eri alavaihtoehtoa. Tuulivoima-alueen sisäinen sähkönsiirto toteutetaan maakaapelein ja hankealueelle rakennetaan yksi sähköasema.

Lähtötietojen perusteella hankealueella ja sen ympäristössä tavataan metsäpeuroja. Metsäpeura ei kuitenkaan ole suojeluperusteena Hallakallion hankealueen läheisillä Iso Karsikkonevan (FI1002003) ja Suurisuo-Sepänsuo-Paanasenneva-Teerinevan (FI0900058) Natura2000-alueilla. Hankealueelle toteutettiin vuonna 2024 metsäpeuraselvitys usean, toisiaan täydentävän menetelmän yhdistelmänä. Metsäpeuran kesä- ja vasontaelinympäristöjen selvityksen tavoitteena oli saada selville, kuinka laajasti lajia esiintyy hankealueella ja sen läheisyydessä vasomisaikaan, sekä kartoittaa alueen tärkeät vasonta-, vasanhoito- ja kesälaidunalueet.

Hankkeesta toteutetaan ympäristövaikutusten arvioinnista annetun lain ja asetuksen mukainen ympäristövaikutusten arviointi (YVA). Tämä selvitys ei sisällä vaikutusarviointia, vaan vaikutusarviointi esitetään hankkeen YVA-selostuksessa.

Metsäpeuraselvityksestä vastasivat FM biologi Laura Puikkonen sekä FM biologi Juho Jolkkonen Ramboll Finland Oy:stä. Droonikuvaukset suoritti FM biologi Juho Jolkkonen Ramboll Finland Oy:stä. Raportin laatutarkastuksesta vastasi FM hydrobiologi Elina Salo-Miilumäki Ramboll Finland Oy:stä.



Kuva 1-1. Hankealueen sijainti.

2. LAJIKUVAUS

Metsäpeura (*Rangifer tarandus fennicus*) on peuran (*Rangifer tarandus*) alalaji, joka on viimeisimmässä uhanalaisuusarviossa arvioitu silmälläpidettäväksi, NT, (Hyvärinen ym. 2019). Metsäpeura kuuluu luontodirektiivin II-liitteen lajeihin, eli sen suojelu toteutetaan perustamalla Natura-alueita. Metsäpeuroja elää maailmassa ainoastaan Suomessa ja Venäjän luoteisosissa (Kunttu & Tolvanen 2023).

Metsäpeurat suosivat erämaisia alueita (Kunttu & Tolvanen 2023). Talvella metsäpeuran pääasiallinen ravinnonlähde on jäkälä. Metsäpeurat kerääntyvät ravintoa etsiessään laumoiksi, jotka vaeltavat ruokailualueiden välillä. Laumojen koko vaihtelee muutamasta kymmenistä satoihin yksilöihin, ja talviruokailupaikat sijoittuvat erityisesti karuille jäkäläisille kangasmaille sekä ylängöille. Metsäpeurat viettävät syksyisen kiima-ajan vastaavilla alueilla, ja vaeltavat talvehtimisalueille kiima-ajan jälkeen. Etäisyys talvi- ja kesälaidunten välillä vaihtelee kymmenistä satoihin kilometreihin. Kesällä metsäpeuralle keskeisimpiä ympäristöjä ovat avosuot, niiden laitteet ja avosoita sekä

pienvesiä ympäröivät rämeet ja korvet, joilla peurat myös hoitavat vasaan ja ruokailevat. (Kunttu & Tolvanen 2023.)

Metsäpeuran vasomisaika on toukokuun lopulla ja vasanhoitoaika kesä-elokuussa. Kesällä metsäpeurat liikkuvat pääsääntöisesti yksin tai pienissä ryhmissä. Ne ovat paikkauskollisia vasonta-alueilleen, ja palaavat vuosittain samalle alueelle vasomaan. Kesälaitumien ja vasontapaikkojen tärkein ominaisuus on ravinnon saatavuuden ja suojaisuuden yhdistelmä, joten paras kesäelinympäristö metsäpeuravaatimille on suon ja metsän muodostama mosaiikki. Vaatimet välttelevät vasonta-aikaan sora- ja metsäteitä ja suosivat laajoja suon ja metsän mosaiikin muodostamattomia, häiriöttömiä alueita (Puoskari 2017). Elinpiiri on kesäaikaan pienialainen, keskimäärin korkeintaan muutamia neliökilometrejä (Kunttu & Tolvanen 2023).

Metsäpeura metsästettiin Suomen alueella sukupuuttoon 1910-luvulla ja se vaelsi takaisin Kainuuseen Venäjältä 1950-luvulla (Maa- ja metsätalousministeriö 2023). Metsäpeurakanta on palautunut Suomenselälle suojeluohjelmissa tehdyillä siirroilla, joilla metsäpeuroja on siirretty Kainuusta lajin alkuperäisille levinneisyysalueille 1980-luvulta alkaen. Viimeisimpänä palautussiirtoja on tehty Lauhavuoren ja Seitsemisen kansallispuistoissa vuonna 2023 päättyneessä MetsäpeuraLIFE-hankkeessa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2023.)

Suurin osa metsäpeurojen maailmankannasta elää Suomessa (Maa- ja metsätalousministeriö 2023). Suomenselän kanta polveutuu alueelle totutustarhaan 1970–80-luvuilla siirretyistä kymmenestä kantayksilöstä. Yhteensä 40 metsäpeuraa vapautettiin totutustarhasta vuonna 1984 Salajärven kansallispuiston lähistölle, minkä jälkeen metsäpeurat ovat lisääntyneet alueella voimakkaasti. Nykyään Suomenselän osakanta käsittää noin 2000 yksilöä ja Kainuun osakantaan kuuluu noin 800 yksilöä. Suomenselän osakanta kasvoi vuosina 2018–2021, mutta viime vuosina sen koko on pysynyt vakaana (Luonnonvarakeskus 2024). Metsäpeuran kannanhoitosuunnitelman tavoitteena on edistää Kainuun ja Suomenselän osakantojen välisiä yhteyksiä lajin geneettisen monimuotoisuuden turvaamiseksi, sillä Suomenselän osakanta polveutuu hyvin pienestä yksilömäärästä (Maa- ja metsätalousministeriö 2023).

Suomenselän metsäpeurakannan vaellukset tapahtuvat suurella mittakaavalla tyypillisesti pohjois-etelän tai koillis-lounaan suuntaisesti siten, että kesälaitumet ja vasonta-alueet ovat talvilaitumia pohjoisempina (Maa- ja metsätalousministeriö 2023). Kesä- ja talvilaidunalueiden välillä metsäpeurat vaeltavat vakiintuneita vaellusreittejä pitkin. Paikkauskollinen metsäpeura seuraa yleensä emäänsä ensimmäisenä vuonna vaelluksellaan kesälaitumille, ja vaatimet palaavat useimmiten vasomaan tutuille vasontaseudulleen läpi elämänsä (Kunttu & Tolvanen 2023). Metsäpeura käyttää samoja laidunalueita vuodesta toiseen, mutta talvilaidunten tarkkaan sijaintiin vaikuttaa vuosittain esimerkiksi ravinnon riittävyys sekä petoeläinten ja peurojen määrä alueella (Rautiainen 2009).

3. MENETELMÄT

Metsäpeuran esiintymistä hankealueella ja tuulivoimahankkeen vaikutusta metsäpeuraan tarkasteltiin useiden, toisiaan tukevien selvitysmenetelmien avulla noin viiden kilometrin säteellä hankealueesta. Toteutettuja selvityksiä ovat vasallisten metsäpeuravaadinten elinympäristöjen ennustekarttaan ja potentiaaliin kesäelinympäristöihin perustuva kartta-analyysi, karkeistetun 1x1 km ja 5x5 km panta-aineiston tarkastelu, ortokuvatarkastelulla valmistellut maastokäynnit, joissa ensisijaisena havainnointimenetelmänä oli droonikuvaus.

3.1 Kartta-analyysi

Hallakallion hankealueelle ja sen ympäristöön tehtiin karttatarkastelu viiden kilometrin säteellä hankealueesta. Metsäpeura valitsee kesä- ja talvilaidunalueensa ravinnon perusteella, joten alueen kasvillisuus ja luontotyyppit antavat tarkemman kuvan siitä, onko alue potentiaalisesti metsäpeuralle merkittävä. Vasonta- ja vasanhoitoaikaan metsäpeuravaadinten tilankäyttöön vaikuttaa lisäksi ympäristön suojaisuus. Metsäpeuralle potentiaalisia vasomis- ja vasanhoitoalueita sekä

niiden sijoittumista suhteessa hankealueeseen tarkasteltiin vasallisten metsäpeuravaadinten elinympäristöjen ennustekartan (Paasivaara 2024) avulla.

Luonnonvarakeskuksen tuottama vasallisten metsäpeuravaadinten elinympäristöjen ennustekartta on luotu mallintamalla tilastollisten menetelmien avulla (Paasivaara 2024). Mallinnuksessa hyödynnettiin MetsäpeuraLIFE-hankkeen aikana kerättyä GPS-paikannusaineistoa. Tausta-aineistona on käytetty valtakunnan metsien monilähdeaineistoa (ML-VMI) vuosilta 2015–2021 sekä Maamittauslaitoksen ja SYKE:n vektorimuotoisia tietokantoja. Kullekin GPS-paikannuspisteelle ja sitä vastaavalle satunnaispisteelle muodostettiin 500 metrin säteinen vyöhyke, jolle laskettiin maiseman rakennepiirteitä kuvaavia tunnuksia. Näiden perusteella luotiin binominen sekamalli (GLMM), jonka ennustekykyä mitattiin ristiinvalidoinnilla. Ennustekartat kuvaavat metsäpeuroille sopivia elinympäristöjä 100 x 100 metrin pikseleinä, joissa on esitetty todennäköisyys sille, että alue on sopiva vasallisten vaatimien vasanhoitoon. Ruutujen arvot jaetaan viiteen luokkaan: 0 – 0.2, Erittäin heikosti sopiva; 0.2 – 0.33, Heikosti sopiva; 0.33 – 0.5, Välttävä; 0.5 – 0.66, Hyvin sopiva; 0.66 – 1.0, Erittäin hyvin sopiva. Ennustekartan avulla voidaan ennustaa vasallisille metsäpeuravaatimille touko-elokuussa sopivat elinympäristöt oikein noin 72 prosentin todennäköisyydellä. Ennustekartta ei kuitenkaan ota huomioon ihmishäiriön tai saalistuksen vaikutusta vaadinten tilankäyttöön. (Paasivaara 2024.)

3.2 Panta-aineisto

Luonnonvarakeskus seuraa metsäpeurojen liikkeitä, kuolinsyitä ja demografiaa GPS-pannoilla, jotka rekisteröivät pantapeuran sijainnin pääosin neljän tunnin välein (Luonnonvarakeskus 2023). Pantoja asennetaan vain metsäpeuravaatimille, sillä hirvaiden kaulan ympärystä vaihtelee voimakkaasti vuodenaikojen mukaan. MetsäpeuraLIFE-hankkeessa (2016–2023) lähetinpantojen avulla on muun muassa selvitetty lajin elinympäristövaatimuksia. Tässä raportissa tarkasteltava GPS-pannoitettujen metsäpeurojen paikannustiheysaineisto perustuu vuosilta 2008–2021 rekisteröityihin sijaintipisteisiin Suomenselän metsäpeurapopulaation satunnaistoksesta. Aineisto sisältää noin 280 metsäpeuravaatimen paikannustietoja. Suomenselän metsäpeurojen populaation kokonaiskoko on seuranta-aikana kasvanut noin 1000 yksilöstä noin 2000 yksilöön.

GPS-pantojen rekisteröimistä paikannuksista on muodostettu tiheyttä kuvaava rasteri, joka on ladattavissa Lajitietokeskuksesta (Lajitietokeskus 2024). Aineisto on karkeistettu 1 x 1 km ruutuihin. Ruutujen arvo kuvastaa metsäpeurojen neljän tunnin välein rekisteröityvien sijaintipisteiden suhteellista tiheyttä. Aineistossa ovat eriteltyinä kesä-, vaellus- sekä talviaikaiset paikannuspistetiheydet. Lisäksi selvityksessä on käytetty Luonnonvarakeskuksen avoimen datan palvelusta vapaasti ladattavissa olevaa 5 x 5 km ruutuaineistoa, joka on koostettu vastaavalla tavalla vuosien 2010–2021 panta-aineistosta (Paasivaara 2022). GPS-panta-aineistoa tulkittaessa on huomattava, että laidunalueet ovat voineet muuttua aineiston keräämisen jälkeen.

Metsäpeura on vasomisalueilleen uskollinen, mutta pitkiä matkoja vaeltava eläin (Kunttu & Tolvanen 2023). Vaikka vaatimen elinpiiri on vasomisaikaan pienenkö, korkeintaan muutamia neliökilometrejä, vuodenaikaisvaellukset voivat olla jopa satojen kilometrien pituisia. Tuulivoiman välttämisvaikutuksista metsäpeuralle ei ole tutkimustietoa. Poroihin ja karibuihin perustuvissa tutkimuksissa välttämisetäisyys on vaihdellut olemattomasta jopa 10–14 kilometriin, riippuen ympäristöstä ja tutkimusolosuhteista (Colman ym. 2013; Skarin & Alam 2017; Skarin ym. 2018; Eftestøl ym. 2023). Yleiseksi käsitykseksi jonkinasteisesta välttämiskäyttäytymisestä on vakiintunut noin viisi kilometriä (Pohjois-Pohjanmaan liitto 2024; Tolvanen 2023; Paasivaara 2022; Skarin ym. 2018). Siten panta-aineiston tarkastelu kilometrin karkeistuksella tarjoaa riittävän tarkkuuden selvitykseen ja vaikutusten arviointiin muiden menetelmien täydentämänä, eikä tarkempien paikannuspisteiden tarkastelu tuottaisi merkittävää lisäarvoa.

Karkeistettu pantadata kertoo pantapeurojen läsnäolosta eri vuodenaikoina, mutta se ei anna tarkempaa kuvaa siitä, kuinka metsäpeurat hyödyntävät maiseman rakenteita tai paljonko peuroja liikkuu alueella. GPS-panta-aineistosta ei voi päätellä alueella liikkuvien yksilöiden määriä, tai liikkeiden suuntia. Korkea tiheysindeksi voi kertoa joko yksittäisen tai useiden metsäpeurayksilöiden pitkäaikaisesta oleskelusta tai useista vierailuista alueella. Toisaalta, koska pannoitettujen eläinten määrä on hyvin pieni koko populaatioon suhteutettuna, paikallinen pantadatan puute ei sulje pois

metsäpeuran esiintymistä alueella. Laidunkierron mukaan jaotellusta aineistosta ei voi myöskään päätellä, missä tietyillä alueilla kesäisin laiduntavat peurat talvehtivat tai päinvastoin.

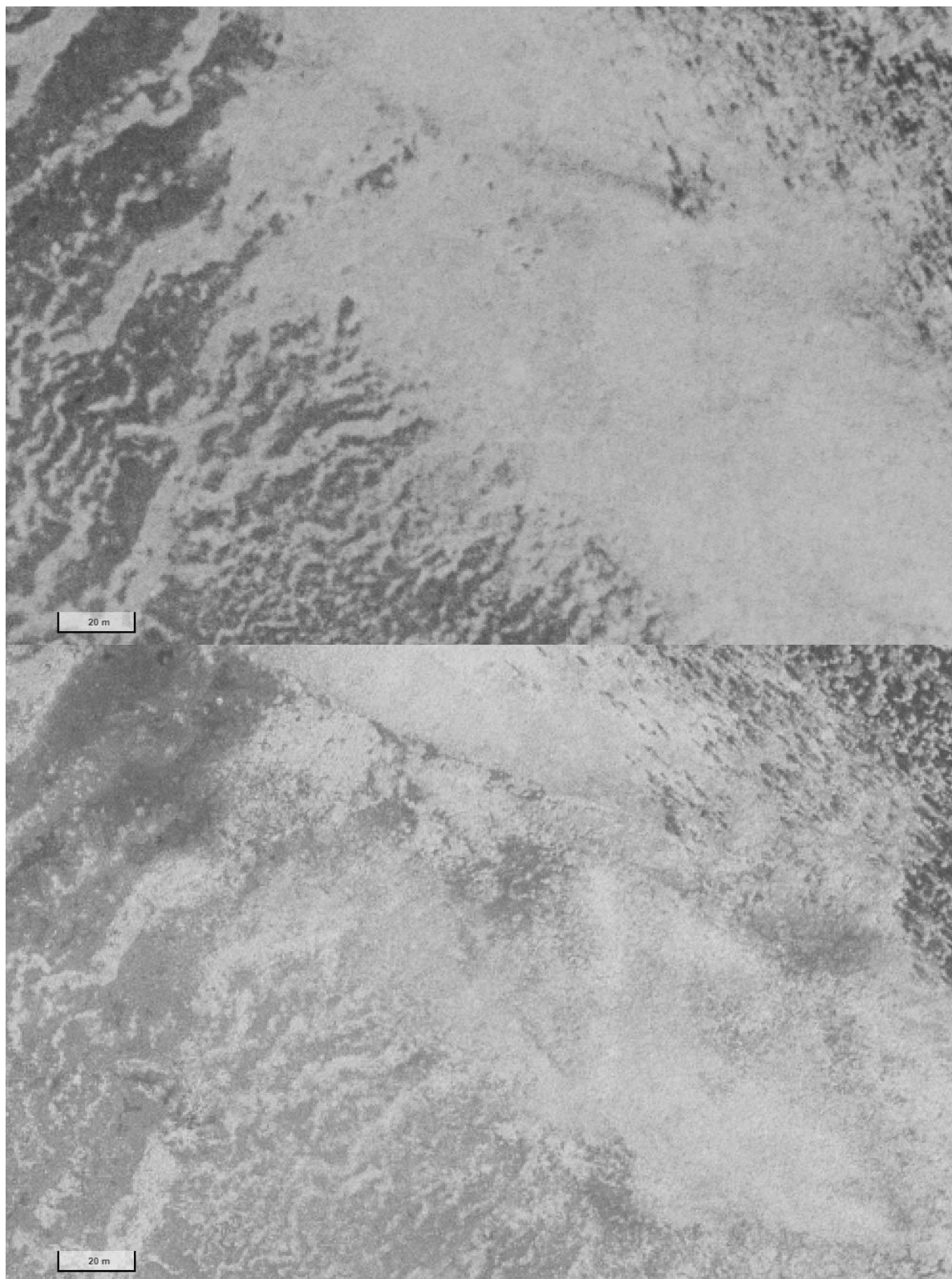
3.3 Ortokuvatarkastelu

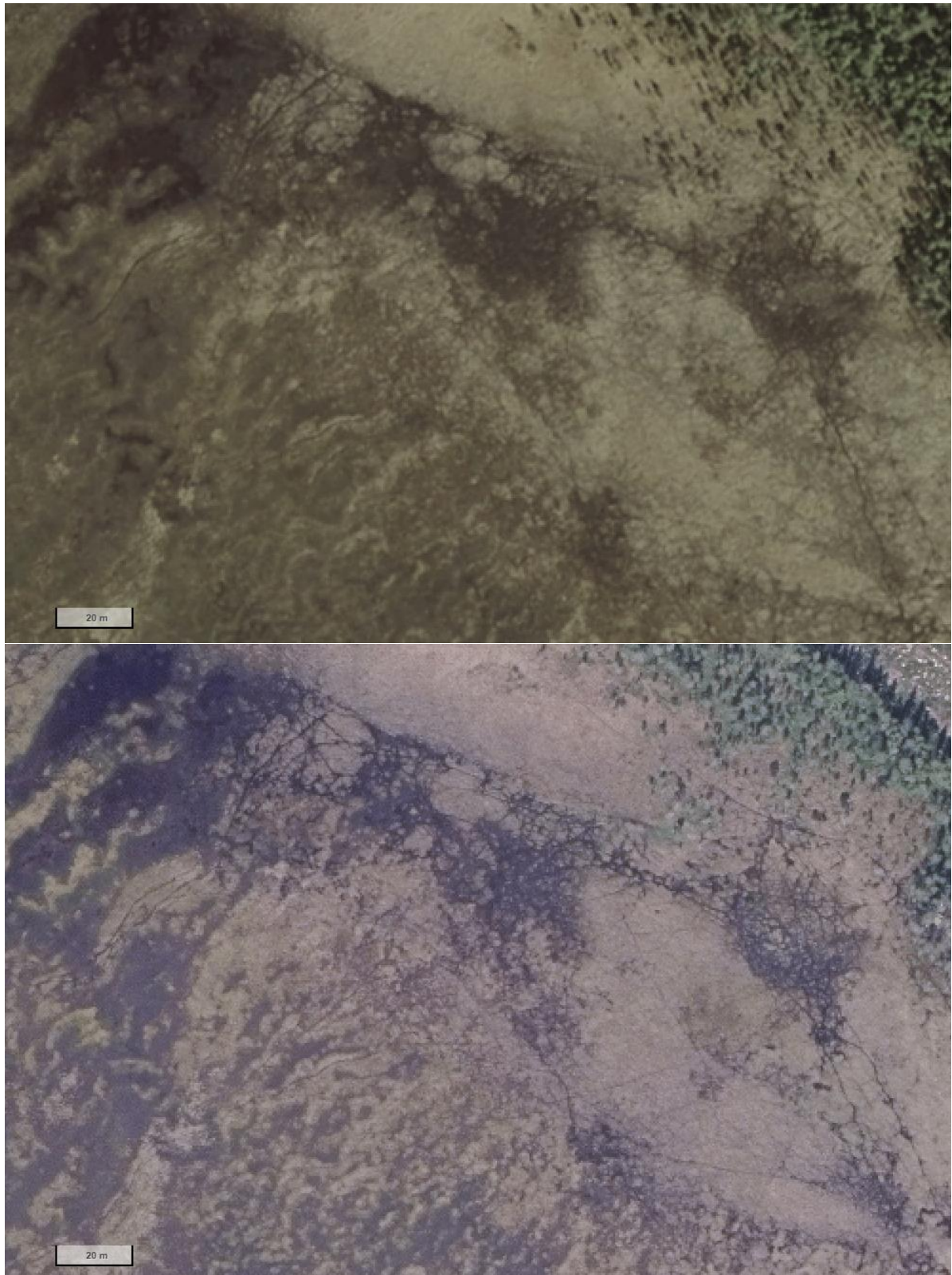
Ortokuvatarkastelua hyödynnettiin maastoselvityksen suunnittelussa ja droonikuvauskohteiden valinnassa. Menetelmä perustuu ihmisen kykyyn tunnistaa ja analysoida jälkiä suoraan ilmakuvista. Tarkastelu toteutettiin visuaalisesti analysoimalla selvitysalueella sijaitsevia avosoita ortokuvista (MML 2023) ArcGIS Pro-ohjelmalla sekä Maanmittauslaitoksen Paikkatietoikkuna-palvelussa.

Ortokuvatarkastelun aineistona käytettiin Maanmittauslaitokselta ladattavaa ortokuva-aineistoa. Käytössä olivat ensisijaisesti vuoden 2022 ilmakuvat, joiden tarkastelussa käytettiin apuna Maanmittauslaitoksen maastokarttaa. Tarkastelussa kiinnitettiin huomiota muun muassa siihen, paljonko teitä ja uria oli lähettyvillä, kuinka suoraviivaisia kulku-urat ovat ja millaisessa maastossa ne kulkevat. Soilla kulkevat moottorikelkkaurat ja maastomönkijöiden jäljet ovat pääasiassa hyvin erotettavissa niiden suoraviivaisuuden ja muodon perusteella.

Paikoin tarkasteltiin myös Maanmittauslaitoksen historiallisia ilmakuvia vuosilta 1958, 1999 ja 2011. Metsäpeura palasi Suomenselälle palautussiirtojen avulla 1910-luvun jälkeen vasta 1990-luvulla, joten kyseisenä aikana ilmakuvissa näkyvät merkittävät kulku-urat ovat epätodennäköisesti pääasiassa metsäpeurojen kuluttamia (Kuva 3-1) Metsäpeurat palasivat selvitysalueelle 1990-luvun alussa, jolloin myös kannan kasvu alueella alkoi. Tämän jälkeen muodostuneet ja vahvistuneet kulku-urat voivat olla peurojen kuluttamia, mutta peurat hyödyntävät myös maastoon valmiiksi kuluneita uria liikkumisessaan muiden eläinten tapaan, vaikka eivät olisi niitä alun perin synnyttäneetkään. Ortokuvissa näkyvät polut ja kulku-urat voivat olla myös esimerkiksi hirvien, ihmisten tai muiden suurten nisäkkäiden aiheuttamia. Siksi pelkät kulku-urat avosoilla eivät välttämättä kerro metsäpeurojen läsnäolosta alueella.

Kulku-uriin liittyvän epävarmuuden ja väärinmäärityksen vuoksi sellaiset urat, joilta ei maastossa voitu varmentaa metsäpeurojen jälkiä, jätettiin tässä raportissa esitettyjen karttatasojen ulkopuolelle.





Kuva 3-1. Kulku-uria Iso Karsikkonevan (FI1002003) Natura2000-alueen pohjoisosasta kuvattuna vuonna 1958, 1999, 2011 ja 2022 (MML/Paikkatietoikkuna). Metsäpeuraa katosi Suomenselältä 1880-luvulla. Kuvassa näkyvät urat ovat voimakkaasti kuluneet 2000-luvulla, jolloin metsäpeurakanta alueella on kasvanut huomattavasti. Ilmakuvien avulla ei kuitenkaan voida poissulkea muita jälkien aiheuttajia.

3.4 Maastoselvitys

Maastoselvityksen tavoitteena on ollut tehdä näköhavaintoja lajista ja havainnoida tuoreita jälki-jotoksia. Maastokartoitusten painotuksessa huomioitiin hankkeen myötä muuttuvat elinympäristöt, sekä lajin kannalta potentiaalisimmat esiintymisalueet noin viiden kilometrin säteellä suunnitelluista tuulivoimalapaikoista. Maastokäyntien suunnittelussa hyödynnettiin ortokuvatarkastelua sekä paikkatietoaineistoja mukaan lukien lajitietokeskukseen rekisteröidyt (aineistopyyntö, ladattu 12.1.2023) ja paikallisten metsästäjien raportoimat (Ramboll Finland Oy 2024) metsäpeurahavainnot. Lajitietokeskuksen (2023) ainoa hankealueen läheisyyteen (5 km säteellä) sijoittunut metsäpeurahavainto oli 4-tien varresta, noin 3 km päästä hankealueesta kaakkoon. Maastokartoitukset suoritettiin yhteensä yhdeksänä päivänä kesä-elokuussa, kolmella eri käyntikerralla: 9.6.–11.6., 8.7.–10.7. ja 7.-9.8.2024.

3.5.1 Droonikuvaukset

Droonilentoalueet valittiin esitietoselvityksen perusteella, joka perustui metsäpeurojen GPS-pantatietoon, kesäelinympäristöjen ydinalueiden karttaan (Ramboll Finland Oy, julkaisematon), metsäpeuravaadinten vasanhoidon elinympäristöjen todennäköisyyskarttaan sekä ortoilmakuviin. Lisäksi Iso-Jylkyn alue käytiin tarkastamassa (drooni + jälkihavainnointi) alueen metsästäjiltä saatujen kyselytulosten (Ramboll Finland Oy 2024) perusteella. Ilmakuvien perusteella havaitut potentiaaliset metsäpeura-alueet pyrittiin kuvaamaan droonilla jälkivanojen havaitsemiseksi. Maastokartoituksen selvitysalueet (droonilentojen havainnointialue) on esitetty kartalla (Kuva 3-2).

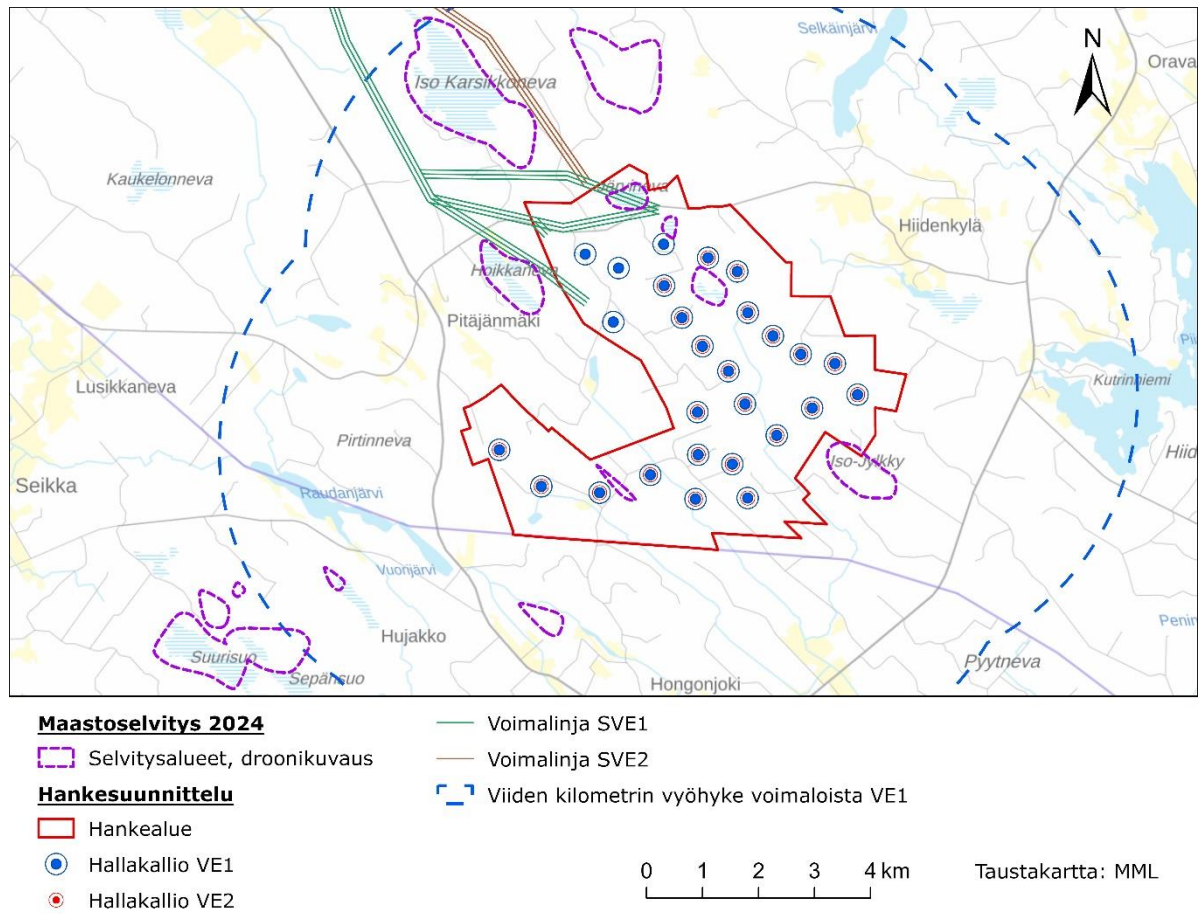
Droonikuvaus soveltuu parhaiten avointen ja puoliavointen maastojen kuvaamiseen. Peitteisillä alueilla kuvaaminen on haasteellista ja hidasta, koska lentonopeuden tulee olla alhainen, ja jälkien sekä eläinten havaittavuus on huono. Videotallenteessa kuvanopeutta voidaan jälkitarkastelussa hidastaa, mutta tuloksiin nähden työmäärä on suuri ja jätetty tässä selvityksessä pääosin tekemättä.

Havaintojen tekemiseen käytettiin pienikokoisia DJI Mini 3 ja DJI Mini 4 -droonia (Mini 4 elokuun kierroksella). Molemmat laitteet ovat lennossa hiljaisia, eikä selvityksissä kuvattujen metsäpeurojen havaittu karttavan droonia missään vaiheessa lentojen aikana. Lentoselvitykset painottuivat iltapäivään ja iltaan, jolloin metsäpeurojen aktiivisuus on korkea ja niiden havaittavuus on hyvä matalamman auringonvalon tulokulman muodostamien varjojen vuoksi. Metsäpeurojen jälkivanoja ja yksilöitä havainnoitiin droonin ohjaimen näytöltä maastossa sekä jälkikäteen video- ja kuvatalenteilta. Havaitut jälkivanat ja yksilöt digitoitiin kartalle maastossa ESRI:n Fieldmaps sovelluksen sekä drooniin tallentuvien lentoreittien avulla.

Jälkien tulkinta perustuu kirjallisuuden lisäksi asiantuntija-arvioon sekä maastossa varmistettujen jälkien vertailuun. Silti tarkastelussa on aina virhelähteitä, jos jälkien jättäjää ei selvityksissä havaita kuvauksen aikana. Jälkien havaittavuuteen ja pysyvyyteen vaikuttaa esimerkiksi suotyyppi, erityisesti suon välipintaisuus, vetisyys ja rakkaisuus. Ison lauman jotos tai usein käytetyn polun jäljet painuvat suohon pitkäksi aikaa, kuten myös maastomönkijän jälki. Yksittäisen eläimen kulku kuivemmalla tai puustoisemmalla suon osuudella voi jäädä helposti havaitsematta.

3.5.2 Jälkien ja jätösten tarkistukset

Droonilentojen yhteydessä jalkauduttiin suolle tarkistamaan havaittuja jälkivanoja ja kulkureittejä. Tällä pyrittiin arvioimaan jälkien tuoreutta sekä tulkitsemaan, mitkä jäljistä olivat metsäpeurojen jättämiä. Varovaisuusperiaatetta noudattaen suoalueilla, joissa havaittiin metsäpeurayksilöitä, kaikkien lajille sopivien jälkivanojen tulkittiin olevan metsäpeurojen jättämiä tai niiden hyödyntämiä.



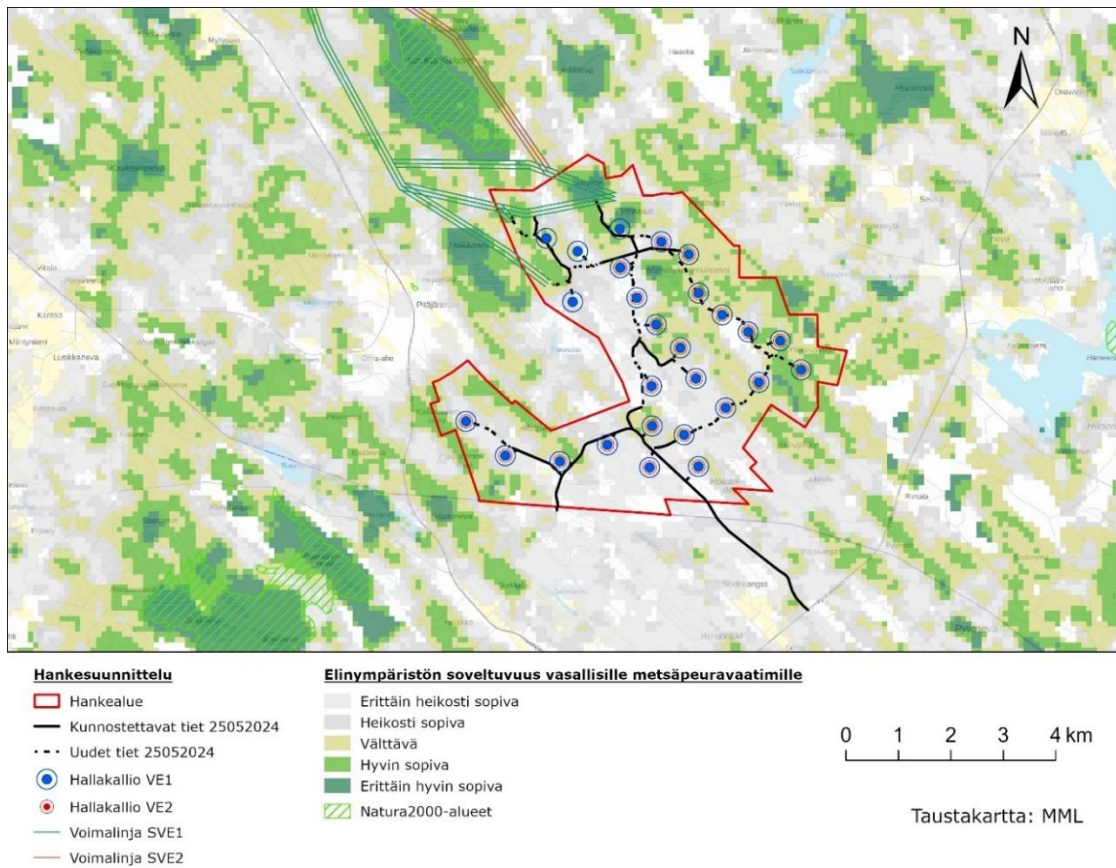
Kuva 3-2. Maastokartoituksen selvitysalueet. Rajaukset kuvaavat alueita, joilta metsäpeurat ja niiden potentiaaliset jälkivanat kyettiin droonin avulla havaitsemaan.

4. TULOKSET

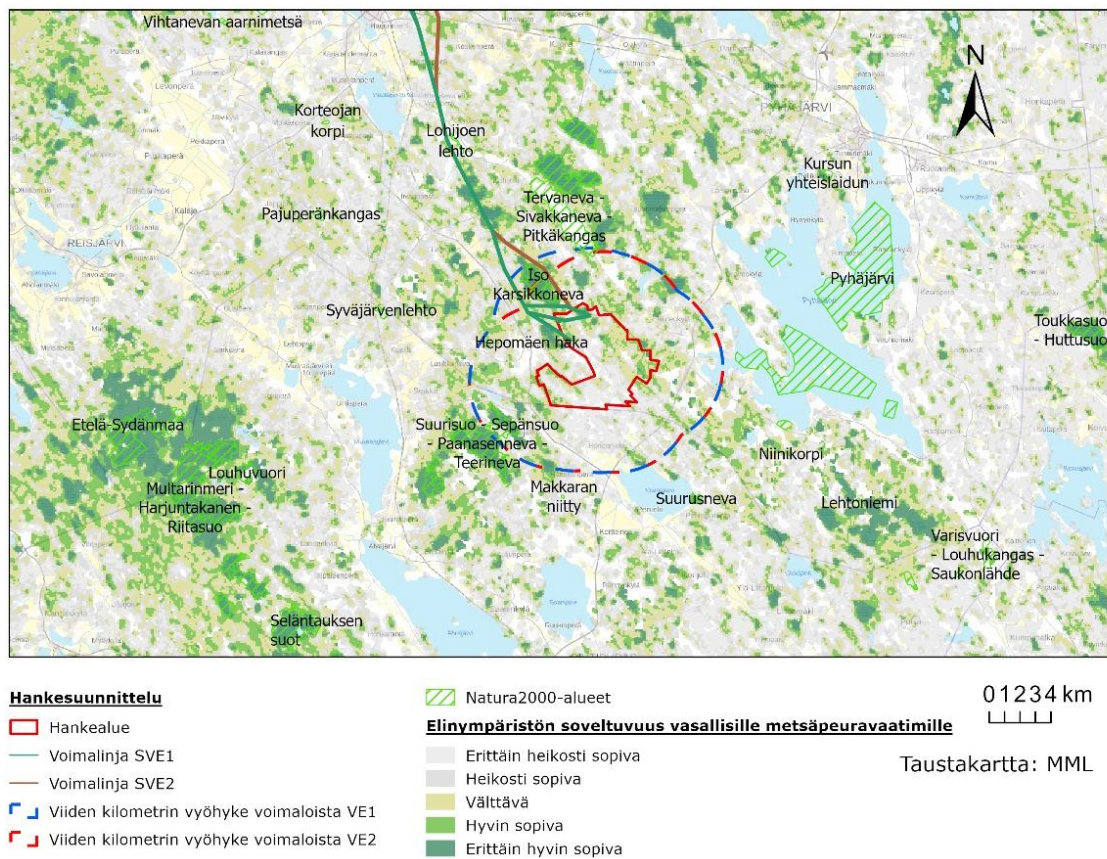
4.1 Kartta-analyysi

Vasallisten metsäpeuravaadinten elinympäristöjen ennustekartan mukaan hankealueella on erittäin hyvin vasanhoitoon soveltuvia alueita (Kuva 4-1; Paasivaara 2024). Soveltuvat alueet ovat kuitenkin pinta-alaltaan pieniä ja pirstaloituneita ja elinympäristön soveltuvuus vaihtelee ennusteen mukaan välillä 0–0.86 (indeksi 0-1). Vain noin 0,9 ha hankealueesta on soveltuvuudeltaan erittäin hyvää (>0.7).

Yleisesti metsäpeura suosii laajoja erämaisia ja ojittamattomia laidunalueita. Hankealueen luode- ja lounaispuolella olevilla Natura2000-alueilla sijaitsevat lähimmät yhtenäisemmät, erittäin hyvin metsäpeuravaatimille soveltuvat (>0.70) vasonta- ja kesälaidunalueet (Kuva 4-2 Kuva 4-1). Iso Karsikkonevan Natura2000 -alueen (FI1002003) erittäin hyvin soveltuva elinympäristö sijoittuu lähimmillään noin 1,6 kilometrin etäisyydelle VE1 mukaisista voimalapaikoista ja noin kolmen kilometrin etäisyydelle VE2 mukaisista voimalapaikoista. Iso Karsikkonevan keskiosiin on VE1 mukaisilta voimalapaikoilta yli kolme kilometriä ja VE2 mukaisilta voimalapaikoilta yli neljä kilometriä. Suurisuo-Sepänsuo-Paanasenneva-Teerinevan Natura2000-alueen (FI0900058) laajat erittäin hyvin soveltuvat elinympäristöt ovat yli 3,5 kilometrin etäisyydellä VE1 ja VE2 mukaisista voimalapaikoista. Sähkönsiirron vaihtoehdot SVE1 ja SVE2 kiertävät Iso Karsikkonevan erittäin hyvin vasallisille metsäpeuravaatimille soveltuvan ympäristön sen länsi- ja itäpuolelta. Pääosin SVE1 ei sijoitu metsäpeuralle hyvin soveltuvaan ympäristöön, lukuun ottamatta pieniä suoalueita Ison Karsikkonevan läheisyydessä sekä Pientä ja Isoa Haapanevaa. Vaihtoehdoissa SVE1a-b voimajohtokäytävä sijoittuu noin 600 metrin matkalla metsäpeurojen hyödyntämään kokonaisuuteen kuuluvalla Järvinevalle. Vaihtoehdossa SVE1d linjaus sijoittuu kokonaisuuteen kuuluvan Hoikkanevan erityisen hyvin metsäpeuravaatimille soveltuvassa elinympäristöön noin 400 metrin matkalta, muuten etäisyys Hoikkanevaan on vähintään noin 400 metriä. Hoikkanevan läpi virtaavan Hoikanpuron varren ruohoturvekangas ja ruohokangaskorpi on metsäpeuravaatimille potentiaalista vasonta- ja pikkuvasa-ajan vasanhoitoympäristöä. Vaihtoehto SVE1c ei sijoitu metsäpeuralle merkittäväksi arvioidun vasontaelinympäristön avosualueilla. Ison Karsikkonevan ympäristössä SVE2 sijoittuu 2,3 kilometrin matkalla alle 300 metrin etäisyydelle metsäpeuroille erittäin hyvin soveltuvasta vasanhoitoympäristöstä, josta noin 1,6 kilometriä hyvin soveltuvassa elinympäristössä. Isolla ja Pienellä Haapanevalla molemmat sähkönsiirtoreitit kulkevat erittäin hyvin soveltuvassa elinympäristössä.



Kuva 4-1 Vasallisten metsäpeuravaadinten elinympäristön soveltuvuuden ennustekartta (Luonnonvarakeskus 2024).



Kuva 4-2. Vasallisten metsäpeuravaadinten elinympäristön soveltuvuuden ennustekartta (Luonnonvarakeskus 2024) ja lähiseudun Natura2000-alueet nimettyinä.

4.2 Panta-aineisto

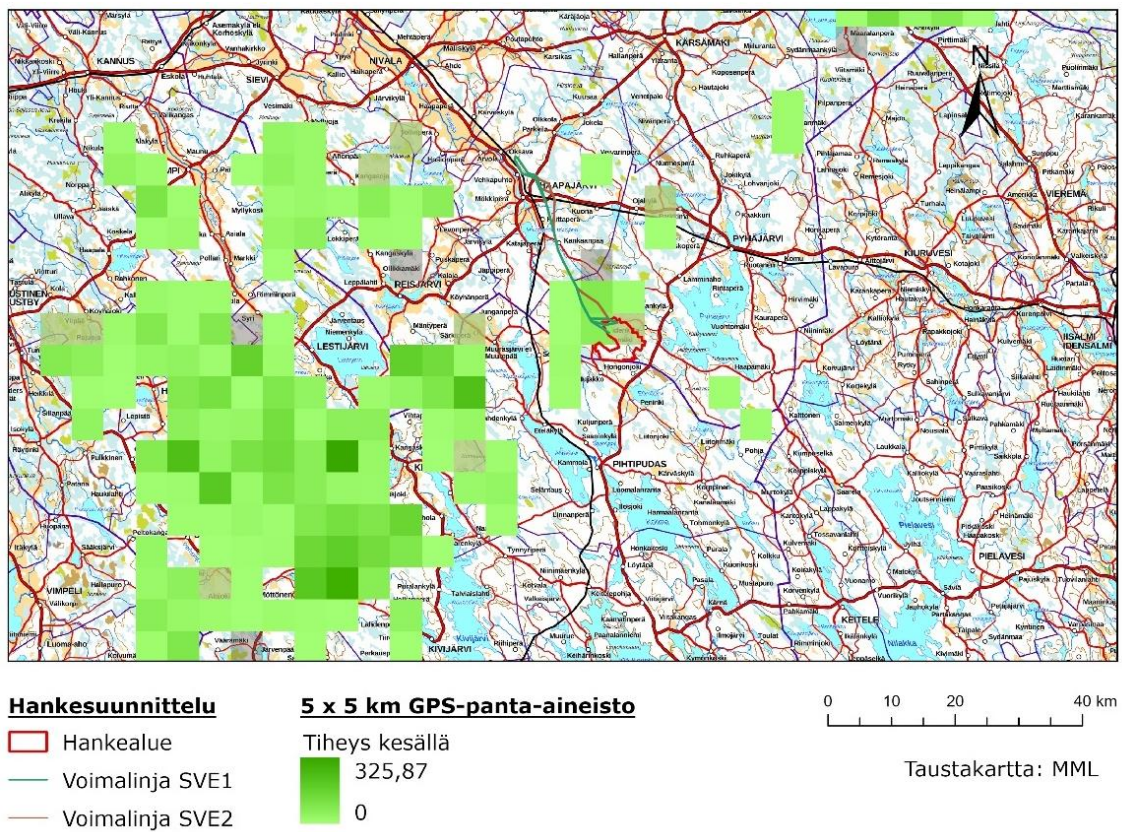
Panta-aineiston perusteella hankealueella ja sen ympäristössä on vaellus- ja kesäaikaan metsäpeuran hyödyntämiä alueita (Lajitietokeskus 2024, Paasivaara 2022). Hankealue sijoittuu 1 x 1 km ruutuaineiston perusteella pannoitettujen metsäpeuravaadinten kesälaidunalueille, ja osin siirtymäreiteille (Kuva 4-3, Kuva 4-4, Liite 1, Kuvat 1-6). Luonnonvarakeskuksen 1 x 1 km panta-aineisto on esitetty ainoastaan viranomaisliitteissä.

Hankealueella paikannuspisteiden tiheydet ovat pääosin matalia sekä kesä- että vaellusaikaan. Hankealueen eteläosasta Hoikannevan ja Hoikansalon alueelta ei ole lainkaan paikannusruutuja. Tämä ei kuitenkaan poissulje metsäpeurojen läsnäoloa, vasontaa tai laidunnusta alueella. Kesäaikaisen panta-aineiston pistetiheys vaihtelee 0–71,3 välillä, ollen korkeimmillaan hankealueen pohjoisosassa 62,3–71,3. GPS-pantapeurojen yleinen vasomistodennäköisyys on korkea ja noin 85 – 90 % vaatimista vasoo onnistuneesti vuosittain (Luonnonvarakeskus 17.5.2024). Siten korkeat kesäaikaiset paikannustiheydet antavat viitteitä alueen käytöstä vasonta- ja vasanhoitoalueena. Sähkönsiirtoreittien vaihtoehdot SVE1 ja SVE2 sivuavat Iso Karsikkonevan kesäajan paikannuspistetiheyttä, jossa tiheysindeksi on korkeimmillaan 126.

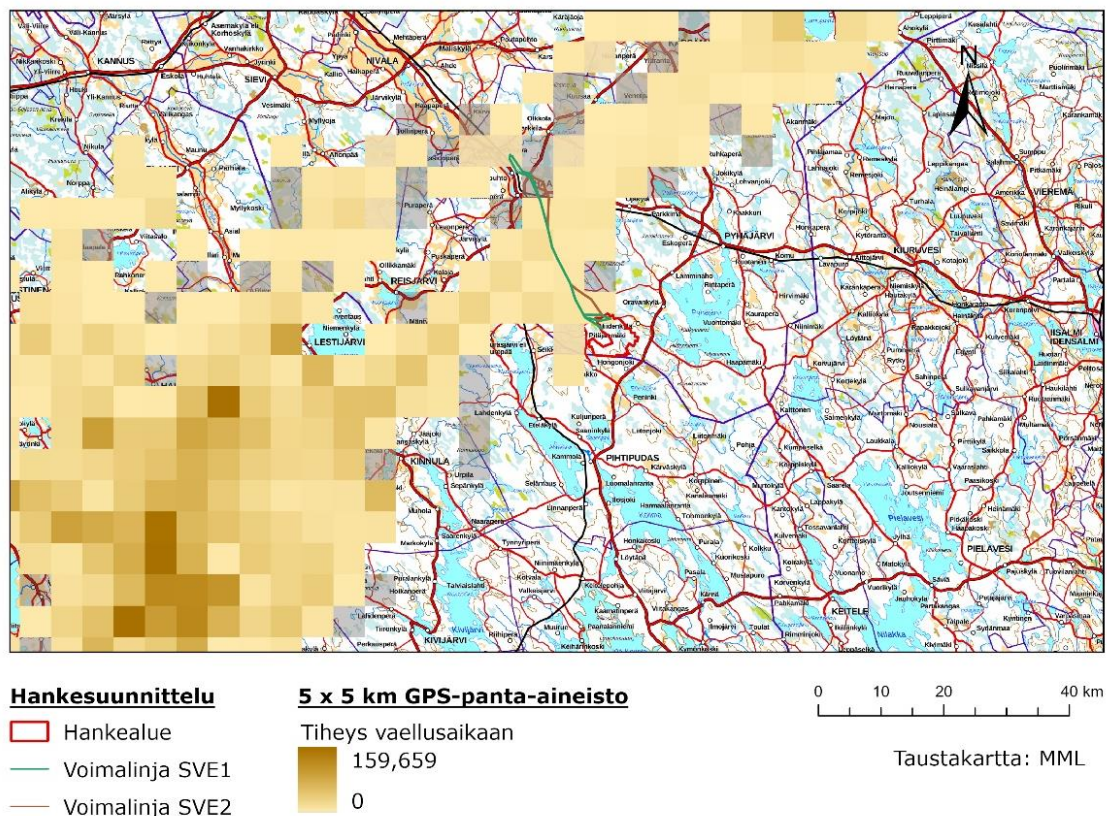
Vaellusaikaan tiheysindeksi hankealueella vaihtelee välillä 0–16,4. Tämän perusteella GPS-pannoitetut metsäpeuravaatimia on alueella joko pieniä määriä tai ne oleskelevat alueella korkeintaan lyhyitä aikoja. Sähkönsiirron reittivaihtoehtoilla tiheysindeksi jää alle 15, mikä tarkoittaa, että GPS-pannoitetut vaatimet eivät pääsääntöisesti viivy alueella pitkiä aikoja. Eniten vaellusajan paikannuksia on hankealueen pohjoisosissa.

Hankealueella ei ole talviaikaisia GPS-pannoitettujen metsäpeurojen paikannusruutuja. Lähimmät talviaikaiset pantahavaintojen paikannusruudut ovat yli kymmenen kilometrin etäisyydellä hankealueesta. Niillä tiheysindeksi on matala (<2) ja sähkönsiirtolinjojen SVE1 ja SVE2 alueelle sijoittuvilla ruuduilla vielä pienempi ($<0,5$). Vuosien 2008–2021 ja 2010–2021 panta-aineistoja vertailemalla vaikuttaa kuitenkin siltä, että metsäpeurat ovat hyödyntäneet sähkönsiirtolinjojen aluetta talvilaitumena vuosina 2008–2010, mutta sittemmin paikannukset sijoittuvat lähimmilläänkin yli 30 kilometrin etäisyydelle hankealueesta (Kuva 4-5).

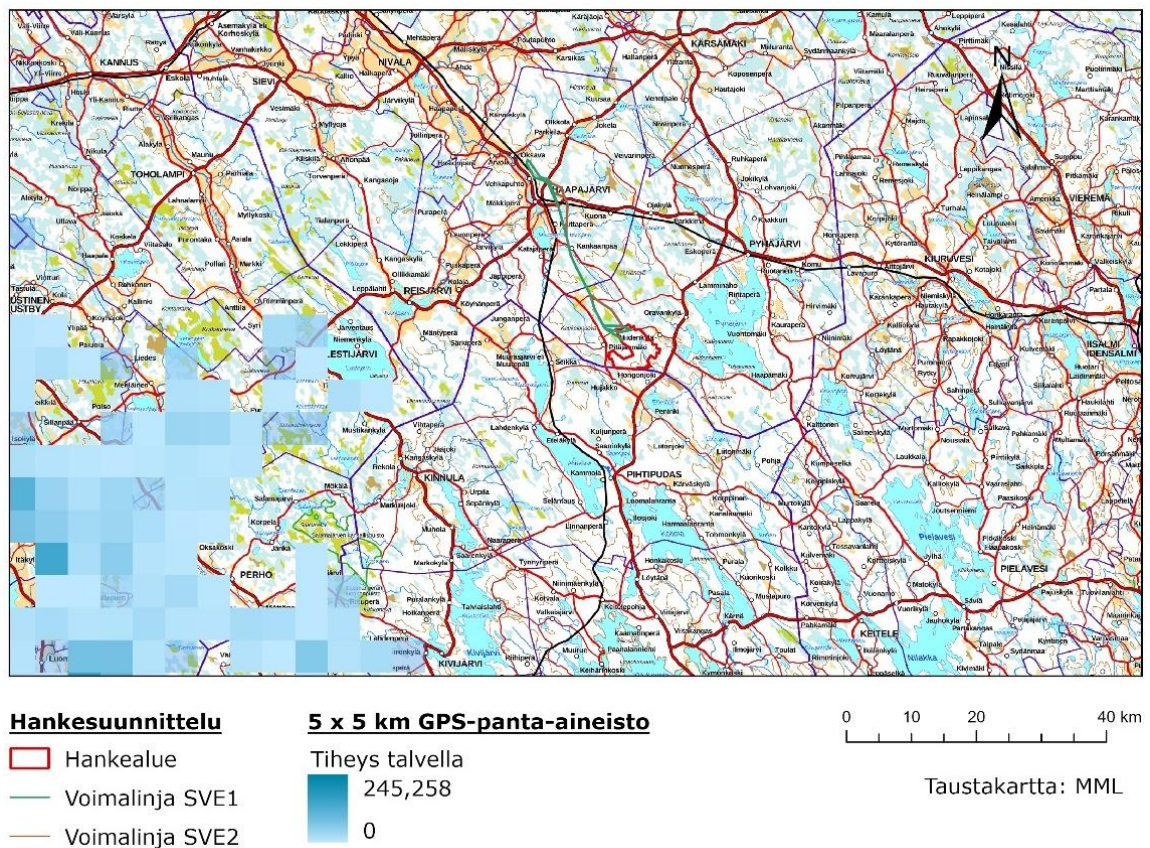
Panta-aineiston perusteella Hallakallion hankealue sijaitsee GPS-pannoitettujen metsäpeuravaadinten kesälaidunalueiden reuna-alueella, eikä se sijoitu merkittäville vaellusreiteille kesä- ja talvilaidunten välillä. Sähkönsiirron SVE1 ja SVE2 kuitenkin sijoittuvat pannoitettujen metsäpeurojen vaellusaikaisille reiteille.



Kuva 4-3. Luonnonvarakeskuksen GPS-pannoitettujen metsäpeuravaadinten kesäaikainen paikannustiheysaineisto vuosilta 2010-2021 5 x 5 km ruudukkona (Paasivaara 2022).



Kuva 4-4. Luonnonvarakeskuksen GPS-pannoitettujen metsäpeuravaadinten vaellusaikainen paikannustiheysaineisto vuosilta 2010-2021 5 x 5 km ruudukkona (Paasivaara 2022).



Kuva 4-5. Luonnonvarakeskuksen GPS-pannoitettujen metsäpeuravaadinten talviaikainen paikannusti-heysaineisto vuosilta 2010–2021 5 x 5 km ruudukkona (Paasivaara 2022).

4.3 Maastonselvitys

Maastonselvityksissä havaittiin mahdollisia tai varmistettuja (havaitun jäljen muoto, ulosteet) metsäpeuran polkuja lähes kaikilta tarkastelluilta avosoilta. Havaitut potentiaaliset metsäpeuran luomat tai hyödyntämät polut on esitetty yksinkertaistetusti janoina alla olevilla kartoilla, jossa jälkivanojen perusteella arvioidut, merkittävämmät kulkureitit on lisäksi merkitty vihertävällä polYGONilla. Runsaaimin polkuja havaittiin laajoilla rimpisillä suoalueilla (mm. Iso-Karsikkoneva sekä Suurisuo) ja vähiten selvitysalueen pienempialaisilla ja kuivemmillä soilla. Jälkien määrään arvioitiin vaikuttavan elinympäristön soveltuvuuden lisäksi jälkien heikompi havaittavuus kuivilla suopinoilta.

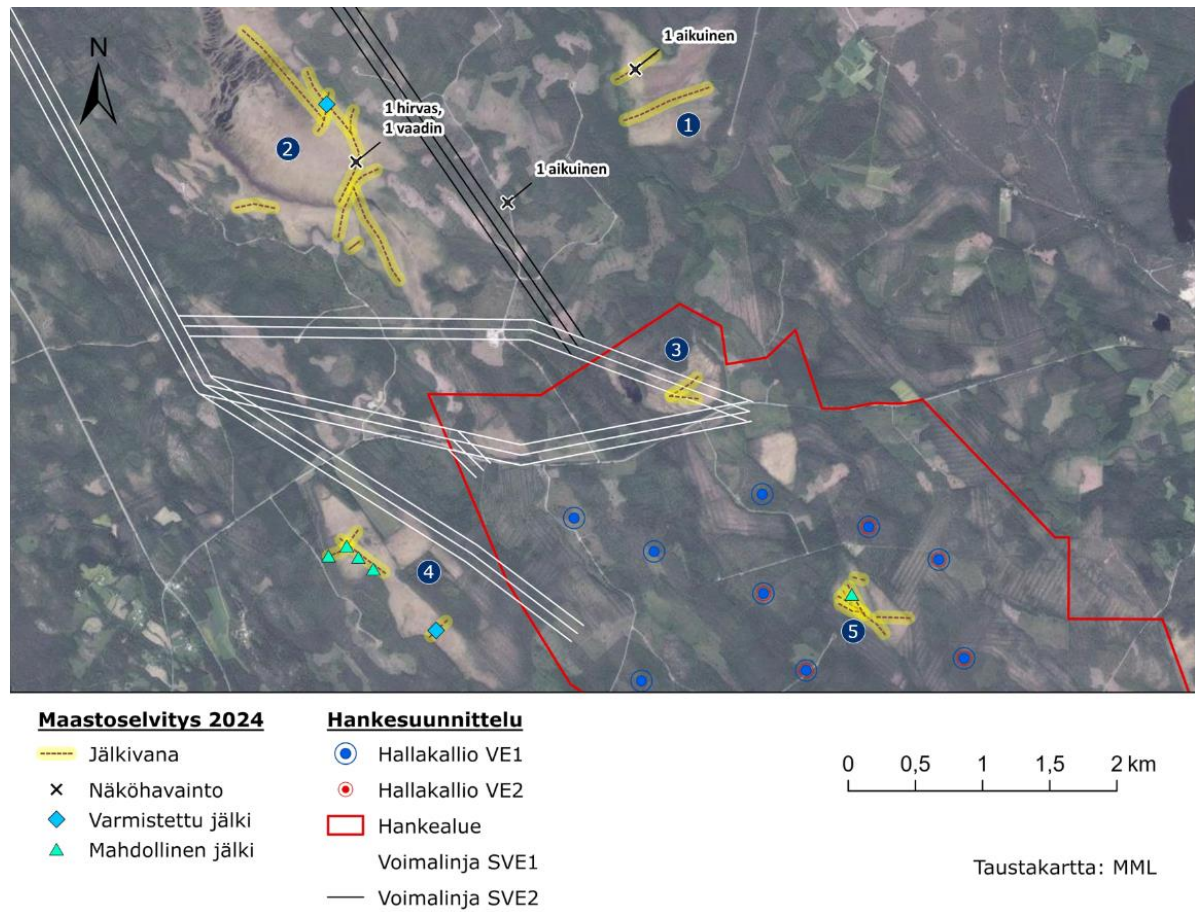
Kesäkuun selvityskierroksella havaittiin droonin avulla metsäpeurahirvas Jokinevalla (nro 1, Kuva 4-6) hankealueen pohjoispuolella. Hirvas lepäili suolla eikä reagoanut yläpuolella, noin 30 m korkeudella leijuvaan drooniin (Kuva 4-8). Myöhemmin saman päivän aikana hirvas havaittiin käyskentelemässä Jokinevalla. Jokinevalla havaittiin muutamia jälkivanoja suon poikki. Metsäpeurojen arvioidaan havaintojen perusteella käyttävän aluetta ainakin kesälaidunalueena sekä kesäaikaisena kulkureittinä.

Heinäkuun selvityskierroksella Iso-Karsikkonevan Natura-alueella (nro 2, Kuva 4-6) havaittiin suon reunalta käsin metsäpeurahirvas ja vaadin, jotka juoksivat yhdessä suon poikki havainnoitsijan edestä (raportin kansikuvassa). Laajan avosuon reunamilla ja sen poikki havaittiin kulkevan runsaasti hirvieläinten kulkureittejä, joista osan arvioitiin olevan metsäpeurojen muodostamia tai hyödyntämiä (Kuva 4-7). Lisäksi elokuun selvityskierroksella havaittiin aikuinen metsäpeura metsäautotiellä, Iso-Karsikkonevan ja Jokinevan välisellä tiellä (Kuva 4-8).

Hankealueen pohjoisrajalla sijaitsevilla Järvinevalla (nro 3, Kuva 4-6) havaittiin muutama jälkivana, joiden tulkittiin droonikuvien perusteella olevan mahdollisesti metsäpeuran jättämiä. Alue on kuitenkin pienialainen eikä vaikuta maastohavaintojen perusteella erityisen merkittävältä kesälaidunalueelta.

Hoikkanevalla, hankealueen länsipuolella (nro 4, Kuva 4-6) havaittiin melko runsaasti hirvieläinten jälkivanoja, joista osan tunnistettiin kuuluvan metsäpeuralle (Kuva 4-9). Kosteilla ja saraisilla suon reunaosilla jälkiä ei saatu määritettyä varmuudella, mutta koon ja runsauden perusteella valtaosan arvioitiin kuuluvan todennäköisesti metsäpeuroille. Myös hirven jälkiä havaittiin suon reunamilla.

Hankealueen pohjoisosissa sijaitsevalla Mämykummunnevilla havaittiin melko runsaasti jälkiä suon märillä reunoilla, raatteiden kasvustojen ympärillä (nro 5, Kuva 4-6). Valtaosan jäljistä arvioitiin kuuluvan hirville, mutta mahdollisia metsäpeuran jälkiä esiintyi hirven jälkien seassa, raatekasvustojen läheisyydessä (Kuva 4-9). Suolla havaittiin esiintyvän myös veripunakämmekkää (Vaarantunut VU, Hyvärinen ym. 2019).



Kuva 4-6. Hankealueen pohjoispuolen metsäpeurahavainnot.



Kuva 4-7. Iso-Karsikkonevan avosuota ja hirvieläinten jälkivanoja.



Kuva 4-8. Metsäpeurahirvas ja kulkureitti Jokinevalla (vas.). Aikuinen metsäpeura tiellä Iso-Karsikkonevan itäpuolella (oik.).

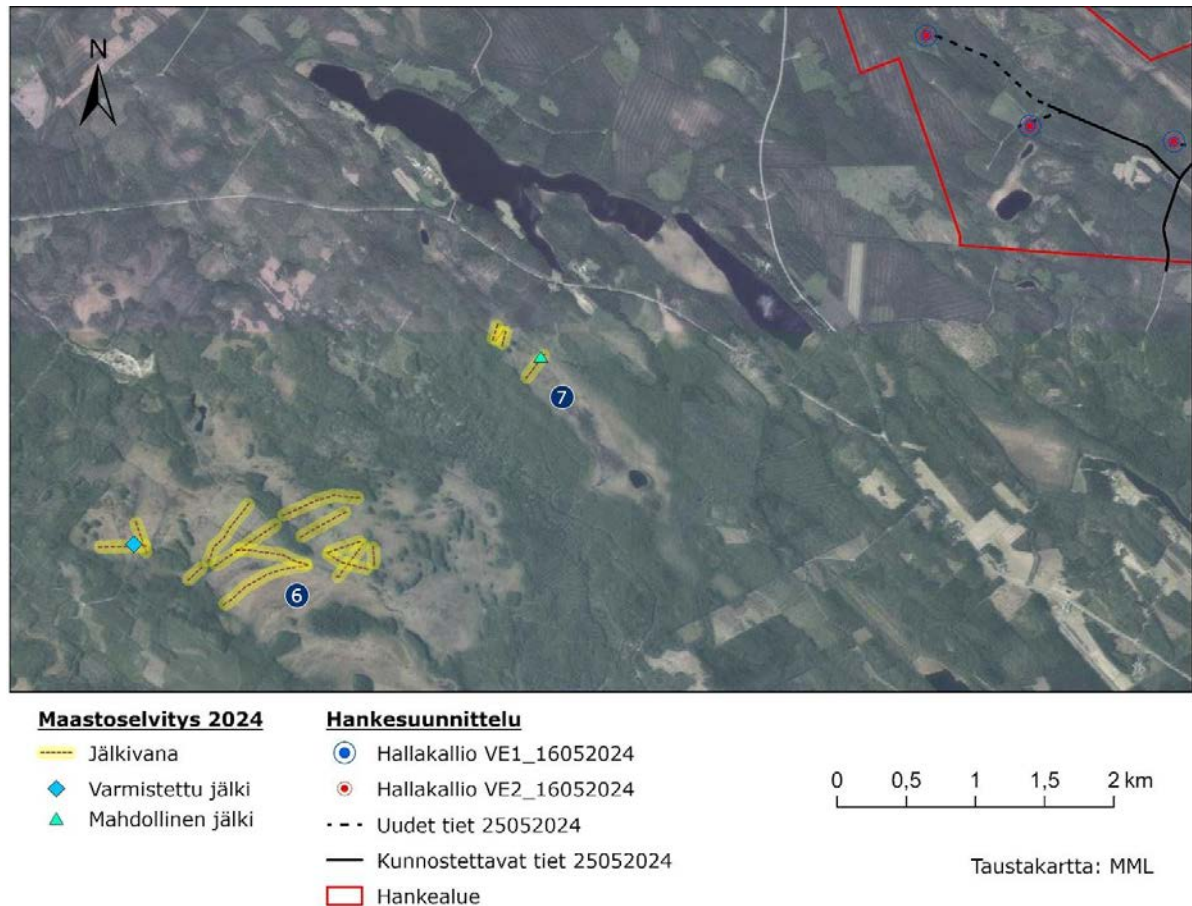


Kuva 4-9. Metsäpeuran jälki Hoikkanevalla (vas.). Mahdollinen metsäpeuran jälkivana Mämmykumminnevilla (oik.).

Suurisuon Natura-alueella havaittiin useampia jälkivanoja suon luoteis- ja keskiosissa, johon maastaselvitys painottui (nro 6, Kuva 4-10). Osa jäljistä tunnistettiin maastossa todennäköisesti metsäpeuran jättämiksi (Kuva 4-11). Laaja-alainen Suurisuon soveltuu metsäsaarekkeineen hyvin metsäpeuran vasomis- ja vasanhoitoympäristöksi. Etäisyys lähimmästä voimalasta suon reunaosiin on noin 4 km.

Paanasennevalla, Suurisuon koillispuolella (nro 7, Kuva 4-10). havaittiin muutamia jälkivanoja suon poikki. Jälkien tulkittiin mahdollisesti kuuluvan metsäpeuralle.

Muilla selvitettyillä alueilla (Kuva 3-2) ei tehty havaintoja metsäpeuroista, eikä niiden arvioitu soveltuvan erityisen hyvin lajin vasomis- tai vasanhoitoalueiksi tai merkittäviksi ruokailuympäristöiksi. Hankkeen metsästäjäkyselyssä (Ramboll Finland Oy 2024) esiin nostetulla, hankealueen kaakkoispuolella sijaitsevalla Iso-Jylkyn alueella ei tehty havaintoja metsäpeurasta, mutta alueen tiheä varpukasvillisuus rajoitti jälkien havainnointia. Hirven jälkiä havaittiin kohtuullisen runsaasti kosteiden painanteiden ja ojanvarsien kohdilla. Alueen ympäristö on melko tiheäkasvuista, ojitettua turvekangasta (Kuva 4-12), ja vasallisten metsäpeuravaadinten elinympäristön soveltuvuuden ennustekartan (Luonnonvarakeskus 2024) perusteella osa Iso-Jylkyn alueesta soveltuu hyvin elinympäristöksi (Kuva 4-1).



Kuva 4-10. Hankealueen lounaispuolen metsäpeurahavainnot Suurisuon ympäristöstä (6) ja Paanasennevalta (7).



Kuva 4-11. Metsäpeuran jälki Suurisuolla (vas.). Suurisuon jälkivanoja sekä vasomisympäristöiksi potentiaalisesti soveltuvia metsäsaarekkeita (oik.).



Kuva 4-12. Iso-Jylkyn ojitettua turvekangasta.

4.4 Epävarmuustekijät

Metsäpeura on erityisesti vasomisaikaan arka laji, joten metsäpeurojen havaitseminen on kesällä vaikeampaa. Muuhun aikaan näköhavaintojen tekeminen on helpompaa. Kesällä tehty vähäisetkin näköhavainnot voivat näin ollen myös kuvata metsäpeurojen runsasta määrää alueella. Maastoselvitys tehtiin vasanhoitoajan mukaisesti oikea-aikaisesti kesä-elokuussa, kattavilta potentiaalisimmilta selvitysalueilta sekä riittävin selvityspäivin, mikä parantaa mahdollisuutta havaintojen tekoon. Laajoilta metsäisiltä alueilta havaintojen tekeminen on kuitenkin haastavaa ja epätodennäköistä ilman pitkäaikaisseurantaa esimerkiksi riistakameroiden avulla. Jälkihavaintoja voidaan tehdä mihin tahansa aikaan vuodesta vain, mutta niiden havaitsemisen helppous vaihtelee vuodenajan ja maaston mukaan. Havainnoinnin epävarmuutta pyrittiin vähentämään toistamalla selvitys kahdesti, varaamalla selvityksiin riittävästi aikaa sekä tarkastelemalla kartta- sekä ilmakuvaineistoa kattavasti, potentiaalisimpien alueiden tunnistamiseksi.

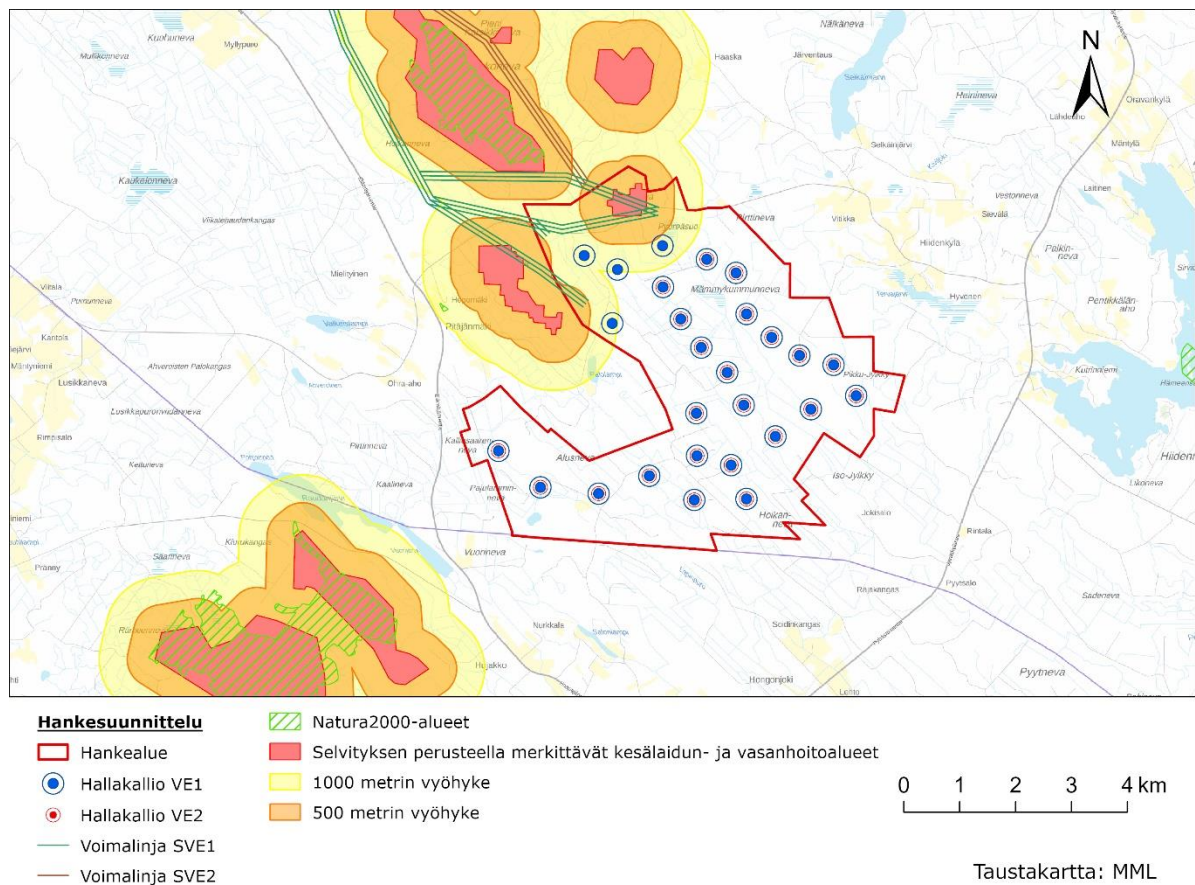
Ortokuvatarkastelun ja droonikuvausten havainnot perustuvat melko etäältä otettuihin kuviin ja/tai videoihin, minkä seurauksena yksittäisiä eläinten jälkiä ei ole ollut pääosin havaittavissa. Näin ollen tarkkaa lajimääritystä ei pystytäkään tekemään. Myös hirvet liikkuvat soilla ja ruokailevat rimpipinnoilla, minkä seurauksena osa soilla ilma- ja droonikuvissa näkyvistä poluista on todennäköisesti hirven. Hirvellen on tyypillistä kulkea soiden yli ruokaillen alueen metsissä. Yksittäisiä polkuja on muodostunut myös todennäköisesti muun lajiston, kuten suurpetojen kulkiessa soiden läpi. Karhun jäljet ovat kuitenkin tarkemmista kuvista sekä jälkien maastotarkastuksissa erotettavissa. Soilla ruokailee ja pesii myös lintuja, esimerkiksi kurkia ja joutsenia, joiden liikkeistä voi muodostua uria etenkin rimpipinnoille. Selvityksessä oletetaan eläinten käyttäytymiseen perustuen avosoilla havaittujen polkujen olevan kuitenkin todennäköisesti ainakin osittain metsäpeurojen kulkemisesta muodostuneita, mikäli niiltä on maastoselvityksessä todettu metsäpeurojen jälkiä. Epävarmuuksien vuoksi polut eivät kuitenkaan vaikuttaneet selvityksen lopputulokseen merkittävällä tavalla, vaan ne tukevat muita tehtyjä havaintoja.

Polut erottuvat märimmiltä rimpipinnoilta pääosin heikosti ja monissa paikoin ne eivät ole erotettavissa, minkä seurauksena rimpipintojen kulku-urista on todennäköisesti tunnistettu vain osa, ja alueilta on voinut kulkea selvästi runsaammin metsäpeuroja tai liikkunut aktiivisemmin yksilöitä, kuin tunnistettujen polkujen perusteella on arvioitu. Ortokuvatarkastelluissa soissa on runsaasti kohteita, joilla on tiheään vaihtelevia väli- ja mätäspintoja, joilta polkujen erottaminen suoraan rakenteesta on erittäin haastavaa, ja kyseisiltä alueilta on erittäin todennäköisesti jäänyt havaitsematta metsäpeuran polkuja.

5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Selvityskokonaisuuden perusteella Hallakallion hankealue ja sähkönsiirtoreitit sijoittuvat metsäpeuran levinneisyysalueelle, osittain lajin kesäelinympäristöön ja vaellusreiteille. Hankealueella on selvityksessä käytettyjen aineistojen perusteella pienialaisesti merkittäviä vasonta- ja vasanhoito-alueita, mutta kyseiset alueet sijoittuvat yli kilometrin etäisyydelle VE2 mukaisista voimalapaikoista (Kuva 5-1). Hankealue sijaitsee GPS-pannoitettujen metsäpeuravaadinten kesälaidunalueiden reuna-alueella, eikä se sijoitu merkittäville vaellusreiteille kesä- ja talvilaidunten välillä. Sähkönsiirtoreitit SVE1 ja SVE2 kulkevat osin potentiaalisesti merkittävässä kesälaidun- ja vasanhoitoympäristössä, mutta pääosin laidun- ja vasanhoitoalueiden ulkopuolella. Metsäpeuran laidunkieron ja GPS-pannoitettujen metsäpeurojen paikannustiheyksien perusteella hankealueella tai millään sähkönsiirtoreitillä ei ole merkittäviä talvilaitumia.

Metsäpeurat käyttävät hankealuetta ympäröiviä laajoja suoalueita maastohavaintojen perusteella ainakin ruokailu- ja liikkumisympäristöinä ja GPS-panta-aineiston sekä Luonnonvarakeskuksen ennustekartan perusteella osin myös vasonta-alueina. Erityisesti Iso-Karsikkoneva ja Suurisuo vaikuttavat tärkeiltä alueilta metsäpeurojen elinympäristön ja kulkureittien kannalta, ja soveltuvat erittäin hyvin myös vasomis- ja vasanhoitoalueiksi. Pienemmillä ja kuivemmillä soilla viitteitä metsäpeurojen liikkeistä havaittiin selvityksissä vähemmän. Sekä GPS-pannoitettujen metsäpeurojen paikannustiheysruutujen, että maastohavaintojen perusteella metsäpeurat käyttävät Iso Karsikkonevan Natura2000-aluetta ympäristöineen sekä kesällä että siirtymäaikoina keväällä ja syksyllä. Iso Karsikkonevan Natura2000-alue ja sen pienemmät lähisuot ovat myös Luonnonvarakeskuksen ennustekartan perusteella kauttaaltaan metsäpeuravaatimille erittäin hyvin (>0.7) soveltuvaa vasonta- ja vasanhoitoympäristöä.



Kuva 5-1. Selvityksen tulokset GPS-panta-aineiston, Luonnonvarakeskuksen ennustekartan ja maastohavaintojen perusteella.

6. LÄHTEET

Eftestøl, S., Tsegaye, D., Flydal, K., & Colman, J. E. (2023). Effects of wind power development on reindeer: Global positioning system monitoring and herders' experience. *Rangeland Ecology & Management*, 87, 55-68.

Colman, J. E., Eftestøl, S., Tsegaye, D., Flydal, K., & Mysterud, A. (2013). Summer distribution of semi-domesticated reindeer relative to a new wind-power plant. *European journal of wildlife research*, 59, 359-370.

Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim.). (2019). Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 704 s

Kunttu, P. & Tolvanen, P. (2023). Metsäpeuran ekologia – katsaus ravintoon, elinympäristöihin ja metsätalouden vaikutuksiin. WWF Suomen artikkeli MetsäpeuraLIFE-hankkeessa. 12 s.

Luontodirektiivi 92/43/ETY.

Luonnonvarakeskus (2023). GPS-pannoilla merkittyjen metsäpeurojen paikkatietoaineistot. Saatavilla: <http://tun.fi/HR.4852>

Luonnonvarakeskus (2024). Suomenselän metsäpeurakanta vakaa. Seurantajulkistus, 24.3.2024.

Luonnonvarakeskus (17.5.2024). Asia: Maastopyöräreitien vaikutuksesta metsäpeuran vasomisen onnistumiseen. Lausunto. 1678/00 04 05/2024

Maa- ja metsätalousministeriö (2023). Suomen metsäpeurakannan hoitosuunnitelma – Kannanhoidon tausta. Maa- ja metsätalousministeriö. VN/11658/2023. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki.

Maa- ja metsätalousministeriö (2023). Metsäpeurakannan hoitosuunnitelma Suomen metsäpeurakannan hoidon ja suojelun toimenpiteet ja tavoitteet. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisu 2023:21.

Niemi, M. & Rautiainen, M. (2018). Metsäpeuran perimän turvaaminen Pohjois-Pohjanmaalla. Metsähallituksen eräpalvelut.

Niemi, M., Rautiainen, M., Kilpeläinen P. ja Turtinen, E. (2021). Metsäpeuran rotupuhtaus työ ja sen kehittäminen 2017–2019. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 234.

Paasivaara, A. (2022). Seasonal (summer, winter and migration seasons separately) GPS-remote sensing data for collared Wild Forest Reindeer in Suomenselkä population. Natural Resources Institute Finland. <https://doi.org/10.23729/507b9134-bde5-4212-8bf1-8759e44920b0>

Paasivaara, A. (2024). Vasallisten metsäpeuravaadinten elinympäristöjen ennustekartta. Natural Resources Institute Finland. <https://doi.org/10.23729/2a696617-76ba-461c-bb08-4f15bb84b185>

Pohjois-Pohjanmaan liitto (2024). Natura 2000-verkostoon kohdistuvien riskien tunnistaminen. Pihlaja, M. & Pihlaja T., Latvasilmu osk. Pohjois-Pohjanmaan energia- ja ilmastovaihemaa-kuntakaava. 6/2024.

Puoskari, V. (2017). Metsäpeuran (Rangifer tarandus fennicus) vasontapaikkojen valinta Kainuun populaatiossa. Pro Gradu -tutkielma. Oulun Yliopisto. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:oulu-201703021304>.

Ramboll Finland Oy. (2024). Hallakallion Metsästysseurakyselyt. Metsästysseuroille, Metsähalituksen lupametsästäjille ja hirviseurueille laadittu kysely.

Rautiainen, M. (2009). Maasto- ja helikopterilaskenta metsäpeurakannan ikä- ja sukupuolijaikuman seurannassa – menetelmävertailu. Maisterin tutkielma. Helsingin yliopisto.

Skarin, A., & Alam, M. (2017). Reindeer habitat use in relation to two small wind farms, during preconstruction, construction, and operation. *Ecology and evolution*, 7(11), 3870–3882. <https://doi.org/10.1002/ece3.2941>

Skarin, A., Sandtröm, P. ja Alam, M. (2018). Out of sight of wind turbines—Reindeer response to wind farms in operation. *Ecology and Evolution*, Volume 18, 9906–9919.

Suomen Lajitietokeskus. (2023). Aineistopyyntö. Ladattu 12.1.2023. Linkki hakuun: <https://laji.fi/fi/observation/list?administrativeStatusId=MX.habitatsDirectiveAnnexII%2CMX.habitatsDirectiveAnnexIV%2CMX.habitatsDirectiveAnnexV%2CMX.primaryInterestInEU%2CMX.birdsDirectiveStatusAppendix1%2CMX.birdsDirectiveStatusAppendix2A%2CMX.birdsDirectiveStatusAppendix2B%2CMX.birdsDirectiveStatusAppendix3A%2CMX.birdsDirectiveStatusAppendix3B&redListStatusId=MX.iucnEN%2CMX.iucnVU%2CMX.iucnNT%2CMX.iucnCR&taxonAdminFiltersOperator=OR&collectionIdNot=HR.206%2CHR.3931%2CHR.434%2CHR.1747%2CHR.3071%2CHR.447%2CHR.39%2CHR.200&loadedSameOrBefore=2023-01-12&coordinates=63.446331%3A63.608794%3A25.442614%3A25.861235%3AWGS84%3A0.0>

Suomen Lajitietokeskus. (2024). GPS-pannoilla merkittyjen metsäpeurojen paikkatietoaineisto: kesä, talvi ja siirtymäreitit. Suomen Lajitietokeskus/FinBIF. <http://tun.fi/HR.5012>, <http://tun.fi/HR.5013>, <http://tun.fi/HR.5014> (haettu 1.11.2024).

Tolvanen, A., Routavaara, H., Jokikokko, M., ja Rana, P. (2023). How far are birds, bats, and terrestrial mammals displaced from onshore wind power development? – A systematic review. *Biological Conservation* 288, 110382

Liite 25b

Metsäpeuraselvityksen ja arvioinnin liite, Ramboll Finland Oy

Vastaanottaja
Eolus Energy Oy

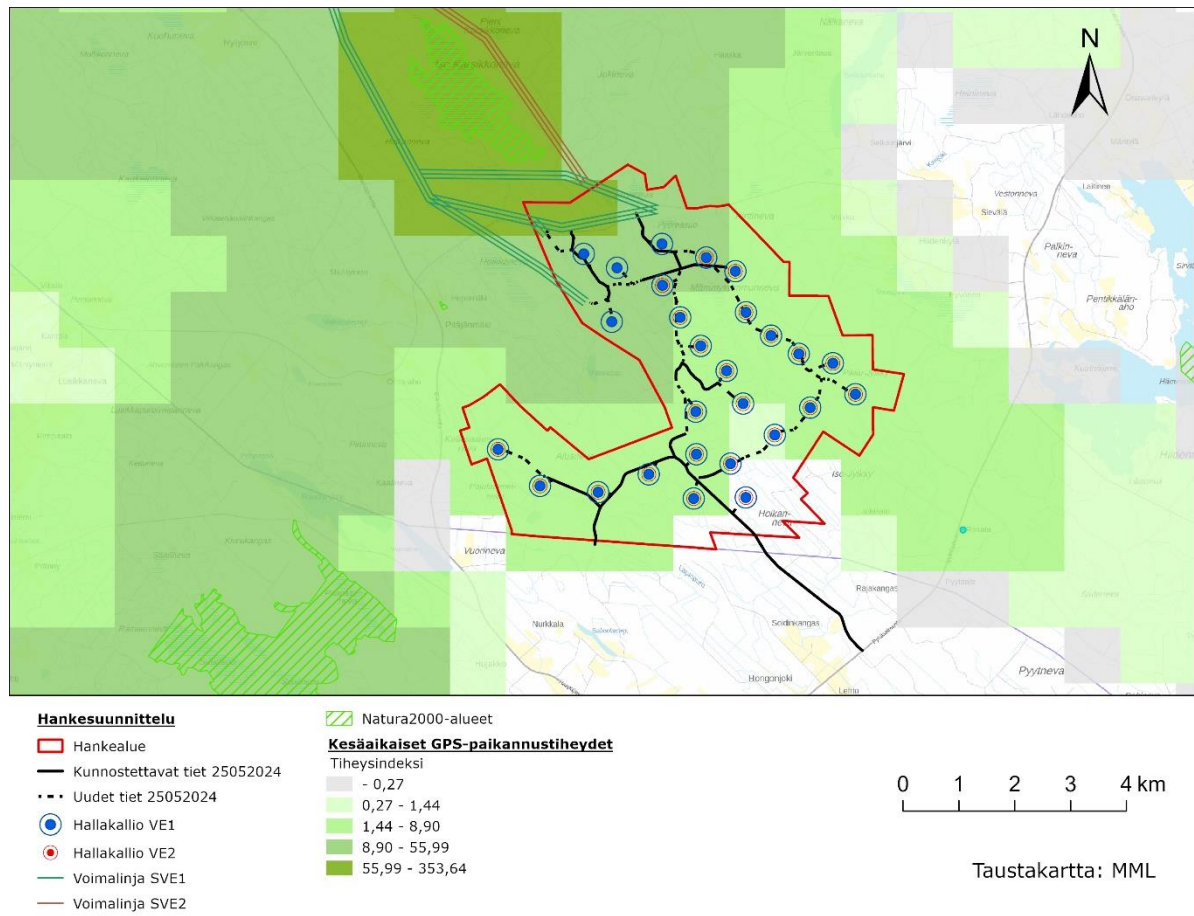
Asiakirjan tyyppi
Liiteraportti

Päivämäärä
29.11.2024

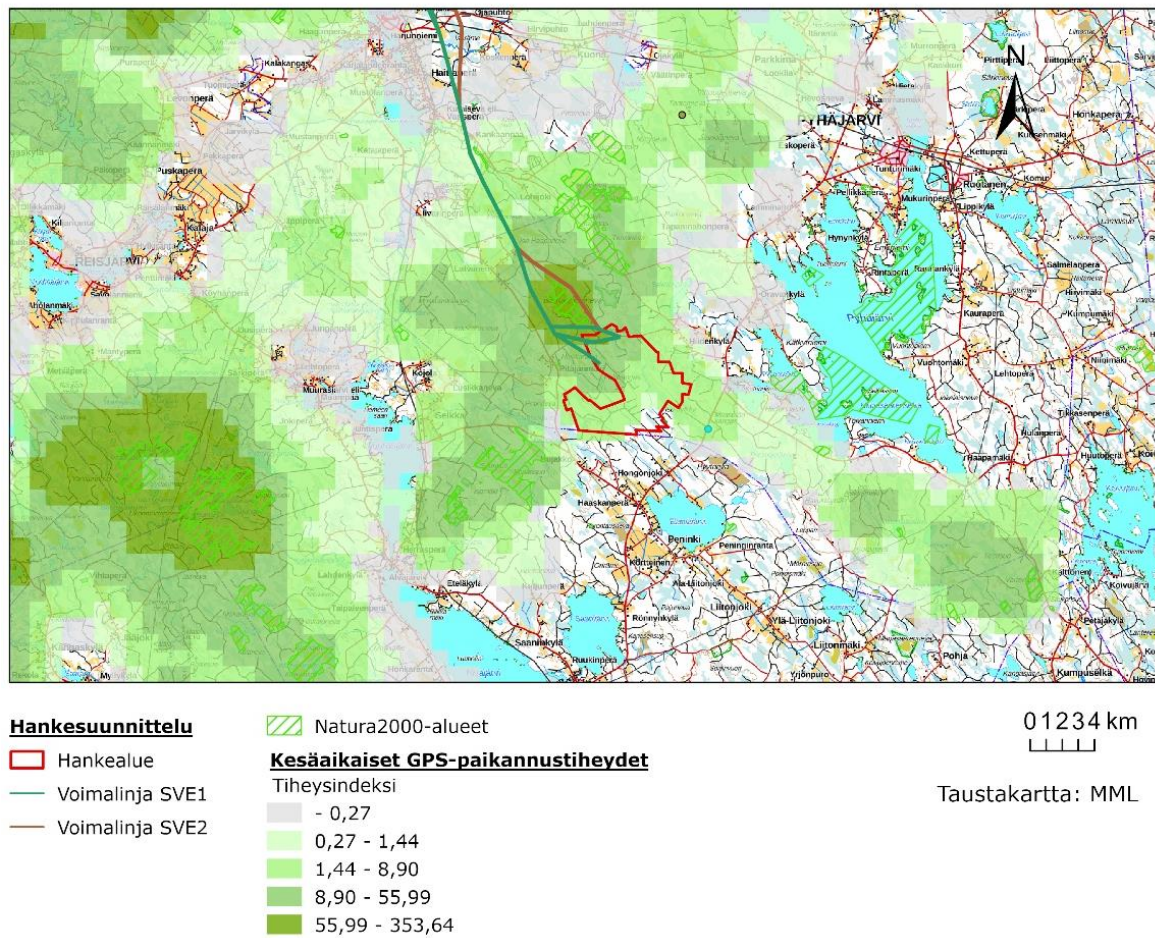
Viite
1510073931-005

HALLAKALLION METSÄPEURA-
SELVITYKSEN JA -ARVIOINNIN LIITE
LIITE 25B.

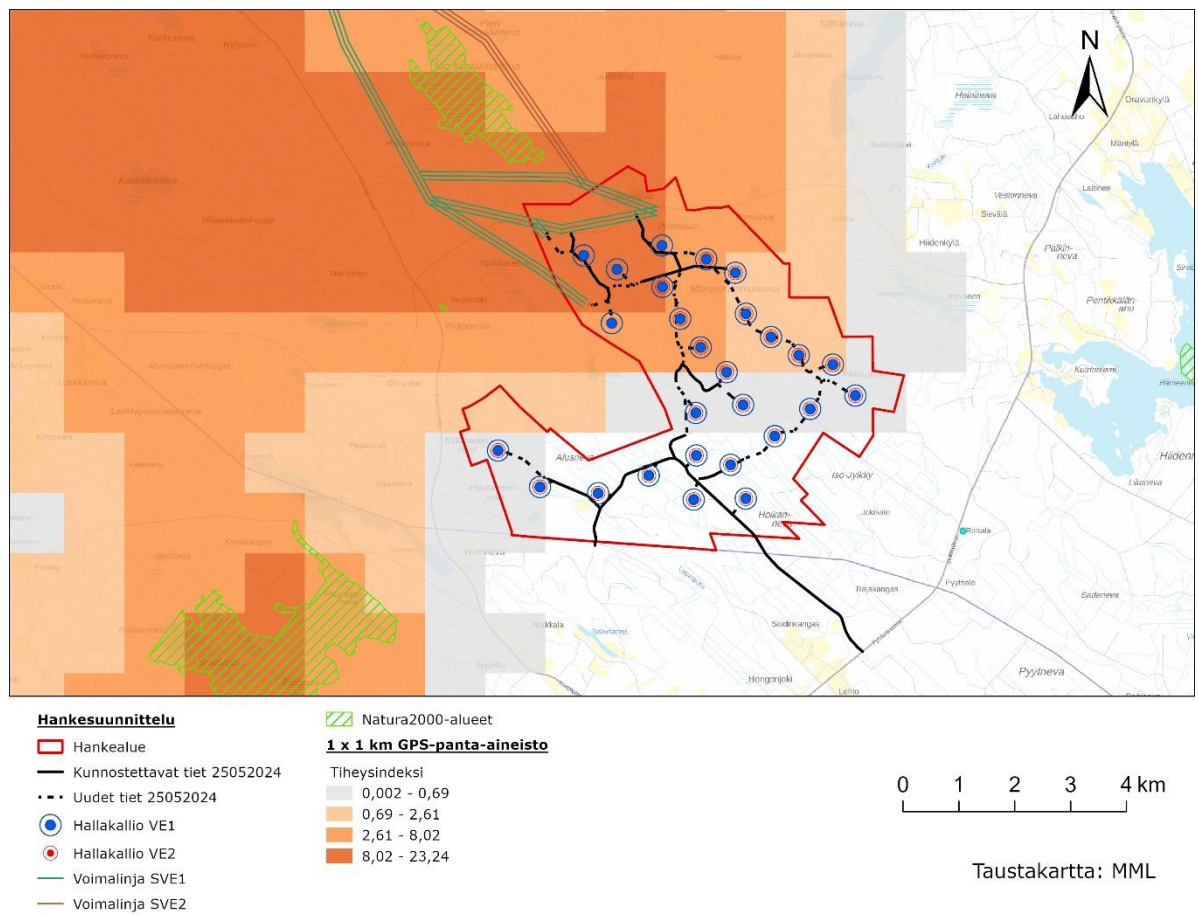
1. METSÄPEURASELVITYKSEN LIITEKARTAT



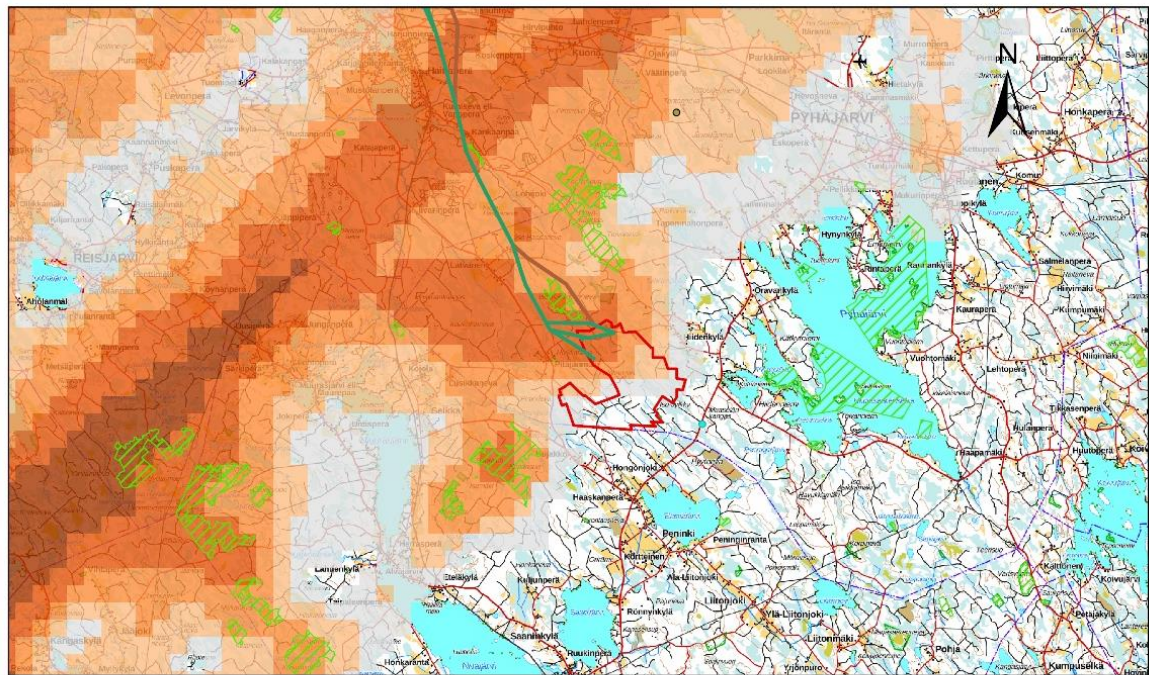
Kuva 1. Luonnonvarakeskuksen GPS-pannoitettujen metsäpeuravaadintien kesäaikainen paikannustiheysaineisto 1 x 1 km ruudukkona luokiteltuna geometrisella intervallilla (Lajitietokeskus 2024).



Kuva 2. Luonnonvarakeskuksen GPS-pannoitettujen metsäpeuravaadintien kesäaikainen paikannustiheysaineisto 1 x 1 km ruudukkona luokiteltuna geometrisella intervallilla (Lajitietokeskus 2024).



Kuva 3. Luonnonvarakeskuksen GPS-pannoitettujen metsäpeuravaadintien vaellusaikainen paikannustiheysaineisto 1 x 1 km ruudukkona luokiteltuna geometrisella intervallilla (Lajitietokeskus 2024).



Hankesuunnittelu

- ▬ Hankealue
- ▬ Voimalinja SVE1
- ▬ Voimalinja SVE2

▨ Natura2000-alueet

1 x 1 km GPS-panta-aineisto

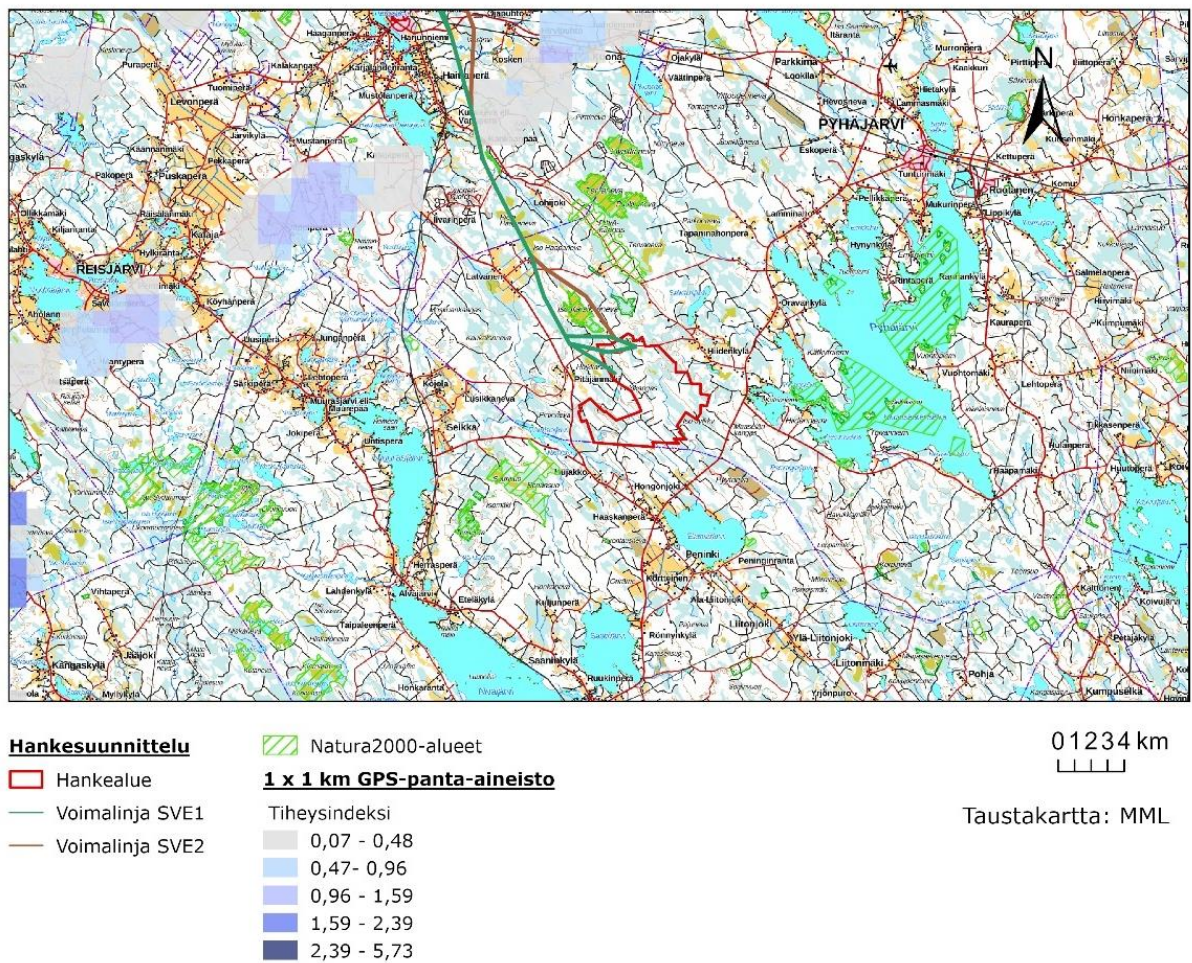
- Tiheysindeksi
- 0,002 - 0,69
 - 0,69 - 2,61
 - 2,61 - 8,02
 - 8,02 - 23,24
 - 23,24 - 66,06

0 1 2 3 4 km



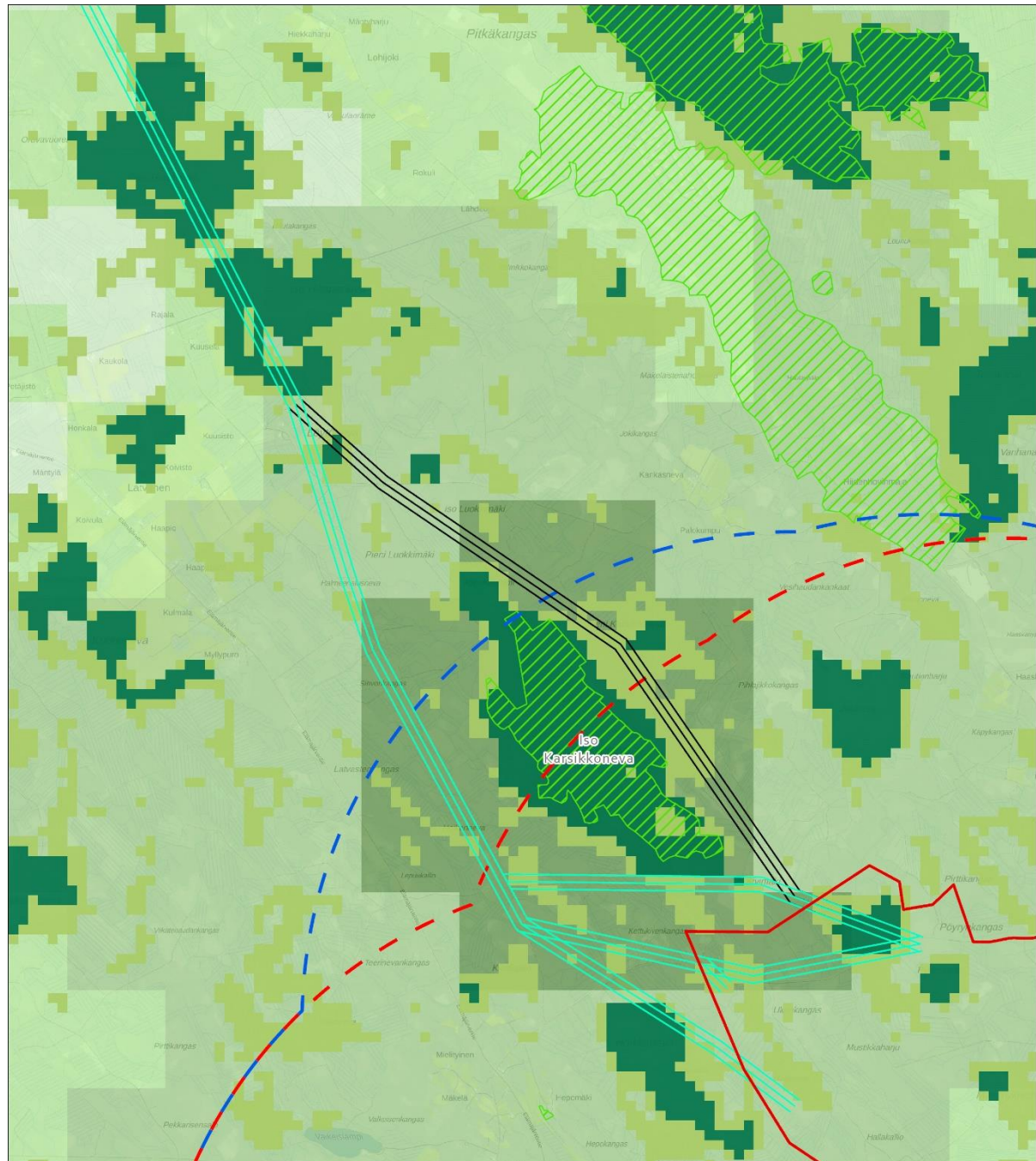
Taustakartta: MML

Kuva 4. Luonnonvarakeskuksen GPS-pannoitettujen metsäpeuravaadintien vaellusaikainen paikannustiheysaineisto 1 x 1 km ruudukkona luokiteltuna geometrisella intervallilla (Lajitietokeskus 2024).



Kuva 5. Luonnonvarakeskuksen GPS-pannoitettujen metsäpeuravaadintien talviaikainen paikannustiheysaineisto 1 x 1 km ruudukkona luokiteltuna geometrisella intervallilla (Lajitietokeskus 2024).

2. METSÄPEURA-ARVIOINNIN LIITEKARTAT



Hankesuunnittelu

- Hankealue
- Voimalinja SVE1
- Voimalinja SVE2
- └┐ Viiden kilometrin vyöhyke voimaloista VE1
- └┐ Viiden kilometrin vyöhyke voimaloista VE2

Kesäaikaiset GPS-paikannustiheydet

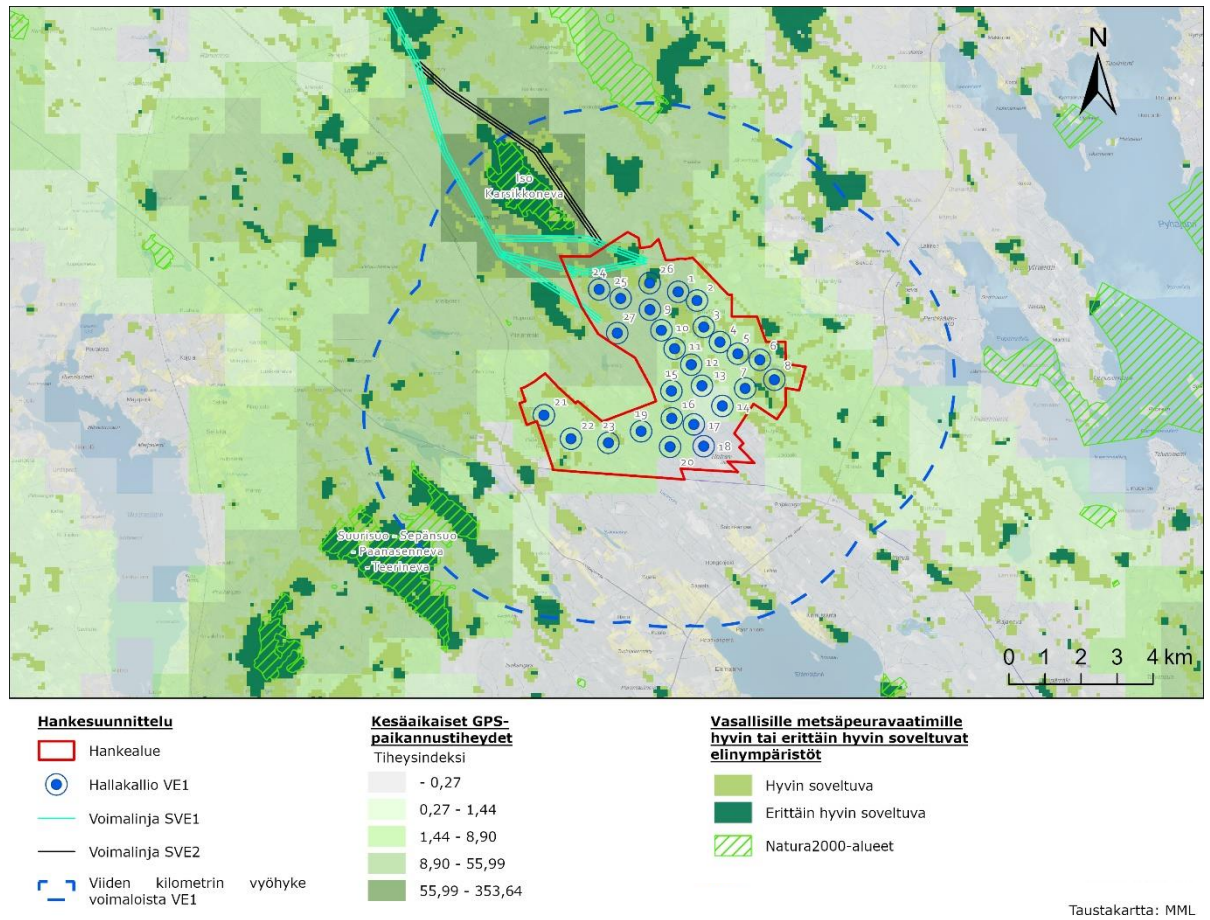
Tiheysindeksi

- 0,27 - 1,44
- 1,44 - 8,90
- 8,90 - 55,99
- 55,99 - 353,64

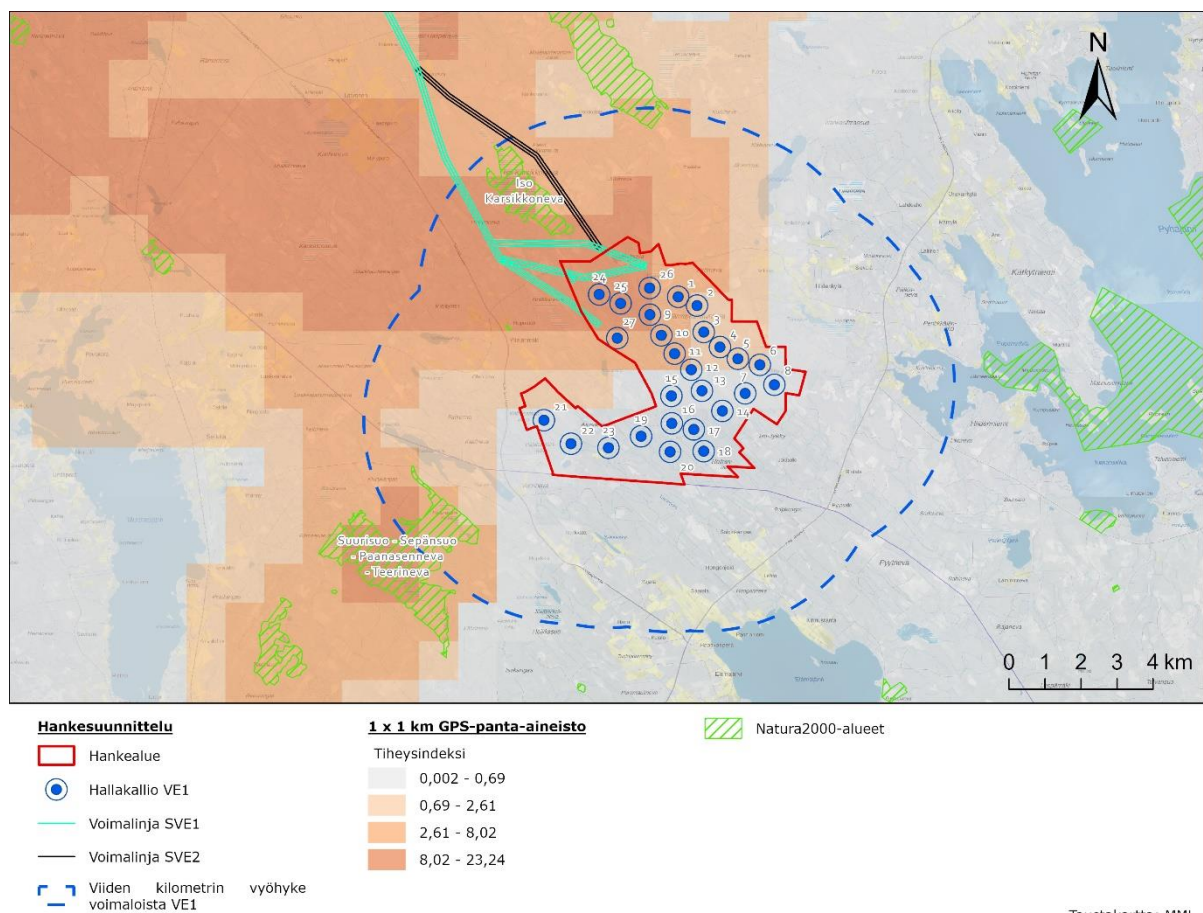
Hyvin tai erittäin hyvin soveltuvat elinympäristöt

- Hyvin soveltuva
- Erittäin hyvin soveltuva

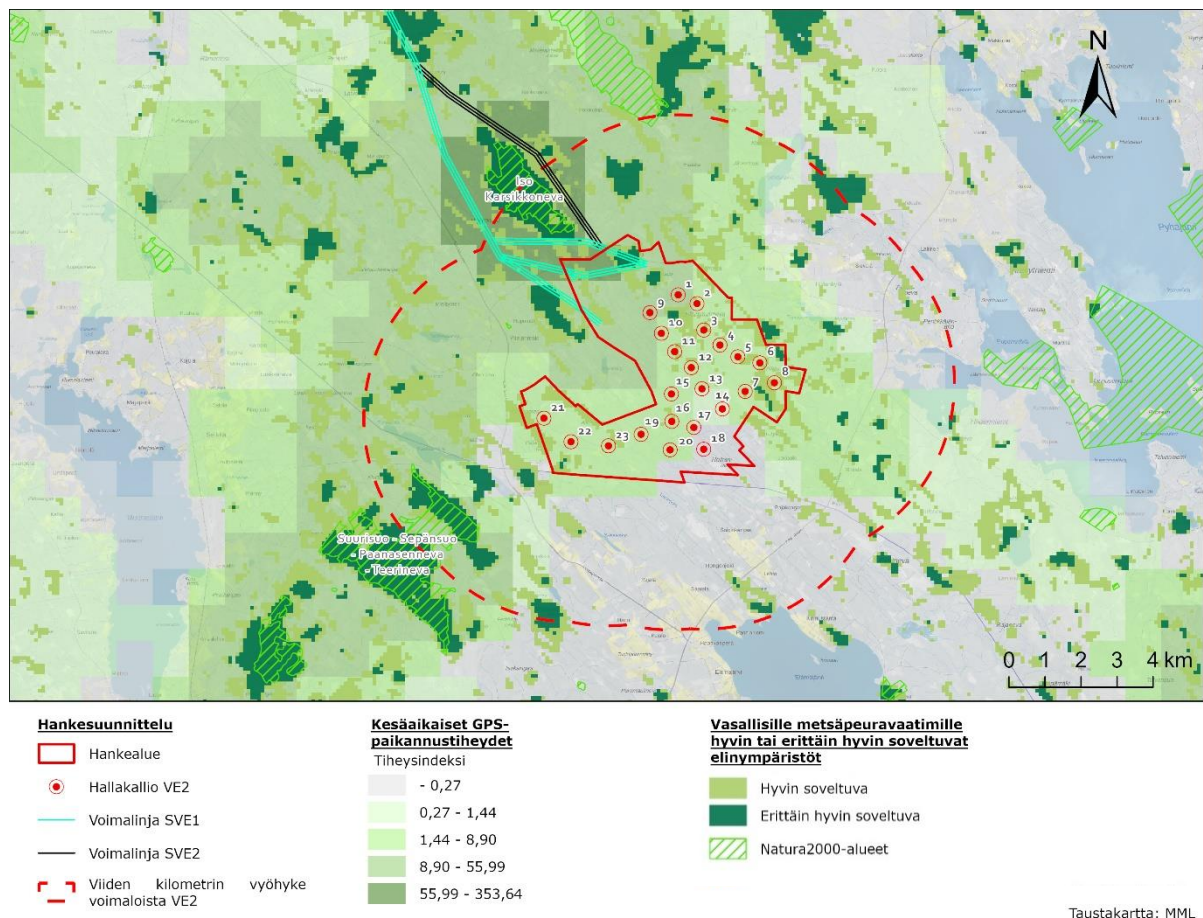
Kuva 1. Iso Karsikkonevan Natura2000-alue ympäristöineen hankealueen pohjoispuolella, GPS-panta-aineisto (Lajitietokeskus 2024) sekä Luonnonvarakeskuksen ennustekartta (Paasivaara 2024).



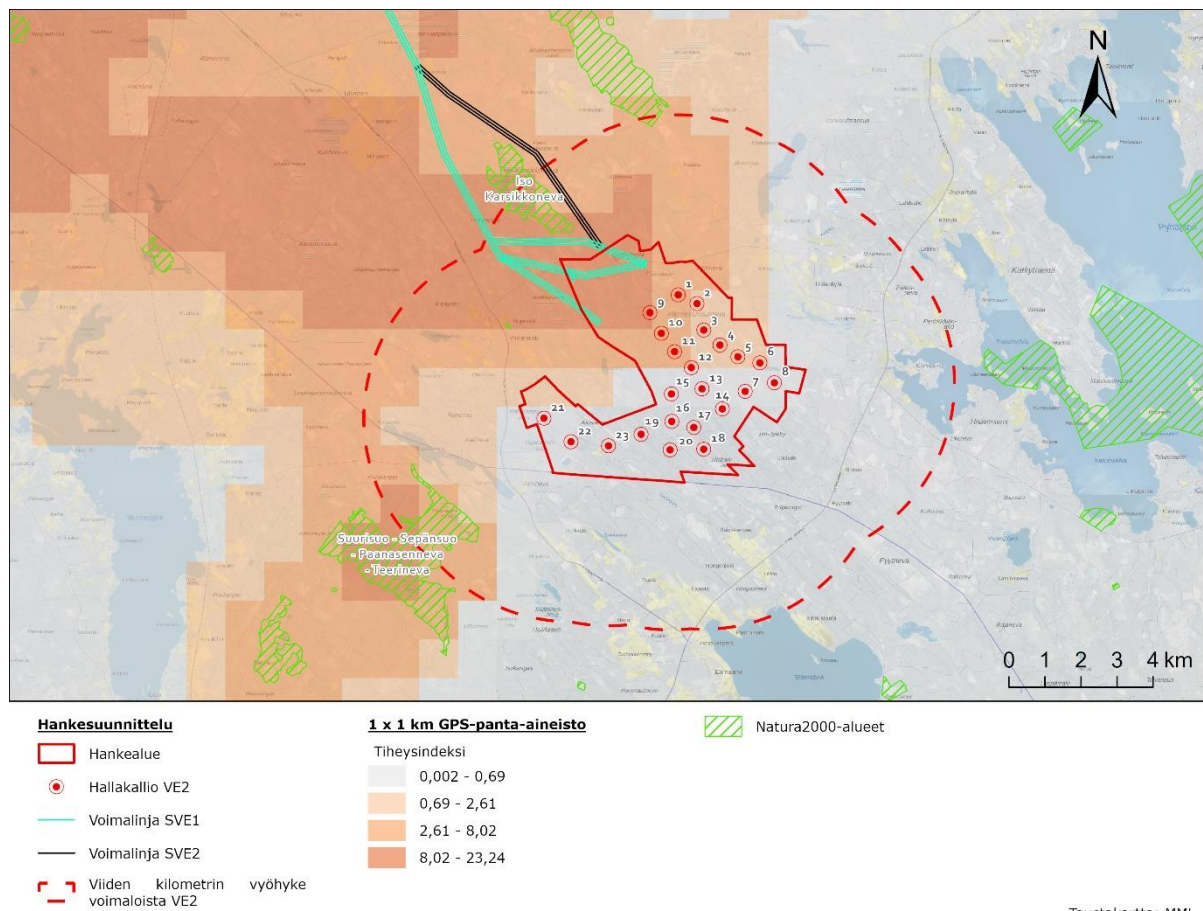
Kuva 2. Luonnonvarakeskuksen GPS-pannoitettujen vasallisten metsäpeuravaadinten 1 x 1 km paikannusruudut (Lajitietokeskus 2024), Luonnonvarakeskuksen elinympäristön soveltuvuuden ennustekartta (Paasivaara 2024), hankealue, sähkönsiirtoreitit ja VE1 mukaiset voimalapaikat.



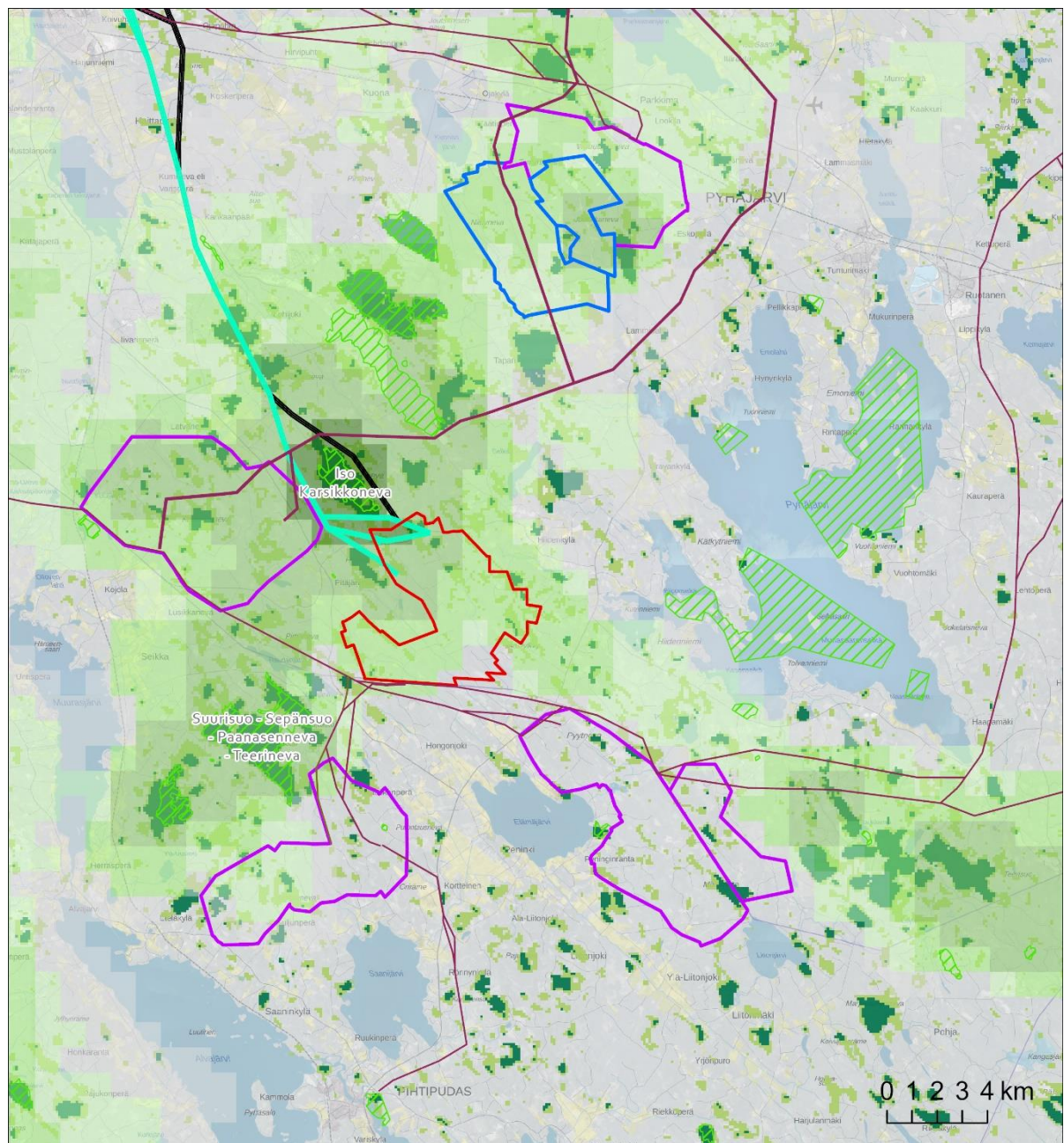
Kuva 3. Luonnonvarakeskuksen GPS-pannoitettujen vasallisten metsäpeuravaadinten 1 x 1 km vaellus-ajan paikannusruudut (Lajitietokeskus 2024), hankealue, sähkönsiirtoreitit ja VE1 mukaiset voimalapaikat.



Kuva 4. Luonnonvarakeskuksen GPS-pannoitettujen vasallisten metsäpeuravaadinten 1 x 1 km kesäajan paikannusruudut (Lajitietokeskus 2024), Luonnonvarakeskuksen elinympäristön soveltuvuuden ennustekartta (Paasivaara 2024), hankealue, sähkönsiirtoreitit ja VE2 mukaiset voimalapaikat.



Kuva 5. Luonnonvarakeskuksen GPS-pannoitettujen vasallisten metsäpeuravaadinten 1 x 1 km vaellus-ajan paikannusruudut (Lajitietokeskus 2024), hankealue, sähkönsiirtoreitit ja VE2 mukaiset voimalapaikat.



Taustakartta: MML

- Hankealue
- Voimalinja SVE1
- Voimalinja SVE2
- Hyväksytyt tuulivoimakaavat
- Vireillä olevat hankkeet
- Lähihankkeiden sähkönsiirtolinjat
- Natura2000-alueet

Kesäaikaiset GPS-paikannustiheydet

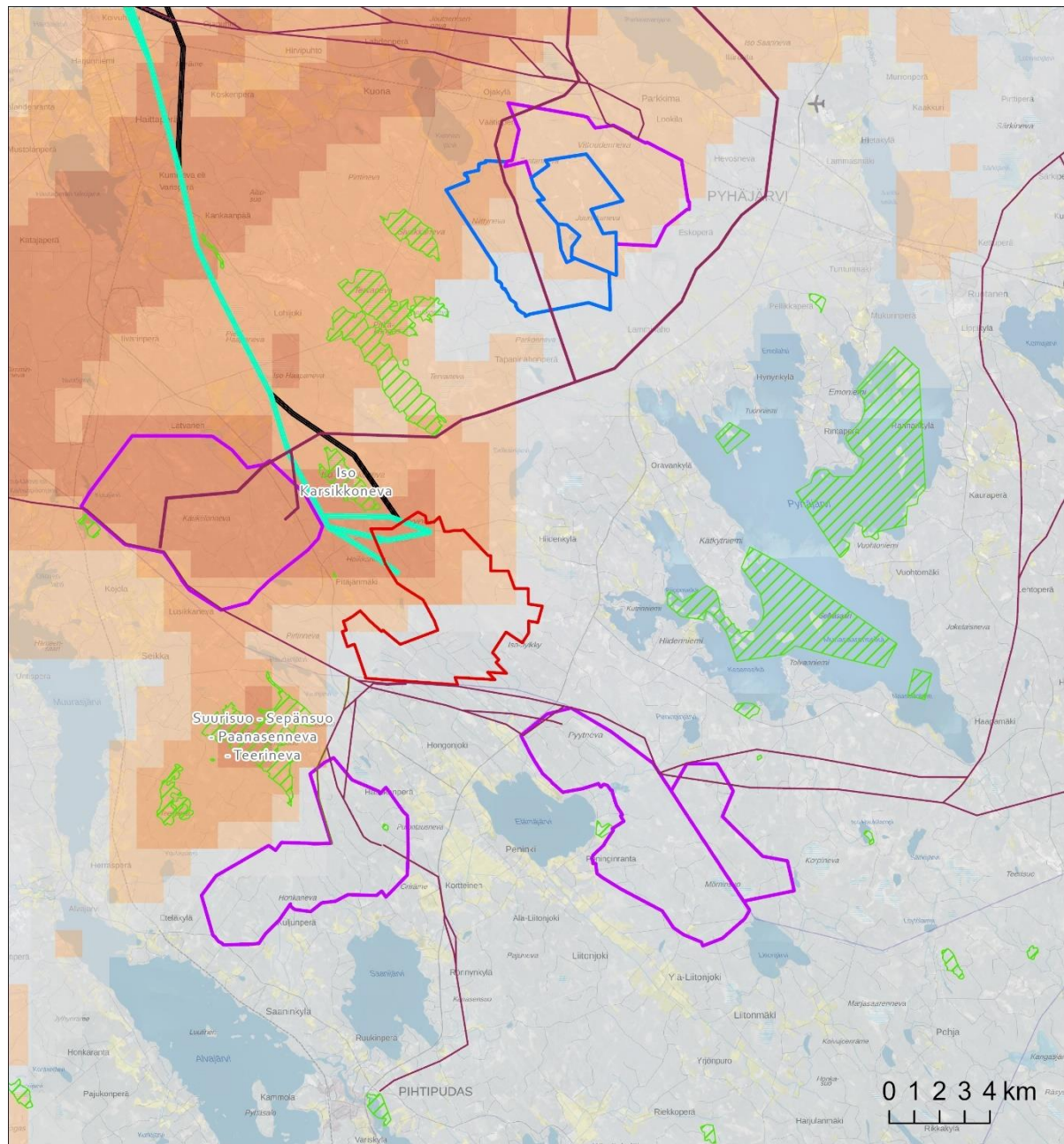
Tiheysindeksi

- 0,27
- 0,27 - 1,44
- 1,44 - 8,90
- 8,90 - 55,99
- 55,99 - 353,64

Hyvin tai erittäin hyvin soveltuvat elinympäristöt

- Erittäin hyvin soveltuva
- Hyvin soveltuva

Kuva 6. GPS-pannoitettujen metsäpeuravaadinten kesäajan paikannustiheydet 1x1km ruudukkona, lähi-alueen hankkeet sähkönsiirtolinjoineen sekä vasallisten metsäpeuravaadinten ennustekartta (Lajitietokeskus 2024, Paasivaara 2024).



- Hankealue
- Voimalinja SVE1
- Voimalinja SVE2
- Hyväksytyt tuulivoimakaavat
- Vireillä olevat hankkeet
- Lähihankkeiden sähkönsiirtolinjat
- Natura2000-alueet

1 x 1 km GPS-panta-aineisto

Tiheysindeksi

- 0,002 - 0,69
- 0,69 - 2,61
- 2,61 - 8,02
- 8,02 - 23,24

Kuva 7. GPS-pannoitettujen metsäpeuravaadinten vaellusajan paikannustiheydet 1x1km ruudukkona, lähialueen hankkeet (Lajitietokeskus 2024, Paasivaara 2024).