

SATELCOM OY

DI Leif Saarela



Esiselvitys

Television vastaanotto-olosuhteet Moskuankankaan alueella Pyhäjärvellä

8.9.2023

Selvitystyö

Pohjan Voima - Moskuankankaan Tuulipuisto Oy

SEINÄJOKI 2023

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO.....	2
2.	TELEVISIOLÄHETYSTEN RADIOTEKNIikka	3
2.2.	Radioaaltojen eteneminen.....	3
	Tuulivoimalan vaikutukset radiokanavan toimintaan.....	5
2.3.	Vastaanoton vaatimukset	6
	Standardit ja suositukset	6
	Vastaanottolaitteet	6
3.	VASTAANOTTO-OLOSUHTEET MOSKUANKANKAAN ALUEELLA.....	8
3.2.	Tuulivoimaloiden katvealue	8
3.3.	Vastaanotto-olosuhteiden selvittäminen ennen tuulivoimapuiston rakentamista.....	10
3.4.	Vastaanotto-olosuhteiden selvittäminen tuulivoimapuiston rakentamisen jälkeen..	10
4.	VASTAANOTTO-ONGELMIEN RATKAISUVAIHTOEHDOT	11
4.2.	Vastaanottoantennien uudelleen suuntaaminen tai parantaminen	11
4.3.	Mobiiverkkoliittymä.....	11
4.4.	Kuituliittymä.....	11
4.5.	Satelliittivastaanotto	11
4.6.	Alilähetin	12
5.	MOBIILIVERKON KATTAVUUS VOIMALA-ALUEELLA	14
6.	TOIMENPIDE-EHDOTUKSET	17
6.	Viitteet	18

1. JOHDANTO

Tämän selvitystyön tavoitteena on selvittää Pohjan Voima – Moskuankankaan Tuulipuisto Oy:n Pyhäjärven Moskuankankaan alueelle suunnitellun tuulivoimapuiston mahdollisesti aiheuttamat vaikutukset televisiovastaanottoon.

Työssä selvitetään alueen televisiovastaanotto-olosuhteet ennen tuulivoimapuiston rakentamista ja pyritään löytämään keinot tyydyttäville vastaanotto-olosuhteille tuulivoimapuiston rakentamisen jälkeen.

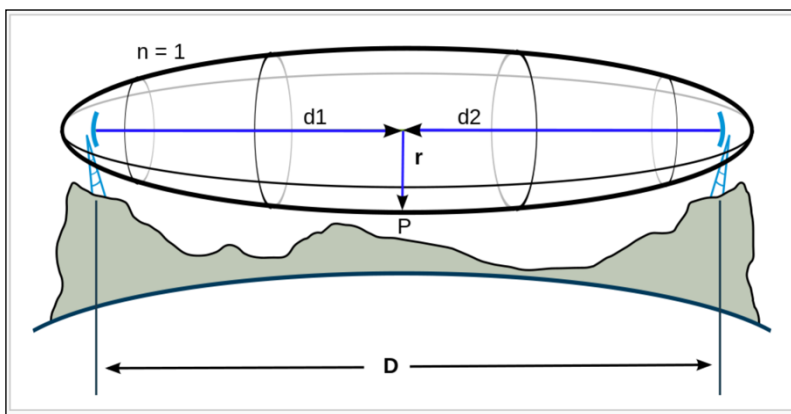
Työssä selvitetään myös mobiiliverkon kattavuutta voimala-alueella ja kattavuuden parantamista työmaa-ajalle ja voimaloiden käyttöajalle.



2. TELEVISIOLÄHETYSTEN RADIOTEKNIikka

2.2. Radioaaltojen eteneminen

Televisiojaketelussa käytetyt radioaallot etenevät suoraviivaisesti lähettimestä vastaanottimeen. Lähetetty signaali vaimenee taajuudesta ja etäisyydestä riippuen sekä lähettimen ja vastaanottimeen välisistä esteistä johtuen. Jotta lähettimen signaali voidaan vastaanottaa täydellisesti, on lähetys- ja vastaanottoantennin välissä oltava ns. Fresnelin 1. alue oltava esteistä vapaa (kuva 1).



Kuva 1. Fresnelin 1. vyöhyke.

Vaadittava alue voidaan laskea kaavalla

$$F_n = \sqrt{\frac{n \cdot \lambda \cdot d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}}$$

jossa

λ = aallonpituus [m]

D = etäisyys [m]

r = esteettömän alueen säde = $F_n / 2$ [m]

Esteettömästi etenevä signaali vaimenee kaavan

$$L \text{ [dB]} = 32,4 + 20 \log d \text{ [km]} + 20 \log f \text{ [MHz]}$$

mukaisesti.

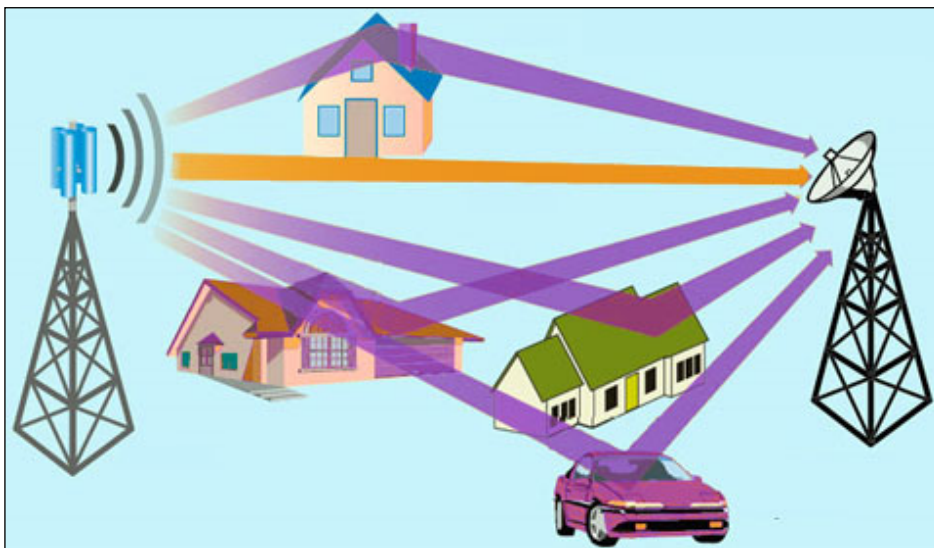
f = taajuus

d = etäisyys

Käytännössä ei täysin esteetöntä Fresnelin aluetta pystytä saavuttamaan, vaikka lähetysantennit pyritään sijoittamaan korkeisiin mastoihin ja vastaanottoantennit talojen katoille. Signaali vaimenee tällöin useita kymmeniä desibelejä enemmän. Nyrkkisääntönä on, että jos käytettävissä on puolet Fresnelin 1. alueesta, lisävaimennus on luokkaa 6 dB.

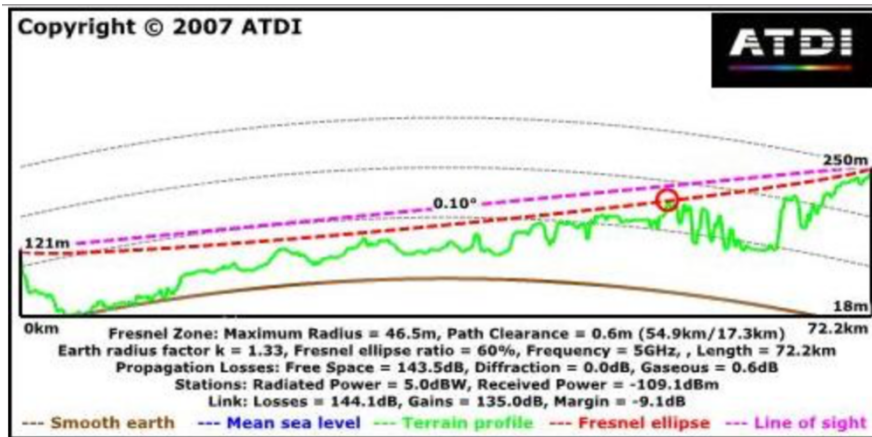
Signaali voi myös heijastua sopivista pinnoista esimerkiksi kuvan 2 mukaisesti. Analogisessa tv-signaalissa heijastumat aiheuttavat ns. varjokuvia, digitaalisessa DVB-T- ja DVB-T2-signaalissa heijastumat vahvistavat vastaanotettua signaalia, jos heijastumien kulku-aika on pienempi kuin ns. signaalin suojavaäli (GI, Guard Interval).

Kaupungeissa rakennukset aiheuttavat vahvistavia heijastumia, maaseudulla heijastumia esiintyy harvemmin.



Kuva 2. Heijastumien hyödyntäminen

Maaston profiili lähetys- ja vastaanottoantennin välissä voidaan todeta erilaisilla karttaohjelmatyökaluilla (esimerkkikuva 3). Ohjelmilla voidaan yleensä todeta myös Fresnelin alueen rajat.



Kuva 3. Maaston profiili ja Fresnelin 1. vyöhykkeen rajat [5]

Tuulivoimalan vaikutukset radiokanavan toimintaan

Jos lähetys- ja vastaanottoantennin väliselle Fresnelin alueelle rakennetaan esteitä, aiheuttavat esteet signaaliin vaimennusta niiden muodostaman tehollisen pinta-alan suhteessa Fresnelin alueen pinta-alaan. Yleensä tämä lisävaimennus on merkityksettömän pieni. Tuulivoimalan pyörivä siipi sen sijaan aiheuttaa heijastumia, jotka siiven liikkeestä johtuen siirtävät Doppler-ilmiön johdosta heijastuneen signaalin taajuutta. Tämä näkyy vastaanotossa häiriötason nousuna pienentäen vastaanotetun signaalin signaali-kohinaetäisyyttä ja heikentäen vastaanoton laatua.

Eduskunnan liikenne- ja viestintävaliokunta on mietinnössään HE 221/2013 [3] todennut, että tuulivoimahäiriössä häiriönaiheuttaja huolehtii tilanteen korjaamiseksi tarvittavista toimenpiteistä ja myös vastaa kustannuksista. Valiokunta on jo aiemmin katsonut, että tämän kaltaisen aiheuttaja vastaa -periaatteen tulisi olla yleisemminkin taajuuksien häiriöiden yhteydessä noudatettava lähtökohta.

2.3. Vastaanoton vaatimukset

Liikenne- ja viestintävirasto on määräyksessään määritellyt vaatimukset televisiolähetysten antennivastaanotolle. Satelliitti- ja antenniliitto SANT ry on puolestaan tehnyt suositukset pientalojen antennijärjestelmille.

Näiden määräysten ja suositusten mukaisesti rakennetuilla antennijärjestelmillä voidaan normaaleissa vastaanotto-olosuhteissa taata kuluttajien televisiovastaanottiin kohtuulaatuinen kuvanlaatu.

Standardit ja suositukset

Antenniverkon digitaaliset lähetykset perustuvat standardiin ETSI EN 300 744 V1.5.1. Standardissa määritellään mm. vastaanotolta vaadittavat signaali-kohinaetäisyydet.

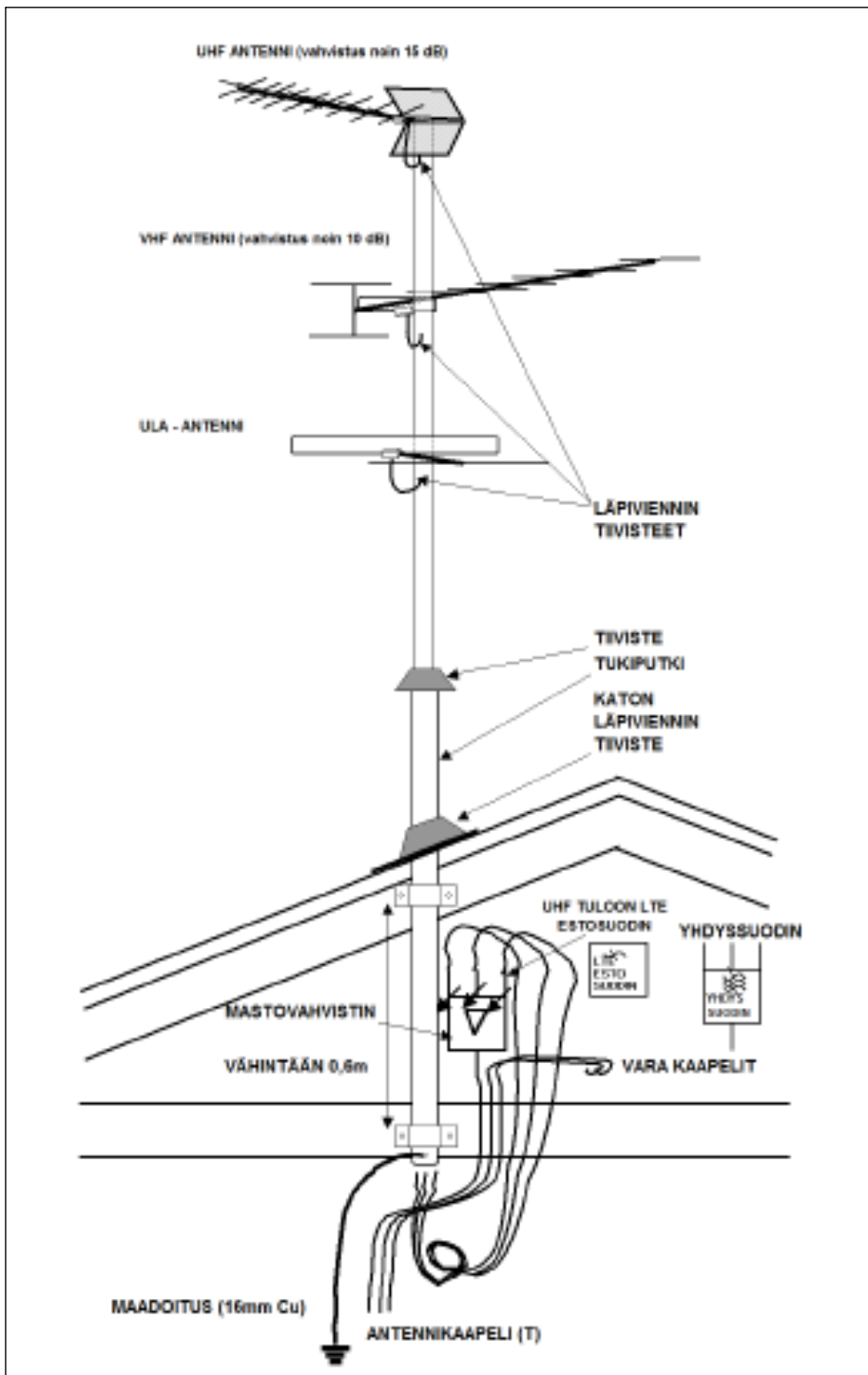
Liikenne- ja viestintäviraston määräys 65 määrittelee kiinteistön antenniverkon vaatimukset ja SANT ry:n suositus opastaa antenniverkon rakentamisessa.

Vastaanottolaitteet

Kuvassa 4 on esitetty esimerkkikuva pientalon antennilaitteista. Pääsääntö on, että jokaisella taajuusalueella (VHF, UHF, ULA) on oma erillinen antenni.

Usein pientaloissa käytetään yhdistelmäantenneja, joiden vahvistus ei heikoissa vastaanotto-olosuhteissa ole riittävä. Antennivahvistimia käytettäessä on muistettava, että ne vahvistavat sekä varsinaista signaalia että kohinaa yhtä paljon.

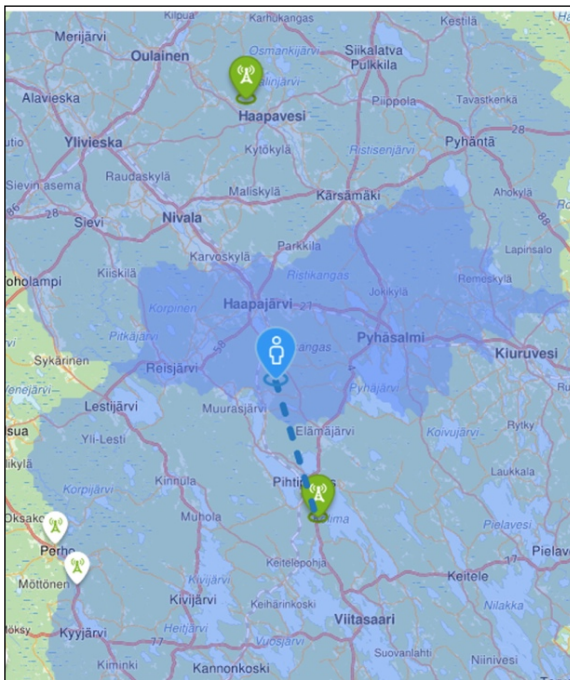
Antennista saatavan signaalin tasoa voidaan lisätä kerrostamalla useita samanlaisia antenneja yhteen. Kahden antennin liittäminen lisää signaalin tasoa noin 2,5 dB ja neljän antennin ryhmä noin 5 dB. Kohina ja häiriö ei tällöin lisäänty.



Kuva 4. Pientalon antenniverkko [1]

3. VASTAANOTTO-OLOSUHTEET MOSKUANKANKAAN ALUEELLA

Moskuankankaan alueella on ilmassa lähetettäviä televisio-ohjelmia lähettämässä Digitan Pih-tiputaan ja Haapaveden lähetyksasemat. Pih-tiputaan lähetyksasema sijaitsee noin 35 km ja Haapaveden lähetin noin 65 km etäisyydellä tuulivoimala-alueesta (kuva 5).

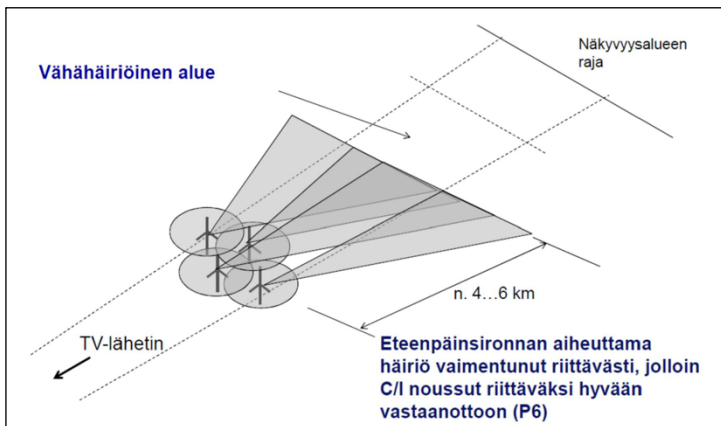


Kuva 5. Aluetta palvelevat Digitan lähetyksasemat [4].

3.2. Tuulivoimaloiden katvealue

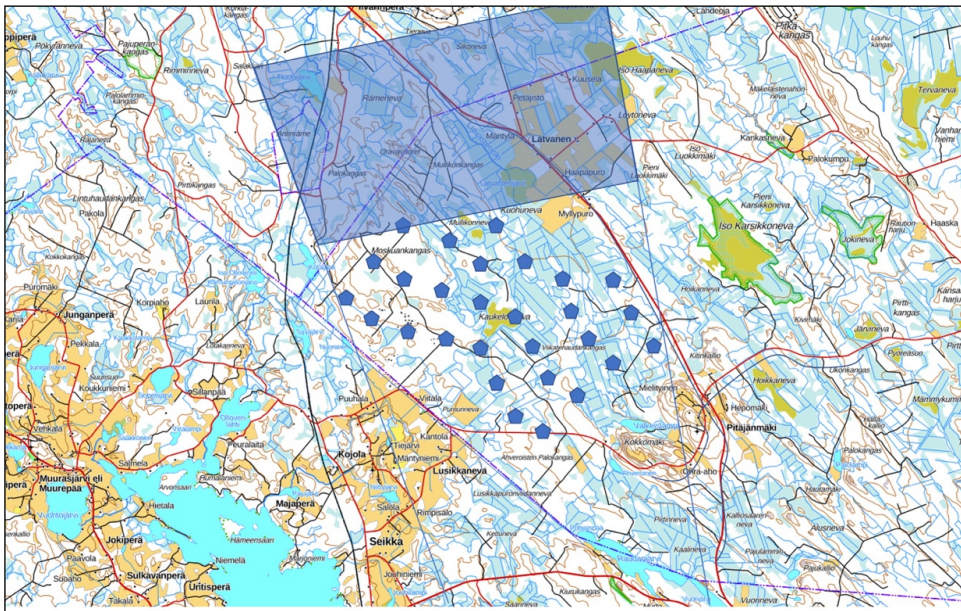
VTT on tutkimusraportissaan VTT-R-00332-15 25.1.2015 [2] selvittänyt tuulivoimaloiden vaikutusta matkaviestin- ja TV-verkkoihin.

Raportissa todetaan tuulivoimaloiden aiheuttavan tuulivoimaloiden takana häiriöalueen, joka on noin 4...6 km tuulivoimalasta ja jossa tuulivoimalan liikkuvat siivet aiheuttavat häiriötason nousun (kuva 6).



Kuva 6. Tuulivoimaloiden aiheuttama häiriöalue [2].

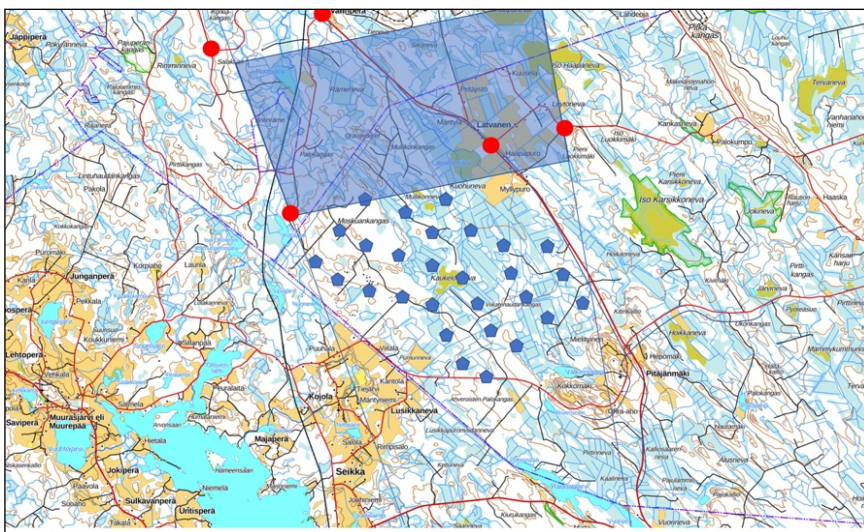
Moskuankankaan tuulivoimaloiden vaikutusalueella Pihtiputaan lähettimen suuntaan on parikymmentä vakituksessa käytössä olevaa asuinrakennusta (kuva 7). Vapaa-ajanasuntoja on muutama. Kyseinen alue sijaitsee sekä Pihtiputaan että Haapajärven lähettimien peittoalueella.



Kuva 7. Tuulivoimaloiden aiheuttama katvealue Digitan Pihtiputaan lähettimelle.

3.3. Vastaanotto-olosuhteiden selvittäminen ennen tuulivoimapuiston rakentamista

Ennen tuulivoimapuiston rakentamista on alueella syytä tehdä kartoitus nykyisistä vastaanotto-olosuhteista mittauksin, jossa riittävän monesta pisteestä tuulivoimalan takana on mitataan 10 m mittauskorkeudesta signaalin taso (L, dBuV) ja laatu (MER, dB). Ehdotetut mittauspisteet on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Tuulivoimapuiston takana ehdotetut televisiosignaalin mittauspisteet.

3.4. Vastaanotto-olosuhteiden selvittäminen tuulivoimapuiston rakentamisen jälkeen

Välittömästi ensimmäisten voimaloiden käyttöönoton jälkeen on niiden takana olevista mittauspisteissä mitattava signaalin laatu voimaloiden vaikutuksen toteamiseksi.

Jo näiden ensimmäisten mittauksen perusteella voidaan tehdä johtopäätökset tuulivoimapuiston vaikutuksesta alueen televisiovastaanottoon ja suunnitella tarvittavat toimenpiteet häiriöiden minimoimiseksi tai poistamiseksi.

Kun koko tuulivoimapuisto on käyttöönotettu, on kaikissa mittauspisteissä tehtävä vastaavana vuodenaikana kuin ennen puiston rakentamista sekä taso- että laatumittaukset.

4. VASTAANOTTO-ONGELMIEN RATKAISUVAIHTOEHDOT

Tuulivoimaloiden aiheuttamien häiriöalueiden televisiovastaanotto-olosuhteiden parantamiseksi tai haittojen poistamiseksi on periaatteessa neljä vaihtoehtoa: 1) kiinteistöjen antennien parantaminen, 2) mobiiliverkon käyttö, 3) kiinteistöjen liittäminen kuitukaapeli-verkkoon, 4) satelliittivastaanotto häiriintyneissä kiinteistöissä tai 5) täytelähettimen (alilähettimen) lisääminen kattamaan häiriintynyt alue.

4.2. Vastaanottoantennien uudelleen suuntaaminen tai parantaminen

Häiriöalueen sijaitessa usean eri lähettimen peittoalueella, voidaan kiinteistöjen antennit suunnata sellaiselle lähetinasemalle, jonka suunnassa ei ole tuulivoimaloita.

Vastaanottosignaalin tasoa ja laatua voidaan myös helposti parantaa nostamalla antennit riittävän korkealle talojen katoilla ja kasvattamalla niiden kokoa. Signaalin voimakkuutta voidaan tarvittaessa lisäksi parantaa yhdistämällä kaksi samanlaista antennia yhteen.

Antennien uudelleen suuntaaminen tai parantaminen on taloudellisesti edullisin vaihtoehto varsinkin kun mahdollisesti häiriintyvien kiinteistöjen lukumäärä on pieni.

4.3. Mobiiverkkoliittymä

Alueen 4G- ja 5G-kattavuus saattaa mahdollistaa jatkossa myös alueen tv-jakelun.

4.4. Kuituliittymä

Kuituliittymien rakentaminen alueelle on mahdollista, jos liitettäviä kiinteistöjä on riittävästi. Liittymän avulla voidaan toimittaa sekä laajakaista- että tv-palvelut alueen kiinteistölle. Yhteiskunta myös tukee laajakaistaliittymien yleistymistä.

4.5. Satelliittivastaanotto

Televisio-ohjelmien jakelu laajalle alueelle satelliitin kautta on jakeluteknisesti edullisin vaihtoehto. Kiinteistöön on hankittava vastaanottoantenni sekä tarvittava satelliittivastaanotin.

Lisäksi on huomioitava antennin sijoituksessa vaadittava esteetön näkyvyys ohjelmia lähettävään satelliittiin.

Yleisradio Oy:llä on yleisradiolain mukaan velvoite kattaa koko Suomen väestö lähetyksillään. Niille alueita, joita maanpäällinen antenniverkko ei kata, ovat Yleisradio jakeluyhtiö Digita sopineet norjalaisen Telenorin ja ruotsalaisen Viaplayn yhteisesti omistaman Allenten kanssa satelliittivastaanottolaitteiden toimittamisesta veloitusetta niille alueiden kiinteistöille, joiden on todistettavasti mittausten perusteella olevan antenniverkon kattamattomissa. Yleisradio korvaa näistä laitteista aiheutuvat kustannukset ns. peruskanavien vastaanotosta. Satelliittijakelussa olevat televisiokanavat eivät kuitenkaan vastaa täysin alueella antennilla vastaanotettavia maanpäällisiä televisiokanavia.



Kuva 9. Esimerkki satelliittiantennin asennuksesta.

4.6. Alilähetin

Lähettimen peittoalueen laajentamiseksi katvealueille käytetään ali- tai täytelähttimiä, jotka edelleenlähettävät päälähttimen signaalin suppealle alueelle joko samalla tai eri taajuudella päälähttimen kanssa.

Alilähttimen operoinnista vastaa verkkotoimiluvan haltija (Digita) ja rakentaminen ja tarvittavat taajuusluvut ovat verkkotoimiluvan haltijan vastuulla.

Alilähttimen teho on yleensä luokkaa muutamasta kymmenestä watista muutama sataan wattiin ja lähetyksiantennin säteilyteho muutamia satoja watteja. Kustannukseltaan alilähetin maksaa 10.000 ... 30.000 lähetykskanavaa (kanavanippua) kohden. Lisäksi tulevat asennus- ja operointikulut.

Alilähetin tulee yleensä kysymykseen, kun halutaan varmistaa vastaanotto usealle sadalle kiinteistölle. Olemassa olevien alilähettimien tehonnostosta tai antennien suuntauksesta voidaan neuvotella verkko-operaattori Digitan kanssa.

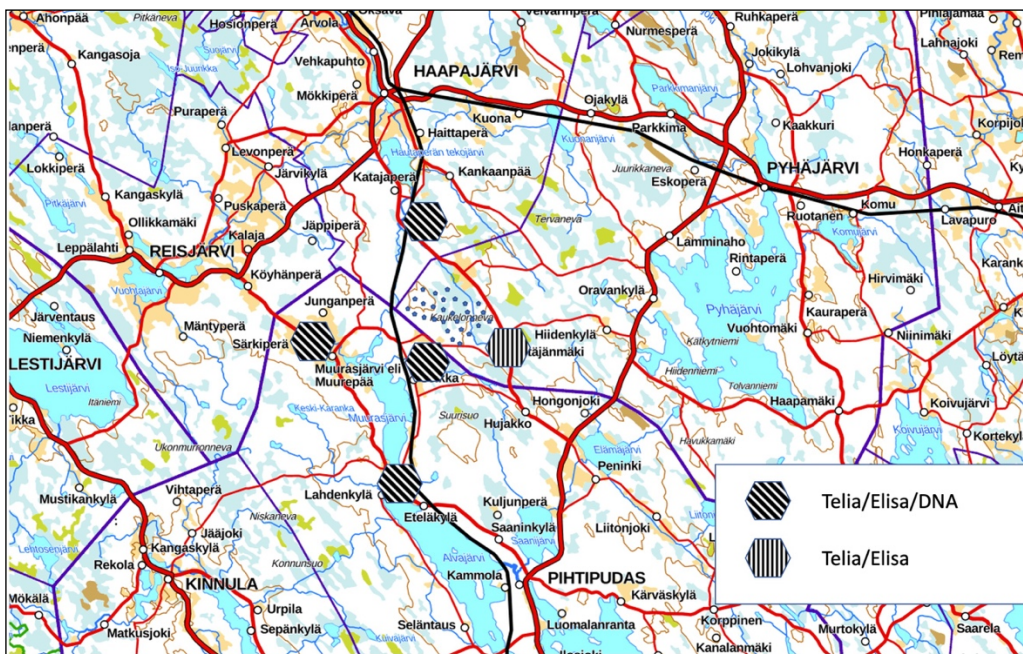
5. MOBIILIVERKON KATTAVUUS VOIMALA-ALUEELLA

Moskuankankaan tuulivoimala-alueen lähetyvillä on useita eri operaattoreiden palveluja välittävä tukiasema. Niiden kapasiteettia voidaan tarvittaessa nostaa neuvottelemalla asiasta operaattoreiden kanssa. Operaattoreiden tukiasemien antennit on suunnattu pääasiassa maanteiden ja asutuskeskittymien suuntaisesti ja tukiasemien kanavakapasiteetti mitoitettu oletetun liikennetarpeen mukaisesti.

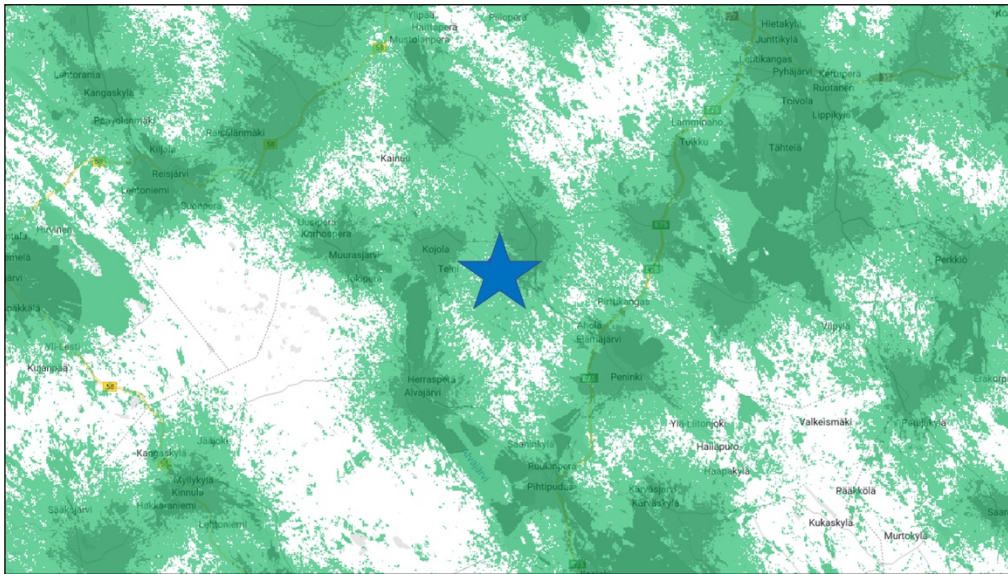
Matkapuhelinten toiminta voimala-alueella on tärkeää jo työturvallisuudenkin kannalta työmaa-aikana ja syytä varmistaa operaattoreiden kanssa.

Kuvassa 10 on esitetty voimala-alueen läheisyydessä olevien eri mobiilioperaattoreiden tukiasemien pääasialliset sijainnit.

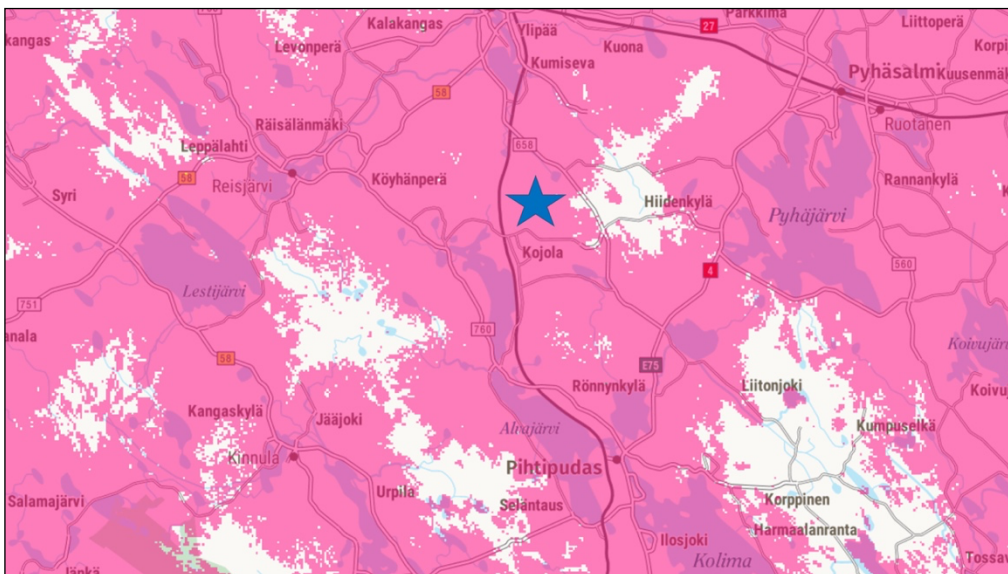
Kuvassa 11 a, b ja c puolestaan on esitetty eri operaattoreiden ilmoittamat arviot verkkojensa kattavuuksista 4G- ja 5G-verkoissa alueella.



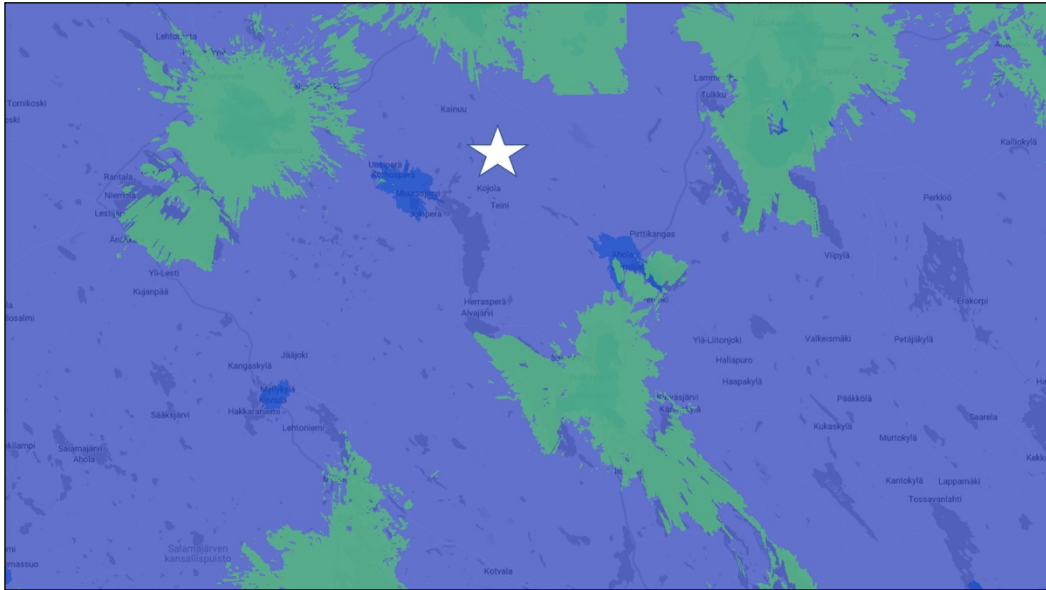
Kuva 10. Eri mobiilioperaattoreiden tukiasemia voimala-alueen ympäristössä.



Kuva 11a. Telian mobiiliverkon tukiasemakattavuus [6].



Kuva 11b. DNA:n mobiiliverkon tukiasemaijen kattavuus [7].



Kuva 11c. Elisan mobiiliverkon tukiasemakattavuus [8].

Voimala-alueen verkon kattavuutta ja tiedonsiirtokapasiteettia voidaan laajentaa sopimalla operaattorin kanssa lähimmältä tukiasemalta suunnattavasta verkon laajennuksesta.

6. TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Ennen tuulivoimaloiden rakentamista on alueella syytä tehdä kohdan 3.3 mukaiset televisio-signaalin taso- ja laatumittaukset ja vastaavat mittaukset puiston käyttöönoton jälkeen voimaloiden vaikutusten toteamiseksi.

Esiselvityksen perusteella voidaan todeta, että televisiolähetysten vastaanotto Moskuankankaan tuulivoimapuiston pohjoispuolella saattaa tulla vaikuttamaan Pihtiputaan lähettimen signaalin laatuun tuulivoimaloiden käyttöönoton vuoksi. Katvealueella mahdollisesti häiriintyvillä kiinteistöillä televisiolähetysten vastaanottoa voidaan parantaa kappaleessa 4 mainituin keinoin erityisesti suuntaamalla antennit vastakkaisessa suunnassa olevalle Haapaveden lähettimelle, koska alue kuuluu myös Haapaveden lähettimen peittoalueeseen.

Alueen eteläpuolella voimalat saattavat vaikuttaa Haapaveden lähettimen signaaliin, mutta alue kuuluu Pihtiputaan lähettimen peittoalueeseen.

Matkapuhelinverkon riittävä kapasiteetti alueella tulee varmistaa yhdessä operaattoreiden kanssa.

6. Viitteet

[1] Satelliitti- ja antenniliitto SANT ry

[2] VTT

[3] LvM

[4] Digita

[5] ATDI

[6] Telia

[7] DNA

[8] Elisa