

Vastaanottaja  
**Pohjanmaan liitto**

Asiakirjatyyppi  
**Selvitys**

Päivämäärä  
**13.11.2019**

# **POHJANMAAN MAAKUNTA- KAAVA 2040 ARVIOINTI TUULIVOIMALOI- DEN KOON MUUTOKSISTA**

# POHJANMAAN MAAKUNTAKAAVA 2040 ARVIOINTI TUULIVOIMALOIDEN KOON MUUTOKSISTA

Päivämäärä **14.11.2019**  
Laatija **Sonja Semeri, Arttu Ruhanen, Sampo Ahonen, Timo Laitinen**  
Tarkastaja **Jussi Mäkinen**  
Kuvaus ***Arviointi miten tuulivoimaloiden koon muutokset vaikuttavat tuulivoimaloista aiheutuviin vaikutuksiin.***

Viite 1510052547

## SISÄLTÖ

<b>1.</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>ARVIOINTI</b>	<b>1</b>
2.1	Meluvaikutukset	1
2.2	Välkevaikutukset	1
2.3	Maisemavaikutukset	3
<b>3.</b>	<b>YHTEENVETO</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>LÄHTEET</b>	<b>7</b>

## 1. JOHDANTO

Maakuntakaava 2040:n ehdotuksessa on osoitettu 29 tuulivoimaloiden aluetta. Tuulivoimaloiden alueiden vaikutukset on arvioitu vahvistetuissa maakuntakaavoissa eikä maakuntakaava 2040:ssä osoitetuilla tuulivoima-alueilla ole oleellisesti poikkeavia muutoksia esitettyihin arvioihin. Toteutetun Torkkolan tuulivoimapuiston vaikutukset on arvioitu hankkeen arviointimenettelyn aikana.

Pohjanmaan vahvistetuissa maakuntakaavoissa tuulivoimaa koskevat selvitykset on pääosin tehty vuonna 2014. Reilussa viidessä vuodessa tuulivoimateknologia on kehittynyt ja voimaloiden koot ja tehot ovat kasvaneet. Laadittujen selvitysten mukaisia tuulivoimaloita ei enää tällä hetkellä suunnitella. Tässä arvioinnissa vertaillaan, poikkeavatko laadittujen selvitysten mukaisten tuulivoimaloiden melu-, välke- ja maisemavaikutukset nykyaikaisten suurimpien suunniteltujen tuulivoimaloiden aiheuttamista vaikutuksista.

Arviointi on osa Pohjanmaan maakuntakaava 2040:n valmistelua koskevaa aineistoa. Selvityksen on laatinut Ramboll Finland Oy Pohjanmaan liiton toimeksiannosta.

## 2. ARVIOINTI

Pohjanmaan 2. vaihemaakuntakaavassa (hyväksytty 12.5.2014, vahvistettu 14.12.2015) tuulivoimaa koskevien selvityksen lähtökohtana ovat olleet 3 MW:n voimalat ja kokonaiskorkeudeltaan yli 180 metrin tuulivoimalat. Näkyvyysanalyysit on tehty voimaloilla, joiden kokonaiskorkeus on 180 metriä.

Tässä arvioinnissa verrataan Pohjanmaan 2. vaihemaakuntakaavan selvitysten mukaisten kokonaiskorkeudeltaan noin 180 metrin kokoisten tuulivoimaloiden vaikutuksia suurimpiin tällä hetkellä (2019) suunniteltaviin, kokonaiskorkeudeltaan 300 metrin, tuulivoimaloihin. Arvioinnissa tuulivoimalan tornin korkeutena on käytetty 200 metriä ja lavan pituutena 100 m.

Työssä arvioidaan yleisellä tasolla tuulivoimaloiden korkeuksien, roottorien ja tehon kasvun mahdollisia vaikutuksia tuulivoimaloista aiheutuviin melu-, välke- ja maisemavaikutuksiin. Suuremmat tuulivoimalat tarvitsevat myös enemmän tilaa ympärilleen kuin pienemmät tuulivoimalat.

### 2.1 Meluvaikutukset

Meluvaikutukset eivät riipu merkittävästi laitosmallin mitoista, koska esim. napakorkeuden vaikutus melun leviämiseen on vähäinen verrattuna laitosmallin tuottamaan lähtömelutasoon (äänitehotasoon). Tämä johtuu siitä, että tuulivoimala melulähteenä sijoittuu korkealle maanpinnasta ja tällöin maavaimennus jää vähäiseksi. Napakorkeuden nostaminen voi jopa pienentää melutasoa ympäristössä, koska etäisyys tuulivoimalan roottorista tarkastelupisteeseen kasvaa. Myöskään voimalan nimellisteho ei ole suoraan yhteydessä voimalan lähtömelutasoon eli nimellistehon kasvu ei automaattisesti tarkoita lähtömelutason nousua. Varsinkin maa-alueille tarkoitettujen laitosmallien kehitys lähtömelutasoissa on pysynyt samalla tasolla, koska tuulivoimapuistojen sijoitteluun vaikuttaa ympäristön altistuviin kohteisiin määritetyt ohjearvot. Koska sijoittelua ohjaa ympäristövaikutukset, lähtömelutasot eivät voi kasvaa samassa suhteessa nimellistehon tai korkeuden kanssa, koska lähtömelutasoon on ollut pakko kiinnittää entistä enemmän huomiota uusien laitosmallien suunnittelussa.

Suurempien tuulivoimaloiden väljempi sijoittelu voi vähentää jonkin verran meluvaikutuksia ympäristössä, mikäli laitosten lähtömelutaso pysyy samalla tasolla. Koska tuulivoimalat sijoittuvat lähtökohtaisesti meluvaikutusten kannalta etäälle toisistaan, vaikuttaa ympäristön melutasoihin kuitenkin eniten alueen reunalla olevat voimalat.

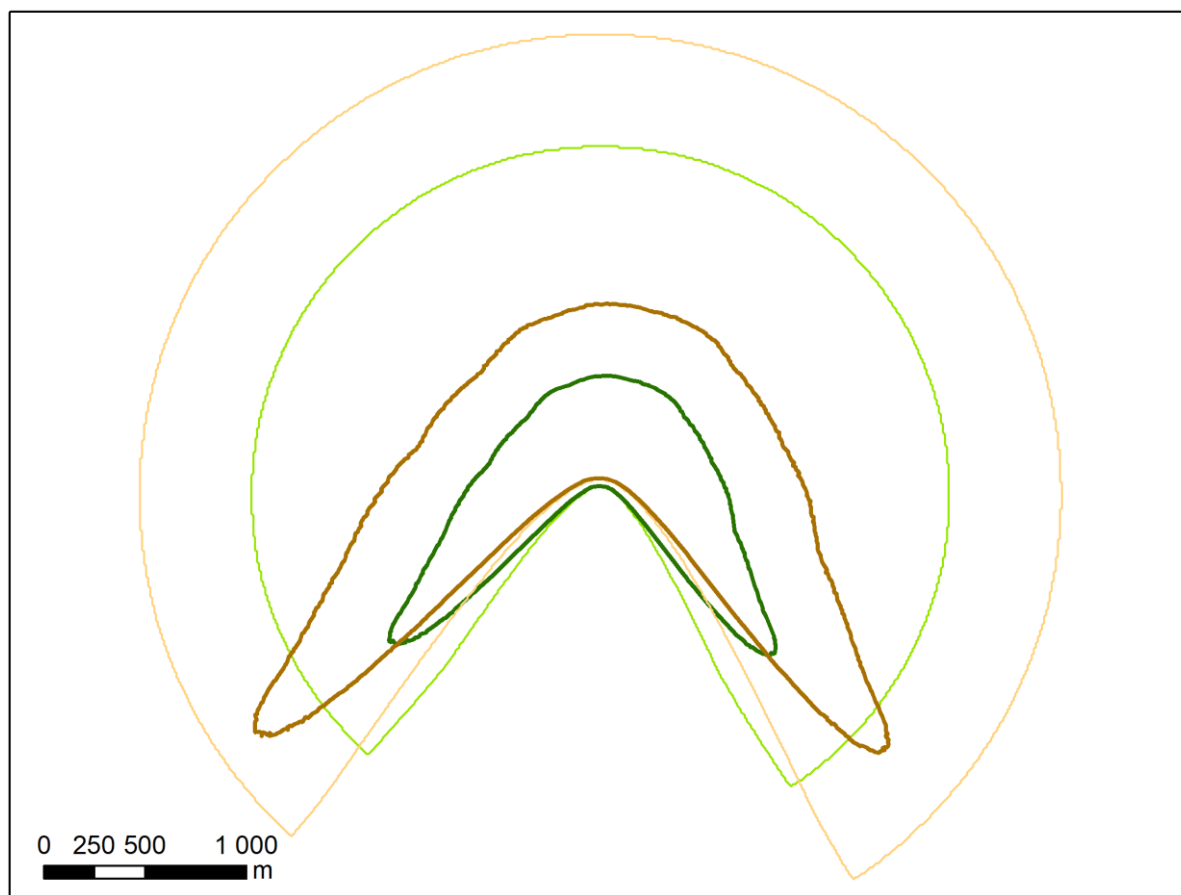
### 2.2 Välkevaikutukset

Välkevaikutusalue tyypillisesti laajenee voimalaitoskoon kasvaessa. Tämä johtuu erityisesti roottorin halkaisijasta, jonka vaikutuksesta liikkuvan varjon muodostumisen pinta-ala kasvaa ja siten

vaikutukset ulottuvat myös laajemmalle. Napakorkeuden ja lavan leveyden vaikutus on välkevaikutusalueeseen vähäisempi kuin roottorin halkaisijan.

Arviointia varten tutkittiin yksittäisen tuulivoimalan välkevaikutuksia esimerkkimallinnuksen avulla, jossa vertailtiin laitosmalleja, joiden mitat olivat napakorkeus 118 m ja roottorin halkaisija 124 m (kokonaiskorkeus 180 m) sekä 200 m ja roottorin halkaisija 200 m (kokonaiskorkeus 300 m) (Kuva 2-1). Mallinnus tehtiin WindPro -ohjelmistolla ns. Real case -laskentana Pohjanmaalta poimituilla tuuli- ja auringonpaistetiedoilla, jossa maasto oletettiin tasaiseksi ja mallissa ei huomioitu puustoa. Välkevaikutusalueen viuhkamaisen muodon takia välkealue ei kasva kaikissa ilmansuunnissa samalla tavalla, vaan esim. kokonaiskorkeuden 300 m laitosmallilla 8 tuntia vuodessa välkevyöhyke ulottuu pohjoispuolella 300-400 m sekä kaakkois- ja lounaispuolella 700-800 m laajemmalle, kuin 180 m kokonaiskorkeuden omaavalla laitosmallilla. Maksimivälke-etäisyys, joka kuvaa pisintä etäisyyttä, jossa liikkuvaa varjoa voi havaita, kasvaa noin 500-600 m.

Ympäristössä esiintyvän välkkeen kannalta merkittävimmät voimalaitokset ovat alueen reunalla olevat voimalat, mutta osassa tuulivoima-alueita voimalat voivat sijoittua altistuviin kohteisiin nähdessä, että välkevaikutuksia voi syntyä useammasta tuulivoimalasta. Suuremmat voimalaitokset eivät voi tuotannollisista syistä sijoittua yhtä lähelle toisiaan kuin pienemmät voimalaitokset, mutta toisaalta välkkeen maksimietäisyys kasvaa verrattuna pienempiin voimalaitoksiin, joten väljempi sijoittelu ei vaikuta merkittävästi ympäristön välkemääriin.



Real case mallinnus  
-kokonaiskorkeus 180 m  
-roottori 124 m  
-napakorkeus 118 m

0 h/v  
8 h/v

Real case mallinnus  
-kokonaiskorkeus 300 m  
-roottori 200 m  
-napakorkeus 200 m

0 h/v  
8 h/v

Kuva 2-1. Esimerkkimallinnus välkealueiden muutoksesta.

## 2.3 Maisemavaikutukset

Tuulivoimaloiden kokonaiskorkeuden kasvu lisää tuulivoimaloiden näkyvyysaluetta, koska korkea-ampi tuulivoimala voi näkyä kauemmas ja laajemmalle alueelle kuin matalampi tuulivoimala. Avoimilla alueilla, kuten peltoalueella, tuulivoimaloiden näkyvyysalue voi laajentua selvemmin kuin vaihtelevassa ympäristössä. Yleisesti voidaan olettaa, että korkeammat tuulivoimalat vaikuttavat olevan lähempänä katselupistettä kuin matalammat tuulivoimalat.

Teoreettisen kaukaisimman näkyvyysalueen laajentuminen ei todennäköisesti lisää maisemavaikutuksen merkittävyyttä kaukomaisemassa, koska etäisyyden kasvaessa esimerkiksi sää- ja valaistusolosuhteet vaikuttavat merkittävästi voimaloiden erottumiseen maisemassa. Kaukomaisemassa näkyvät tuulivoimalat asettuvat luontevammin osaksi laajempaa maisemakokonaisuutta riippumatta voimalan kokonaiskorkeudesta. Tuulivoimaloiden lähialueilla korkeammilla voimaloilla on hallitsemampi vaikutus maisemaan. Tuulivoimalat ovat lähes poikkeuksetta muita maiseman elementtejä paljon korkeampia, jolloin niitä ei helposti voida suhteuttaa muun ympäristön mittasuhteisiin.

Taulukossa 1 on esimerkkejä etäisyysvyöhykkeistä, joita on ohjeellisesti käytetty viime vuosina tuulivoimaloiden maisemavaikutusten arvioinneissa. Arvioinneissa on käytetty yleensä noin 3-6 kilometrin etäisyyttä lähivaikutusalueen rajana. Tuulivoimalan korkeuden kasvaessa on perusteltua laajentaa lähivaikutusaluetta aiempaa kauemmas.

Tuulivoimaloiden korkeuden kasvu vähentää niiden mahdollista enimmäismäärää tietyn kokoisella alueella. 300 m korkeat tuulivoimalat voidaan sijoittaa n. 800-1000 m päähän toisistaan, kun 180 m korkeilla tuulivoimaloilla etäisyys on saattanut olla vain 500-600 m. Suurempia voimaloita saattaa siis alueille mahtua huomattavastikin vähemmän riippuen alueiden koosta, muodosta ja muista olosuhteista. Tuulivoimaloiden määrän muutos ei välttämättä vaikuta maisemavaikutuksen merkittävyyteen, jos tuulivoimaloiden sijoitusalue on laajuudeltaan samankokoinen.

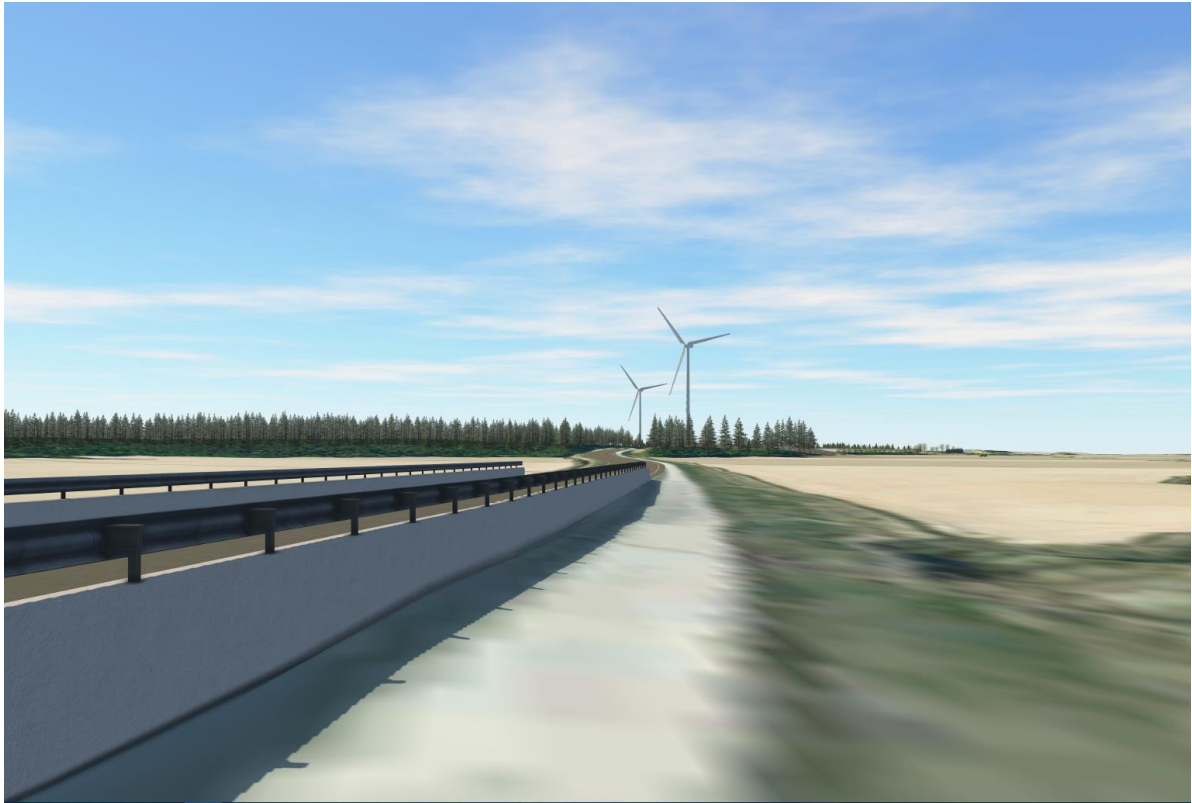
**Taulukko 1. Ohjeellisia esimerkkejä etäisyysvyöhykkeistä, joita voi hyödyntää maisemaselvityksissä ja vaikutusten arvioinnissa. Lähde: Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa, Suomen ympäristö 1/2016, Ympäristöministeriö.**

tuulivoima-alue ja sen välitön lähiympäristö	0 ... 1–2 km voimaloista	• välittömät vaikutukset maisemaan
lähivaikutusalue	noin 1–2 km ..... 4–6 km voimaloista	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alue, jolla visuaaliset vaikutukset voivat olla niin merkittäviä, että ne voivat vaikuttaa maiseman luonteeseen ja laatuun</li> <li>• tuulivoimalat voivat olla maisemakuvassa hallitsevia</li> </ul>
ulompi vaikutusalue	noin 4–6 km ..... 10–15 km voimaloista	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alue, jolle voimalat voivat näkyä selvästi, mutta jolla niiden mahdolliset vaikutukset maiseman luonteeseen ja laatuun vähenevät etäisyyden kasvaessa</li> <li>• voimalat ovat osa laajempaa maisemakokonaisuutta</li> <li>• voimaloiden kokoa ja etäisyyttä voimaloille voi olla vaikea hahmottaa</li> </ul>
kaukovaikutusalue	noin 10–15 km ..... 20–25 km voimaloista	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alue, jolle voimalat voivat näkyä, mutta jolla niillä ei välttämättä enää ole merkitystä maiseman luonteen ja laadun kannalta; poikkeuksena esimerkiksi erämaiset alueet</li> </ul>
teoreettinen maksiminäkyvyysalue	noin 20–25 km ... 35 km voimaloista	<ul style="list-style-type: none"> <li>• voimalat voi hyvissä sää- ja valaistusolosuhteissa erottaa paljaalla silmällä; todennäköisesti ei merkitystä maiseman luonteen tai laadun kannalta</li> </ul>

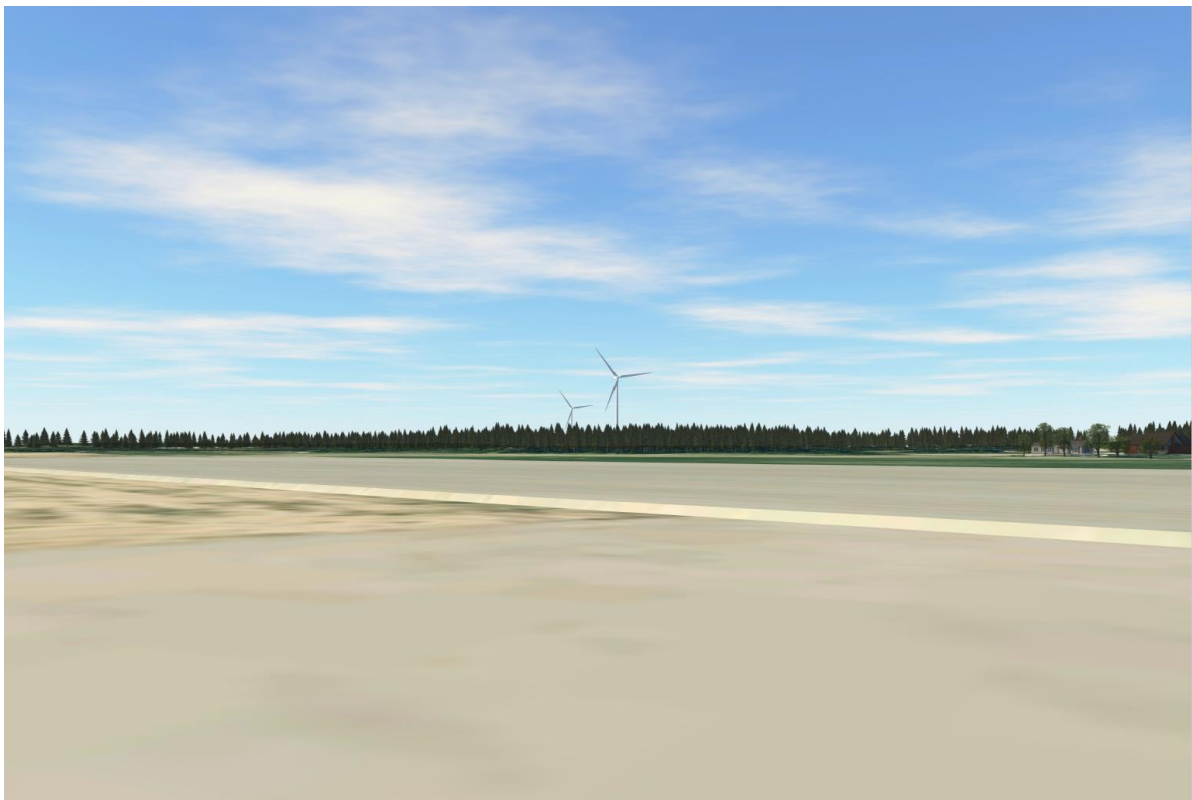
Tätä arviointia varten tehtiin tuulivoimaloiden korkeuden kasvua ja sen vaikutusta eri katseluetäisyyksillä havainnollistavat kuvat (Kuva 2-2 - Kuva 2-5). Virtuaaliseen maastomalliin mallinnettiin vierekkäin tuulivoimat, joiden kokonaiskorkeus on 180 m ja 300 m. Malli on renderöity normaaliobjektiivilla vastaavalla näkymäsektorilla. Seuraavat kuvakaappaukset on otettu mallista eri katseluetäisyyksiltä ihmisen silmän korkeudelta. Maastomallista poimitut kuvitteelliset olosuhteet antavat vain suuntaviivoja tuulivoimaloiden koon vaikutuksesta maisemaan. Hankekohtaisissa vaikutusten arvioinneissa on syytä mallintaa havainnekuvat valokuviin todellisista katselupaikoista.



**Kuva 2-2. Näkymä tuulivoimaloille yhden kilometrin etäisyydeltä. Molemmat tuulivoimalat nousevat helposti muun maiseman elementtejä korkeammalle, mutta korkeampi tuulivoimala voidaan kokea hallitsempana. Lähialueen rakenteet, puusto ja maastonmuodot estävät usein suoria näkymiä tuulivoimaloille.**

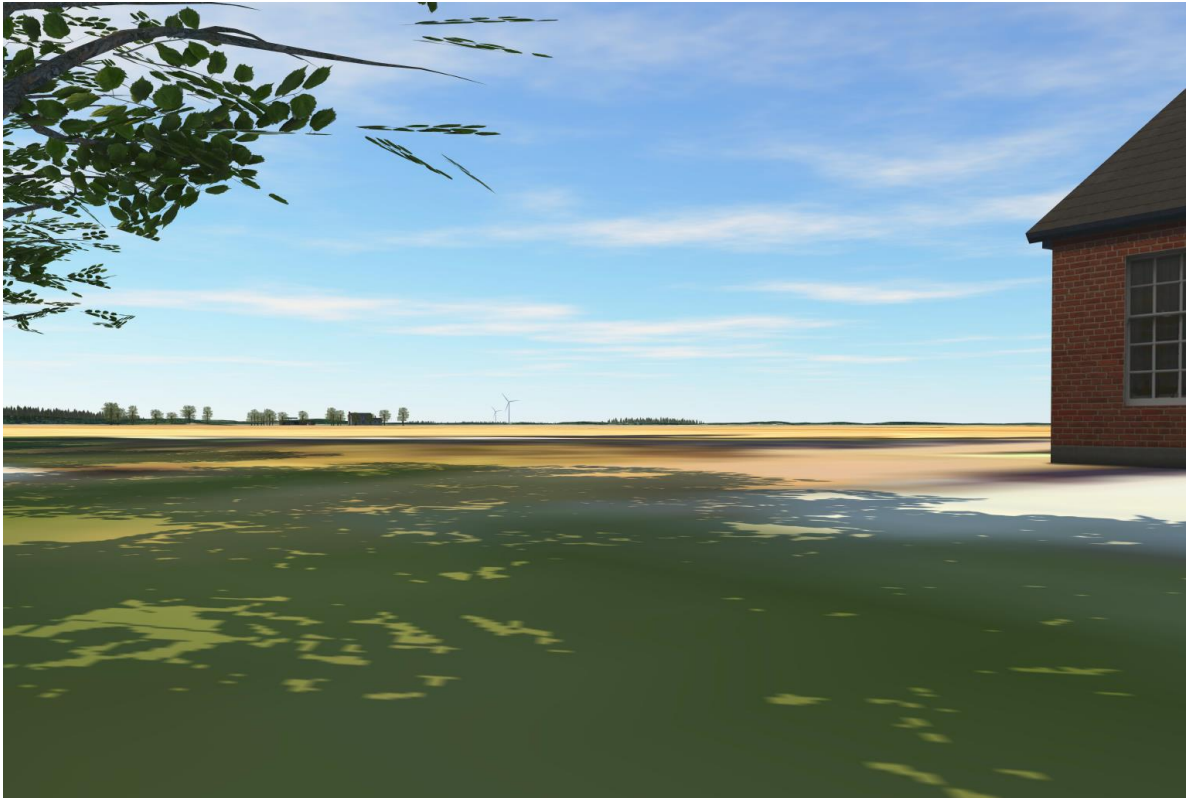


**Kuva 2-3. Näkymä tuulivoimaloille kahden kilometrin etäisyydeltä. Molemmat tuulivoimalat nousevat helposti muun maiseman elementtejä korkeammalle. Molemmat tuulivoimalat nousevat helposti muun maiseman elementtejä korkeammalle, mutta korkeampi tuulivoimala voidaan kokea hallitsevampana.**



**Kuva 2-4. Näkymä tuulivoimaloille kolmen kilometrin etäisyydeltä. Katselupisteestä on 700 metrin etäisyys metsänreunaan. Molemmat tuulivoimalat nousevat helposti muun maiseman elementtejä korkeammalle, mutta korkeampi voimala erottuu edelleen helpommin etenkin tasaisessa, avoimessa maastossa.**





**Kuva 2-5. Näkymä tuulivoimaloille kymmenen kilometrin etäisyydeltä. Molemmat tuulivoimalat asettuvat osaksi taustamaisemaa. Korkeampi tuulivoimala voi erottua hieman paremmin, mutta pitkä etäisyys heikentää elementin hallitsevuutta maisemassa.**

### 3. YHTEENVETO

2. vaihemaakuntakaavassa tuulivoimaa koskevissa selvityksissä ei arvioitu melu- ja välkevaikutuksia tuulivoima-aluekohtaisesti. Kaavaratkaisussa osoitettujen tuulivoimala-alueiden ja asutuksen väliin on jätetty suojavyöhykkeet ehkäisemään suorat melu- ja välkevaikutukset mm. asutukseen. Tuulivoimalle soveltumattomien alueiden analyysissä asutuksen ympärille jätettiin 1000 m puskuri. 300 m vertailutuulivoimaloiden ja 2. vaihemaakuntakaavassa arvioitujen tuulivoimaloiden välillä ei havaittu sellaisia merkittäviä eroja, että suojavyöhykkeet olisivat lähtökohtaisesti riittämättömiä. Meluvaikutuksiin 1000 m suojavyöhyke pätee suuremmillakin tuulivoimaloilla. Välkevaikutukset voivat ylittyä suuremmilla tuulivoimaloilla yli 1000 metrin etäisyydellä, mutta tuulivoimaloiden sijoittumisella on keskeinen vaikutus välkevaikutuksiin.

Tuulivoimaloiden lähialueilla korkeammilla tuulivoimaloilla on hallitsevampi vaikutus maisemaan kuin 2. vaihemaakuntakaavan arvioinnissa käytetyillä voimaloilla. Kaukomaisemassa näkyvät tuulivoimalat asettuvat luontevammin osaksi laajempaa maisemakokonaisuutta riippumatta voimalan kokonaiskorkeudesta. Maisemavaikutusten arvioinneissa tuulivoimalan korkeuden kasvaessa on perusteltua laajentaa lähivaikutusalueetta, jolle tarkemmat arvioinnit kohdennetaan, aiempaa kauemmas. 2. vaihemaakuntakaavassa maisemavaikutuksia arvioitiin sanallisten arviointien ja näkyvyysanalyysien avulla maakuntatasoisesti. Karkeat näkyvyysanalyysit antavat suuntaa maisemavaikutusalueiden laajuudesta. Näkyvyysanalyysien päivittäminen korkeimmille tuulivoimaloille ei tässä vaiheessa toisi suurta lisätarkkuutta maisemavaikutusten arvioinnille. Maisemavaikutuksen voimakkuutta on syytä arvioida muun muassa havainnekuvien avulla tuulivoima-alueiden tarkemman suunnittelun vaiheissa.

On huomattava, että tässä arvioinnissa vertailutuulivoimaloina käytetyn 300 metrin tuulivoimalat ovat Suomessa tällä hetkellä suunniteltavissa tuulivoimahankkeissa suurimpia mahdollisia. Kaikissa Pohjanmaalle tulevaisuudessa rakennettavissa tuulivoimahankkeissa ei tulla käyttämään yhtä suuria tuulivoimaloita.

Tuulivoimapuistot osoitetaan Pohjanmaan maakuntakaavassa 2040 alueiden erityisominaisuuksia kuvaavalla merkinnällä eikä kaavassa oteta kantaa tuulivoimaloiden lukumäärään, sijoitteluun tai korkeuteen. Tuulivoimapuistojen maisema-, melu- ja välkevaikutukset selvitetään osayleiskaavoissa ja niiden vaikutusten arvioinneissa.

## 4. LÄHTEET

Pohjanmaan liitto, 2015. Pohjanmaan maakuntakaava, vaihe 2: Uusiutuvat energiamuodot ja niiden sijoittuminen Pohjanmaalla. Kaavaselostus, kaavakartta, merkinnät & määräykset sekä selvitykset.

Pohjanmaan liitto, 2019. Pohjanmaan maakuntakaava 2040: Kaavaselostus, kaavakartta, merkinnät & määräykset (ehdotusvaiheen valmisteluaineistot)

Ympäristöministeriö, 2016. Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa, Suomen ympäristö 1/2016, Ympäristöministeriö.