

FCG.

Finnish
Consulting
Group

Tuulivoiman ja asutuksen väli- sen etäisyyssääntelyn taloudel- listen vaikutusten arviointi

RAPORTTI

Ympäristöministeriö

Finnish Consulting Group Oy

13.12.2024

P52842

Sisällys

1	Johdanto	3
2	Tuulivoima-alueiden poissulkeva analyysi.....	3
3	Potentiaaliset tuulivoima-alueet	7
	3.2 Potentiaalisten alueiden toteutuminen	18
	3.3 Arvio eri vaihtoehtojen vaikutuksesta tuulivoiman toimintaedellytyksien kehittämiseen	23
	3.4 Kiinteiden ja voimalan kokonaiskorkeuden kerrannaisiin perustuvien vähimmäisetäisyysvaatimusten vertailua	24
	3.5 Sähkön hinnasta ja sen vaikutuksesta investointeihin	25
4	Vähimmäisetäisyyksien vaikutukset	26
	4.1 Taloudelliset vaikutukset	27
	4.2 Epäsuorat vaikutukset	31
5	Yhteenveto.....	32
	Lähteet	33

*FCG Finnish Consulting Group Oy ("FCG") on laatinut tämän raportin FCG:n asiakkaan ("Asiakas") toimeksianton ja ohjeiden mukaisesti. Tämä raportti on laadittu FCG:n ja Asiakkaan välisen sopimuksen ehtojen mukaisesti. **FCG ei ole vastuussa tästä raportista tai sen käytöstä suhteessa mihinkään muuhun tahoon kuin Asiakkaaseen.***

Tämä raportti voi perustua kokonaan tai osaksi kolmansien osapuolten FCG:lle antamiin tietoihin tai julkisiin lähteisiin ja näin ollen tietoihin, joihin FCG:llä ei ole ollut vaikutusmahdollisuuksia. FCG toteaa nimenomaisesti, ettei sillä ole vastuuta sille annettujen virheellisten tai puutteellisten tietojen perusteella.

Kaikki oikeudet (mukaan lukien tekijänoikeudet) tähän raporttiin kuuluvat FCG:lle, tai Asiakkaalle, mikäli niin on sovittu FCG:n ja Asiakkaan välillä. Tätä raporttia tai sen osaa ei saa muokata tai käyttää uudelleen toiseen tarkoitukseen ilman FCG:n kirjallista lupaa.

1 Johdanto

Petteri Orpon hallitusohjelman kirjausten mukaan hallitus toteuttaa tuulivoimarakentamisen oikeudenmukaisuuden varmistamiseksi kansallisten etäisyysääntöjen määrittelyn ja käyttöönoton. Hallitusohjelman tavoitteena on tuulivoiman toimintaedellytysten kehittäminen hallitusohjelman lähtökohtien edellyttämästä sähköntuotannon lisäystarpeesta huolehtien. Lisäksi hallitusohjelman mukaan pyritään samalla yhteensovittamaan tuulivoiman sosiaalinen hyväksyttävyyden ja investointien toteutumisen suotuisa toimintaympäristö.

Tutkimuksen tavoitteena on arvioida tuulivoiman ja asutuksen välisen vähimmäisetäisyysvaihtoehtojen suoria ja välillisiä taloudellisia vaikutuksia kotitalouksiin, yrityksiin, julkiseen talouteen sekä kansantalouteen. Arvioitavat vaihtoehdot ovat 2 000 m, 1 500 m, 1 000 m, 800 m, sekä voimalan kokonaiskorkeuden monikerrat 8 x tuulivoimalan kokonaiskorkeus ja 10 x tuulivoimalan kokonaiskorkeus (2 800 m ja 3 500 m). Alustavissa arvioissa 800 m on tunnistettu keskimäärin nykyisin suunnitteilla olevien tuulivoimaloiden vähimmäisetäisyydeksi asutuksesta, joka käytännössä määrittyy tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista annetun valtioneuvoston asetuksen (1107/2015) perusteella. Alustavasti taas 1 500 m vähimmäisetäisyyden on arvioitu vähentävän merkittävästi potentiaalisten tuulivoimalueiden määrää.

Tavoitteena on myös arvioida, miten eri vaihtoehdot vaikuttavat tuulivoiman toimintaedellytysten kehittämiseen.

2 Tuulivoima-alueiden poissulkeva analyysi

Poissulkeva analyysi on paikkatietoihin nojaava menetelmä, jonka tavoitteena on tunnistaa sellaiset alueet, jotka lähtökohtaisesti eivät ole tutkittavaan toimintaan soveltuvia ja suositeltavia. Käytännössä menetelmässä luodaan etäisyysvyöhykkeitä paikkatietopohjaisille lähtötiedoille ja analyysin tuloksena ovat alueet, joita alustavasti voidaan pitää tutkittavaan toimintaan soveltuvina.

Suomessa tuulivoimarakentamista ohjaavat toiminnalle asetetut ohjearvot ja suositukset. Tuulivoimaloiden sijainnin ja rakentamisen suunnittelussa sekä lupamenettelyissä ja valvonnassa sovelletaan valtioneuvoston asetusta tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista (1107/2015). Ohjearvoilla pyritään varmistamaan, että tuulivoimalat ja asutus ovat riittävän etäällä toisistaan, eikä melu aiheuta ihmisille terveyshaittaa tai heikennä elinympäristön viihtyisyyttä. Tuulivoimarakentamisen suunnitteluoppaassa (YM 5/2016) käsitellään tuulivoimarakentamisesta koskevan lainsäädännön soveltamista sekä tuulivoimarakentamisen vaikutuksia ja niiden arviointia sekä toiminnan yhteensovittamiseen muun alueidenkäytön kanssa. Tuulivoimarakentamista ohjataan maankäyttö- ja rakennuslain sekä -asetuksen (MRL 5.2.1999/132 ja MRA 10.9.1999/895, 1.1.2025 lain nimi muuttuu alueidenkäyttölaki) kautta. Lisäksi tuulivoimarakentamisessa voi tulla sovellettavaksi muu lainsäädäntö kuten ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annettua laki (252/2017, YVA-laki)

Työssä on suljettu pois alueita, joihin eri vähimmäisetäisyyksien perusteella nykyinen maankäyttö muodostaisi esteen tuulivoimatuotannolle. Puskurianalyyssissä käytetyt lähtötiedot, näille osoitetut puskurit sekä lähtötiedon lähde on raportoitu alla olevassa taulukossa (taulukko 1). Soveltumattomille tai toimintaa rajoittaville alueille on annettu vähimmäisvyöhykkeet niiden ominaisuuksien tai niihin kohdistuvien vaikutusten perusteella. Poissulkeva puskurianalyysi on tehty ArcMap 10.3 GIS-ohjelmistolla. Puskurianalyyssissä käytetyt vähimmäisvyöhykkeet perustuvat osittain viranomaisten antamiin ohjearvoihin ja muiden tahojen, kuten järjestöjen antamiin suosituksiin, lisäksi vähimmäisvyöhykkeitä käsiteltiin selvityksen yhteistyöryhmässä. Työssä on hyödynnetty ympäristöministeriön tuulivoimarakentamisen suunnitteluopasta.

Etäisyysvyöhykkeiden muodostamisessa on käytetty voimalan kokonaiskorkeutena 350 m, mikä vastaa vuonna 2024 suunnittelussa olevien hankkeiden enimmäiskorkeutta. Vuonna 2024 rakennettujen voimaloiden keskimääräinen kokonaiskorkeus on ollut yleisimmin 250 m (Suomen uusiutuvat ry 2024), jolloin 350 m kokonaiskorkeus pitää sisällään voimaloiden teknisen kehityksen näkökulmasta riittävää varautumista. Selvitysalueena toimii koko Suomen valtion alue lukuun ottamatta Ahvenanmaata ja merialueita.

Selvityksen tarkkuustaso ja selvityksessä hyödynnettyjen lähtötietojen laatu vaikuttavat luonnollisesti myös selvityksen tuloksiin. Lähtötietoina hyödynnetyn aineiston laatu perustuu viranomaislähteistä saatavilla olevaan paikkatietoaineistoon, jonka voidaan olettaa olevan ajantasaista. Lähtöaineistoon liittyvät epävarmuustekijät ovat suurimmat asutuksen osalta. Maanmittauslaitoksen maastotietokannan vakituisten ja lomarakennusten luokitukseen liittyy epävarmuus. Tosiasiallisesti jotkin asuin- ja lomarakennuksista voivat olla muun käyttötarkoituksen rakennuksia (metsästysmajoja, varastorakennuksia, taukotupia ym.) tai autoituneita sekä purkukuntoisia rakennuksia ja rakennelmia. Tämä epävarmuus voidaan huomioida tuulivoimahankkeen tarkemman suunnittelun yhteydessä. Poissulkevassa tarkastelussa ei myöskään ole voitu ottaa huomioon esimerkiksi voimassa olevien kaavojen vielä rakentamattomia rakennuspaikkoja.

Selvityksessä valittiin standardivoimalaksi kokonaiskorkeudeltaan 350 metrinen voimala, jonka nimellisteho on 8 MW. Sen ajatellaan vastaavan tulevaisuudessa yleistyvää ja suurinta tällä hetkellä maa-alueelle sijoitettavaa voimalatyyppiä. Uusimmat voimalatyyppit ovat lähtökohtaisesti energiantuotannon hyötysuhteeltaan parempia ja äänenvoimakkuudeltaan suhteellisesti hiljaisempia kuin vanhemmat voimalatyyppit. Voimalan mitat esitetään kuvassa 1.

	Standardi-voimala	Vestas V172-7.2	
kokonaiskorkeus	350	285	m
roottorin halkaisija	200	172	m
napakorkeus	250	199	m
nimellisteho	8,0	7,2	MW

kokonaiskorkeus = napakorkeus + d/2

Kuva 1. Tutkimuksessa käytetyn standardivoimalan mitat.

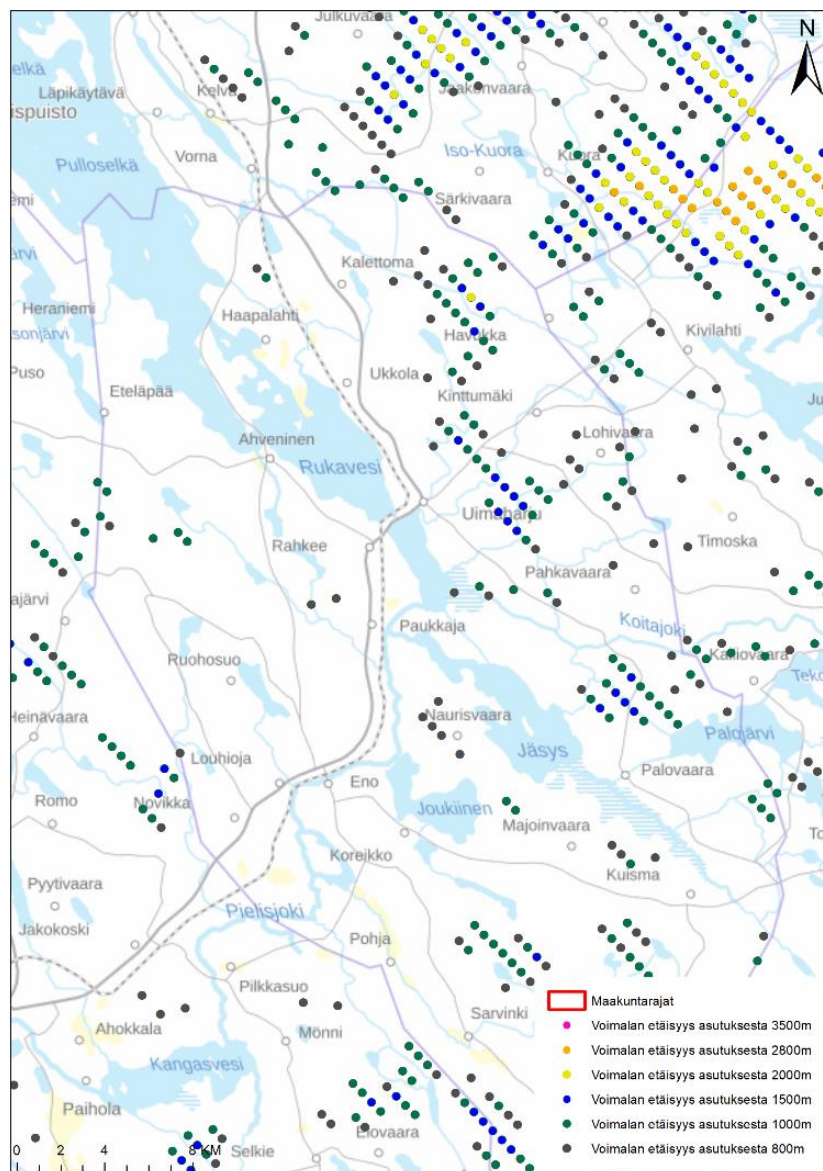
Tuulivoimaoppaan (5/2016) mukaan erämaa-alueet eivät sovellu tuulivoimarakentamiseen. Erämaalain (62/1991, Erämaal) mukaisia erämaa-alueita perustetaan alueiden erämaalun- teen säilyttämiseksi, saamelaiskulttuurin ja luontaiselinkeinojen turvaamiseksi sekä luon- non monipuolisen käytön ja sen edellytysten kehittämiseksi. Perustettuja erämaa-alueita on 12, ja ne sijoittuvat pohjoisimpaan Lappiin. Pysyvien teiden rakentaminen erämaa-alu- eille on kielletty. Erämaa-alueen hoidossa ja käytössä on noudatettava hoito- ja käyttösuun- nitelmaa, jonka laatii Metsähallitus ja vahvistaa ympäristöministeriö. Erämaa-alueiden met- sät säilytetään luonnontilaisina tai niissä harjoitetaan luonnonmukaista metsänhoi- toa. Tässä selvityksessä tunnistettuja voimaloita sijoittuisi erämaa-alueille pieniä määriä (etäisyysvyöhykkeittäin: 3 500 m 13 kpl, 2 800 m 15 kpl, 2 000 m 21 kpl, 1 500 m 23 kpl, 1 000 m 32 kpl ja 800 m 32 kpl). Potentiaalisten voimalapaikkojen pieni määrä näillä alueilla johtuu siitä, että kaikki erämaa-alueet ovat lähes kokonaan natura- SAC alueita, jotka on rajattu ei-alueiksi

Alue/Toiminto	Vähimmäis- vyöhyke	Peruste
Luonnonsuojelualueet, Yksityiset- ja valtion mailla olevat	100 m	Luontoarvojen turvaaminen
Natura-alue (SPA) suojeluperuste linnusto	500 m	Suojelun perusteena olevia luonnonarvoja ei saa merkittävästi heikentää (LSL 64§)
Natura-alue (SAC) suojeluperuste luontotyypit	100 m	Suojelun perusteena olevia luonnonarvoja ei saa merkittävästi heikentää (LSL 64§)
IBA ja FINIBA	500 m	Linnustoarvojen turvaaminen
MAALI-alueet	500 m	Linnustoarvojen turvaaminen
Arvokkaat geologiset muodostuma ja harjijensuojelu-alueet	0 m	Geologisten ja maisemallisten arvojen turvaaminen
Pohjavesialueet	0 m	Pohjaveden pilaamiskielto
Valtakunnallisesti arvokas maisema-alue	0 m	Maisema-arvojen turvaaminen
Valtakunnallisesti arvokas rakennettu kulttuuriympäristö (RKY 2009)	0 m	Maisema-arvojen turvaaminen
Muinaisjäännösalueet	0 m	Huomioidaan tarkemmassa suunnittelussa
Muinaisjäännöspisteet	0 m	Huomioidaan tarkemmassa suunnittelussa
Asunnot ja loma-asunnot	800 m, 1 000 m, 1 500 m, 2 000 m, 2 800 m ja 3 500 m	Melutasot (tuulivoiman melutason ohjearvot), välke, viihtyisyys tavanomaisesti noin 1 000 metriin asti
Kirkko tai kirkolliset sekä liike tai julkiset rakennukset	350 m	Turvallisuus
Maatalouden suuryksiköt ja turkistarhat (eläimet)	350 m	Turvallisuus
Luonnon- ja kansallispuistot	0 m	Luonto- ja maisema-arvojen, sekä erämaisyyden turvaaminen
Puolustusvoimien alueet	350 m	Puolustusvoimien tarpeiden turvaaminen
Lentoasemat	10 000 m	Lentoliikenteen edellytysten turvaaminen
Pienlentopaikat	3 000 m	Lentoliikenteen edellytysten turvaaminen
Varalaskupaikat	12 000 m	Lentoliikenteen edellytysten turvaaminen
Ilmatieteenlaitoksen säätutkat	5 000 m	Säätutkan toiminnan turvaaminen
Liikenneväylät (100 km/h tai yli)	400 m	Voimalan kokonaiskorkeus + 50 m
Liikenneväylät (alle 100 km/h)	380 m	Voimalan kokonaiskorkeus + 30 m
Rataverkko	400 m	Voimalan kokonaiskorkeus + 50 m
Suurjännitejohdot	525 m	Voimalan kokonaiskorkeus + 150 m
Yli 60 ha järvet	0 m	Rakennettavuus
Yli 25 ha avosuot	0 m	Rakennettavuus
Toteutuneet ja luvitetut hankkeet, käytettävissä olevan tiedon mukaan.	0 m	Rakennettavuus
Merialueet	0 m	Rakennettavuus

Taulukko 1. Puskurianalyysissä käytetyt lähtötiedot.

3 Potentiaaliset tuulivoima-alueet

Muut kuin ei-alueet ovat tässä rajatun tarkastelun mukaan tuulivoimatuotannolle lähtökohteisesti soveltuvia, vaikka myös muita rakentamista rajoittavia tekijöitä voi alueella olla. Näille alueille muodostettiin 600 m x 1 000 m teorettinen hila, joka kuvastaa voimaloiden teoreettista sijoittelua. Etäisyydet vastaavat 3- ja 5- kertaaisesti teoreettisen voimalan lavan pituutta, joka on 200 metriä. Hilaa käännettiin 45 astetta lounais-koillisuuntaiseksi, joka on Suomessa yleisimmin vallitseva tuulen suunta (Kuva 2).



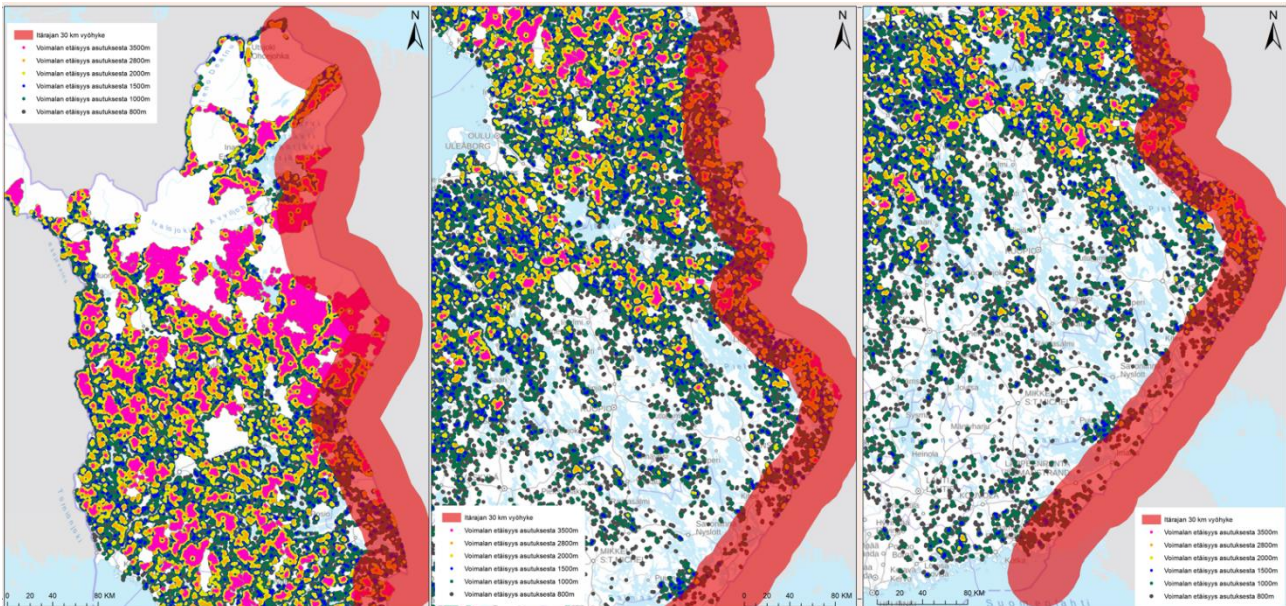
Kuva 2. Teoreettisten voimalapaikkojen hila-aineisto.

Mallinnuksessa ei ole otettu huomioon maanpuolustuksellisesti tärkeitä ilmavalvontatutkia ja niiden aiheuttamia tuulivoiman rakennuskieltoalueita Itä-Suomessa. Tutkimuksessa on kuitenkin muodostettu itärajalte teorettinen 30 kilometrin puskurivyöhyke, jonka sisään

jää huomattava määrä potentiaalisia voimalapaikkoja, muttei esimerkiksi Haminan jo olemassa olevia tuulivoimaloita.

Analyysissä käytetty etäisyys asutukseen	Puskurin sisään jäävät voimalapaikat
800 m	18 846 kpl
1 000 m	16 088 kpl
1 500 m	11 166 kpl
2 000 m	8 038 kpl
2 500 m	5 225 kpl
3 500 m	3 867 kpl

Taulukko 2. Potentiaalisten voimalapaikkojen määrä 30 kilometrin itärajauskurin sisällä.



Kuva 3. Potentiaalisten voimalapaikkojen määrä ja 30 kilometrin itärajauskuri.

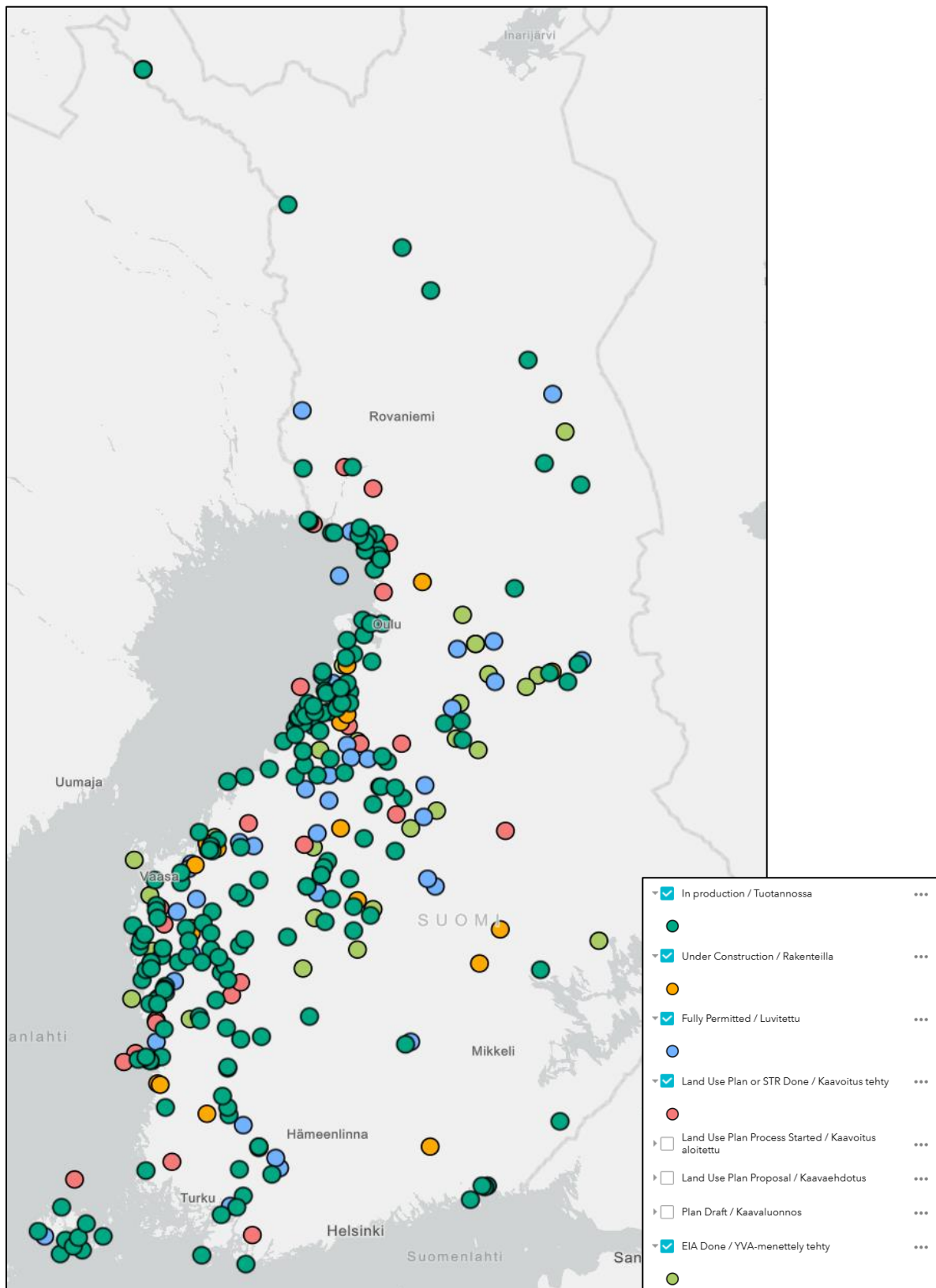
13.12.2024

JSC

Potentiaalisten voimaloiden määrä vaihtelee voimakkaasti maakuntien ja käytetyn vähimmäisetäisyyden mukaan. Tulokset on koottu taulukkoon 3.

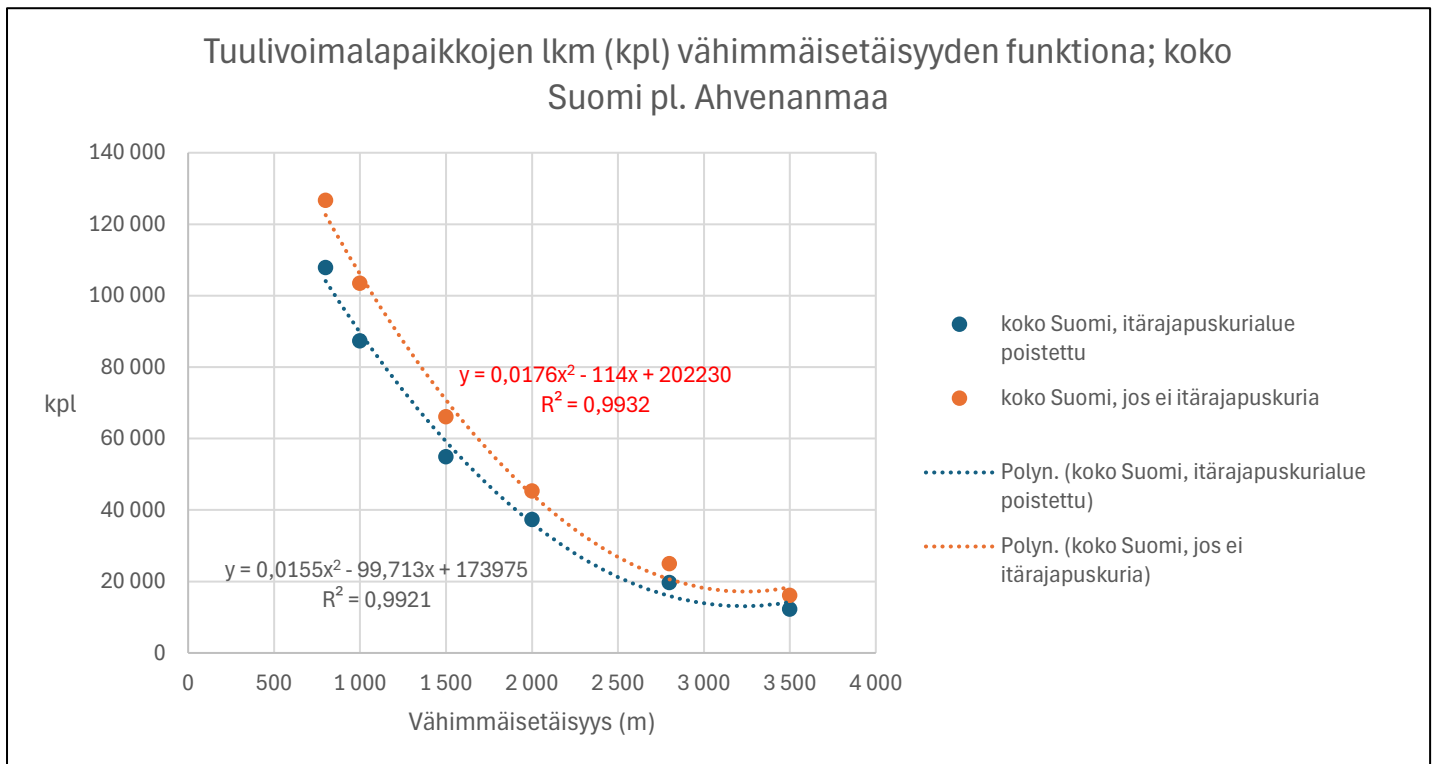
Maakunta	Vähimmäisetäisyys asutukseen (m)					
	800	1 000	1 500	2 000	2 800	3 500
Lappi	47 959	43 430	33 414	25 316	16 087	10 952
Pohjois-Pohjanmaa	19 597	16 324	9 678	5 401	2 046	858
Kainuu	9 175	7 337	4 078	2 243	721	169
Keski-Suomi	5 813	3 350	1 415	659	260	118
Etelä-Pohjanmaa	4 983	3 488	1 337	467	79	8
Pohjois-Savo	4 272	2 930	1 181	502	110	31
Pohjois-Karjala	3 350	2 366	1 028	1 715	167	64
Keski-Pohjanmaa	2 784	2 218	1 153	561	181	61
Pirkanmaa	2 169	1 224	330	90	7	0
Pohjanmaa	2 595	1 984	792	269	54	13
Satakunta	1 289	794	210	45	3	0
Etelä-Savo	1 199	590	134	37	8	0
Uusimaa	597	338	67	20	2	0
Varsinais-Suomi	518	234	21	0	0	0
Kanta-Häme	517	240	51	3	0	0
Kymenlaakso	439	223	29	0	0	0
Päijät-Häme	371	152	9	0	0	0
Etelä-Karjala	243	137	25	0	0	0
Yhteensä (kpl)	107 870	87 359	54 952	37 328	19 725	12 274
Suhteellinen määrä	100 %	81 %	51 %	35 %	18 %	11 %

Taulukko 3. Potentiaalisten voimalapaikkojen määrä maakunnittain ja eri vähimmäisetäisyyksillä, kun on käytetty taulukon 1 puskurivyöhykkeitä ja 30 km:n itärajauskuria. Data-sarakkeet on liukuvärjätty siten, että kunkin sarakkeen suurin arvo on tummanvihreä ja pienin nollaa suurempi arvo on tummanpunainen.



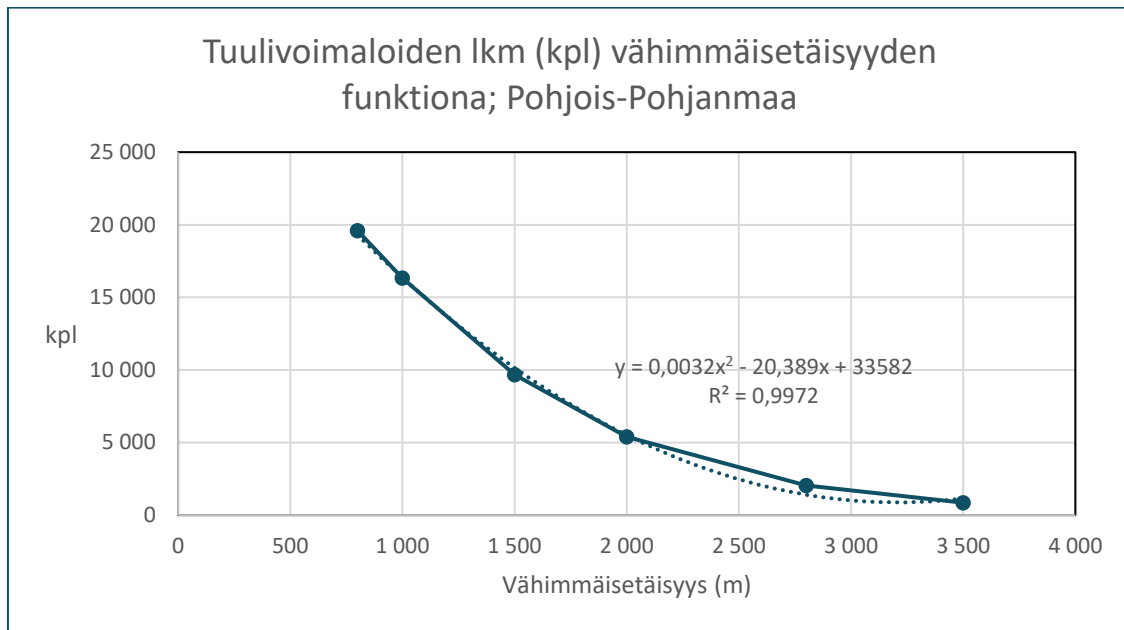
Kuva 4. Suomen valmistuneet ja lähes valmistuneet tuulivoimalat esitettynä kartalla.
Lähde: Suomen uusiutuvat ry, 2024.

Kartoilta ja taulukoista on poistettu tiedossa olevat, voimassa olevat ja toteutuneet tuuli-voimayleis- ja asemakaavat. Alueet eivät muuta rakentamispotentiaalin määrää eteläisessä-Suomessa, myöskään pidemmillä vähimmäisetäisyyksillä. Pohjanmaalla on alueita joissa osa potentiaalista on jo käytetty.

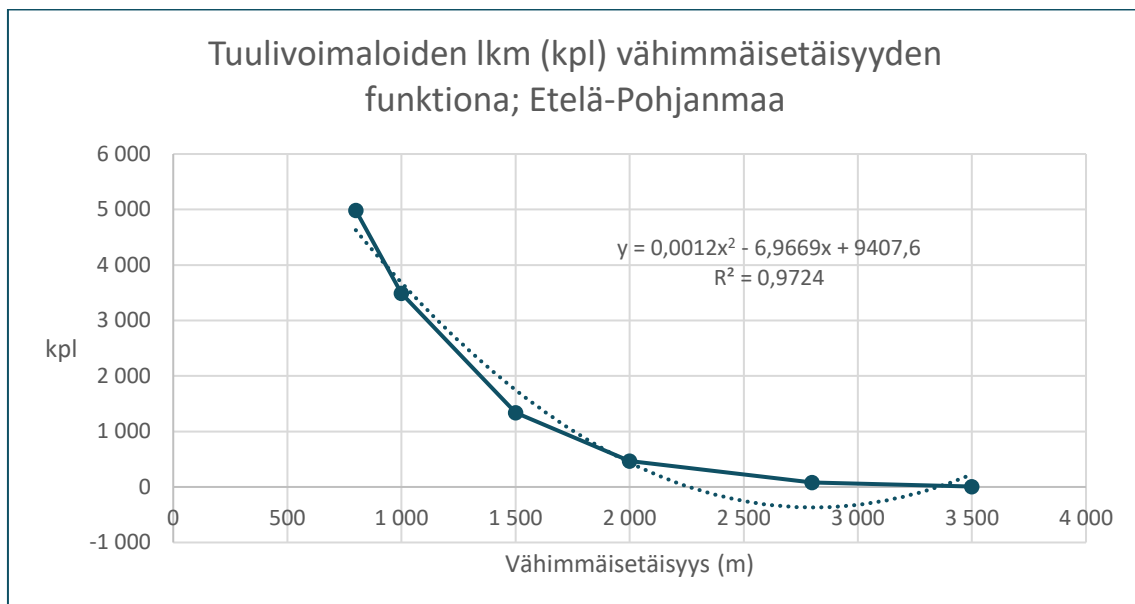


Kuva 5. Potentiaalisten voimalapaikkojen määrä vähimmäisetäisyyden funktiona ja itäraajakurin vaikutus.

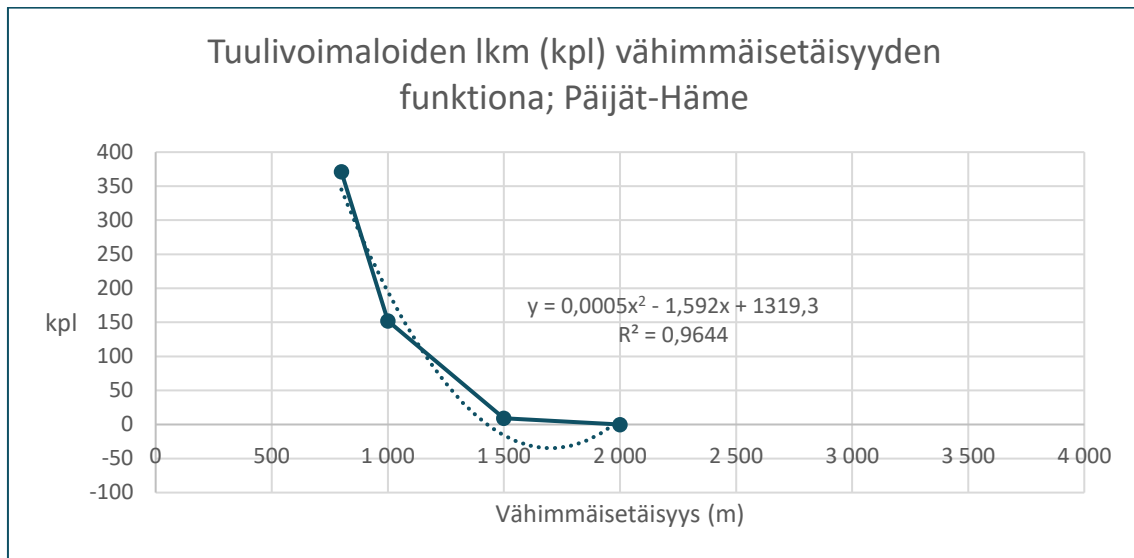
Seuraavassa on esitetty kuvaajana esimerkinomaisesti muutama maakunnallinen tulos.



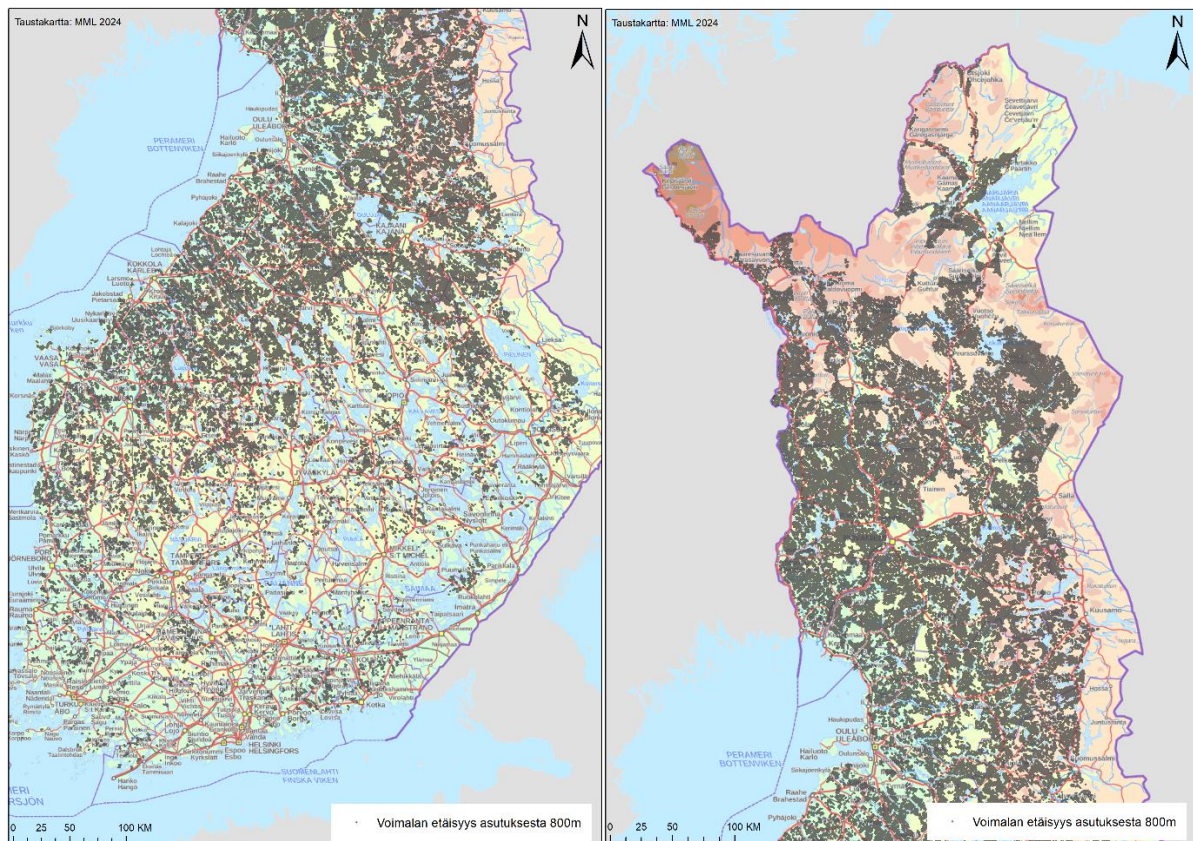
Kuva 6. Potentiaalisten voimalapaikkojen määrä Pohjois-Pohjanmaalla. Trendiviivaksi (pistekatkoviiva) on sovitettu lukumäärän ja vähimmäisetäisyyden yhteyttä hyvin (selitysaste lähes 1) kuvaava 2. asteen polynomi. Lisäksi pisteet on yhdistetty murtoviivalla (yhtenäinen viiva).



Kuva 7. Potentiaalisten voimalapaikkojen määrä Etelä-Pohjanmaalla. Trendiviivaksi (pistekatkoviiva) on sovitettu lukumäärän ja vähimmäisetäisyyden yhteyttä hyvin (selitysaste lähes 1) kuvaava 2. asteen polynomi. Lisäksi pisteet on yhdistetty murtoviivalla (yhtenäinen viiva).

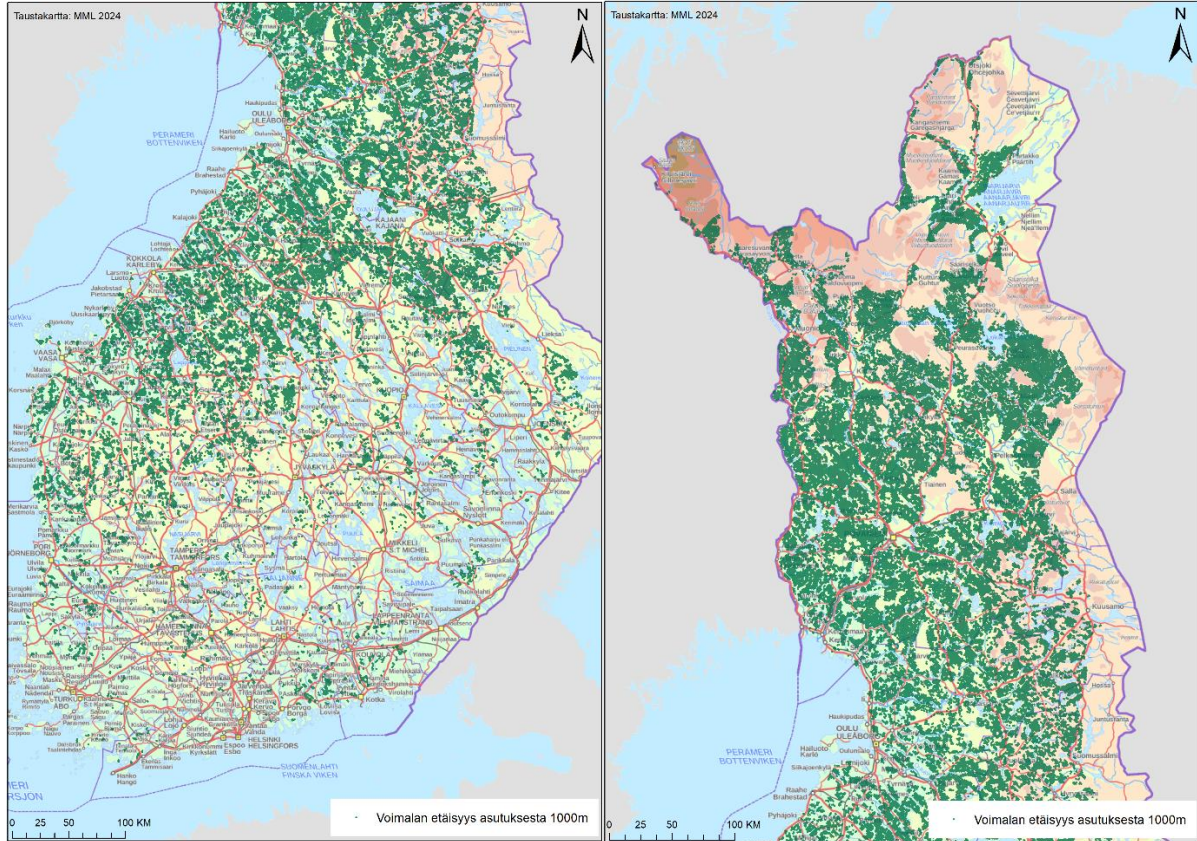


Kuva 8. Potentiaalisten voimalapaikkojen määrä Päijät-Hämeessä. Trendiviivaksi (pistekat-koviiva) on sovitettu lukumäärän ja vähimmäisetäisyyden yhteyttä hyvin (selitysaste lähes 1) kuvaava 2. asteen polynomi. Lisäksi pisteet on yhdistetty murtoviivalla (yhtenäinen viiva).

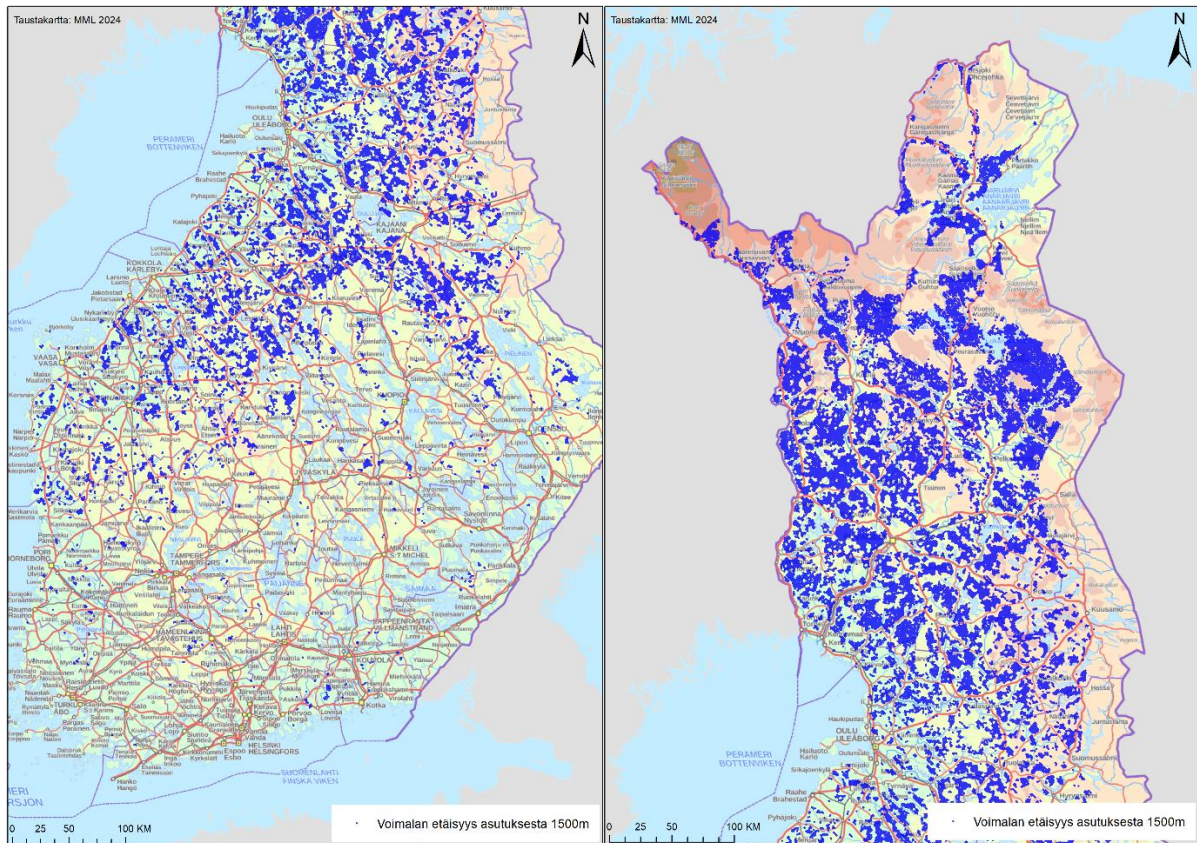


Kuva 9. Potentiaaliset voimalapaikat 800 metrin asutusvyöhykkeen ulkopuolella. Kartat kuvaavat teoreettisesti maksimissaan potentiaalisten tuulivoima-alueiden sijainnin tässä selvi-

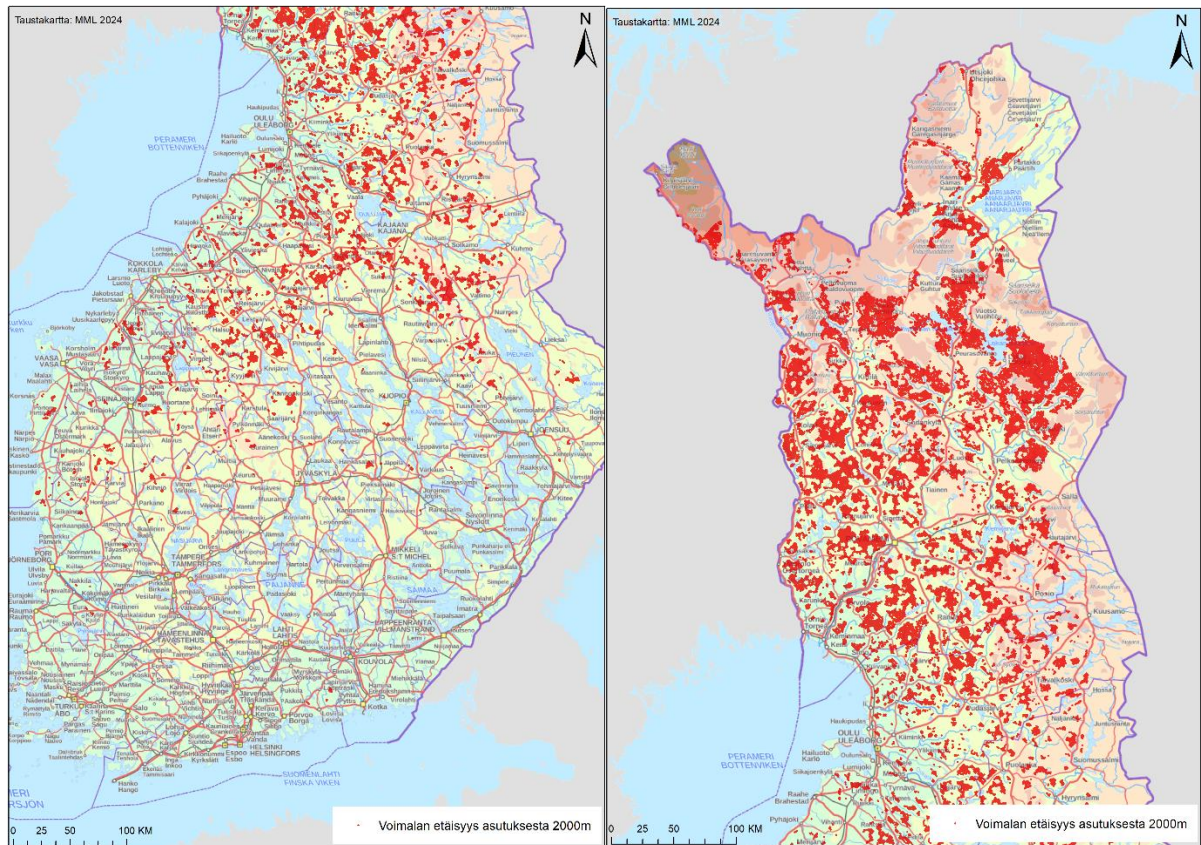
tyksessä käytettyjen lähtötietojen perusteella. On huomattava, että läheskään kaikki kartoilla näkyvät potentiaaliset paikat eivät kuitenkaan voisi toteutua muiden kuin tässä tarkastelussa huomioitujen tuulivoimarakentamista estävien seikkojen vuoksi.



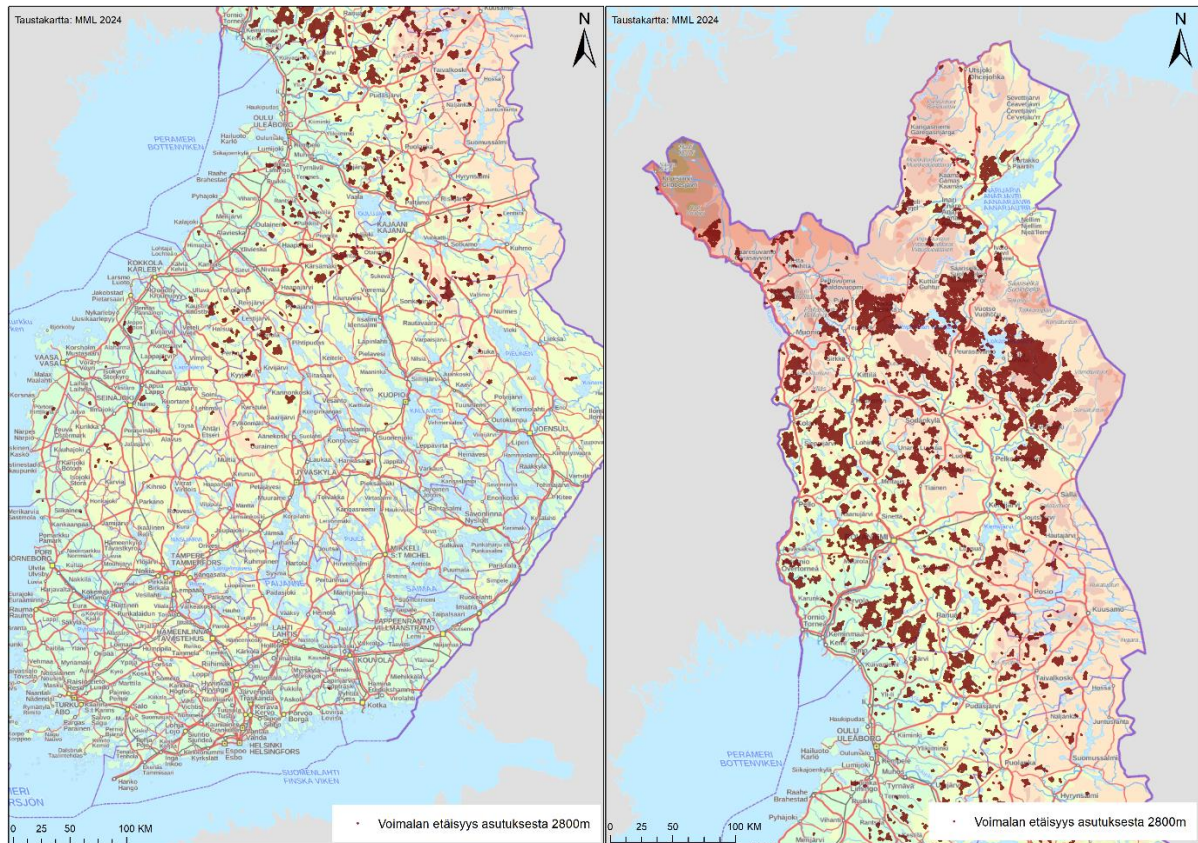
Kuva 10. Potentiaaliset voimalapaikat 1 000 metrin asutusvyöhykkeen ulkopuolella. Kartat kuvaavat teoreettisesti maksimissaan potentiaalisten tuulivoima-alueiden sijainnin tässä selvityksessä käytettyjen lähtötietojen perusteella. On huomattava, että läheskään kaikki kartoilla näkyvät potentiaaliset paikat eivät kuitenkaan voisi toteutua muiden kuin tässä tarkastelussa huomioitujen tuulivoimarakentamista estävien seikkojen vuoksi.



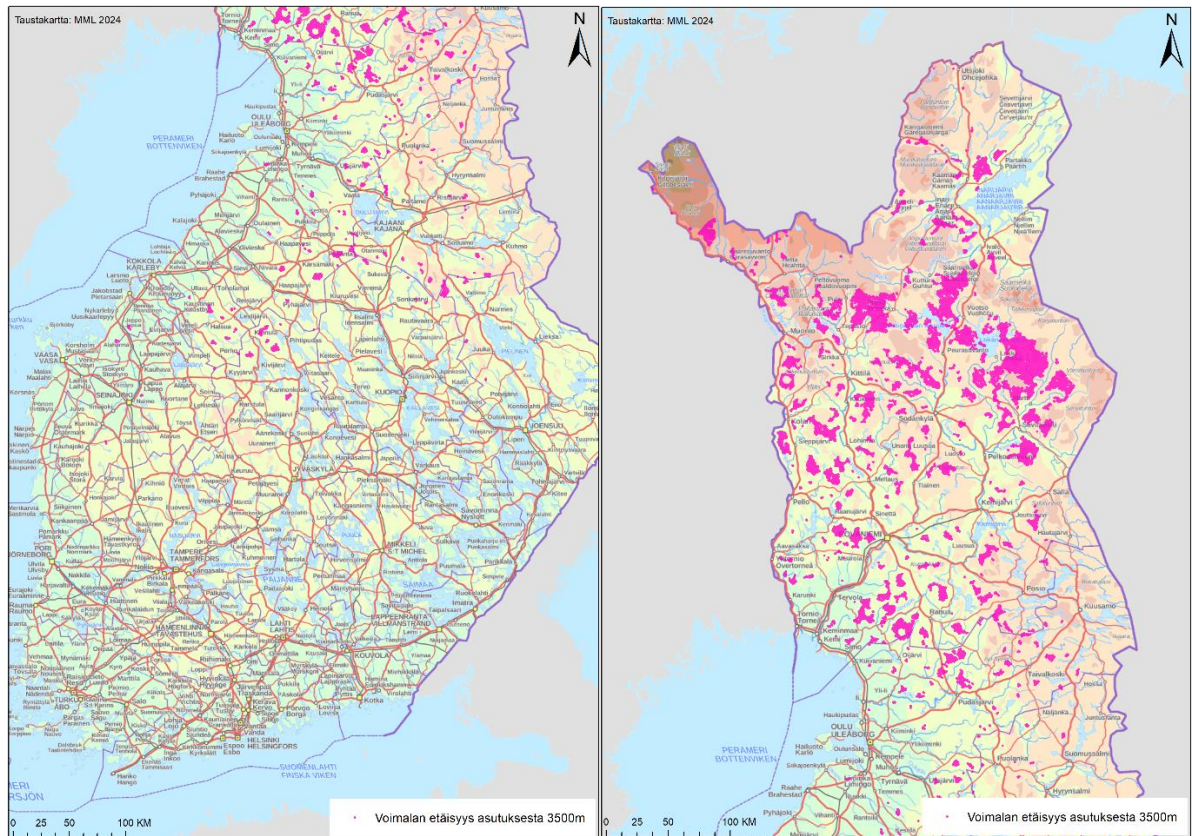
Kuva 11. Potentialiset voimalapaikat 1 500 metrin asutusvyöhykkeen ulkopuolella. Kartat kuvaavat teoreettisesti maksimissaan potentiaalisten tuulivoima-alueiden sijainnin tässä selvityksessä käytettyjen lähtötietojen perusteella. On huomattava, että läheskään kaikki kartoilla näkyvät potentiaaliset paikat eivät kuitenkaan voisi toteutua muiden kuin tässä tarkastelussa huomioitujen tuulivoimarakentamista estävien seikkojen vuoksi.



Kuva 12. Potentiaaliset voimalapaikat 2 000 metrin asutusvyöhykkeen ulkopuolella. Kartat kuvaavat teoreettisesti maksimissaan potentiaalisten tuulivoima-alueiden sijainnin tässä selvityksessä käytettyjen lähtötietojen perusteella. On huomattava, että läheskään kaikki kartoilla näkyvät potentiaaliset paikat eivät kuitenkaan voisi toteutua muiden kuin tässä tarkastelussa huomioitujen tuulivoimarakentamista estävien seikkojen vuoksi.



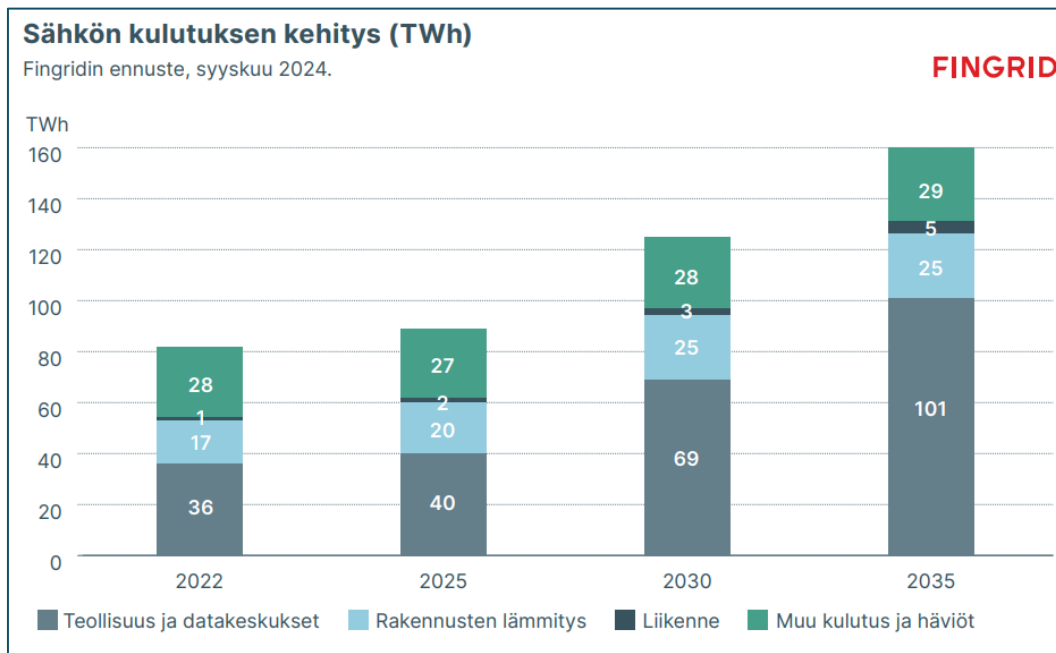
Kuva 13. Potentiaaliset voimalapaikat 2 800 metrin asutusvyöhykkeen ulkopuolella. Kartat kuvaavat teoreettisesti maksimissaan potentiaalisten tuulivoima-alueiden sijainnin tässä selvityksessä käytettyjen lähtötietojen perusteella. On huomattava, että läheskään kaikki kartoilla näkyvät potentiaaliset paikat eivät kuitenkaan voisi toteutua muiden kuin tässä tarkastelussa huomioitujen tuulivoimarakentamista estävien seikkojen vuoksi.



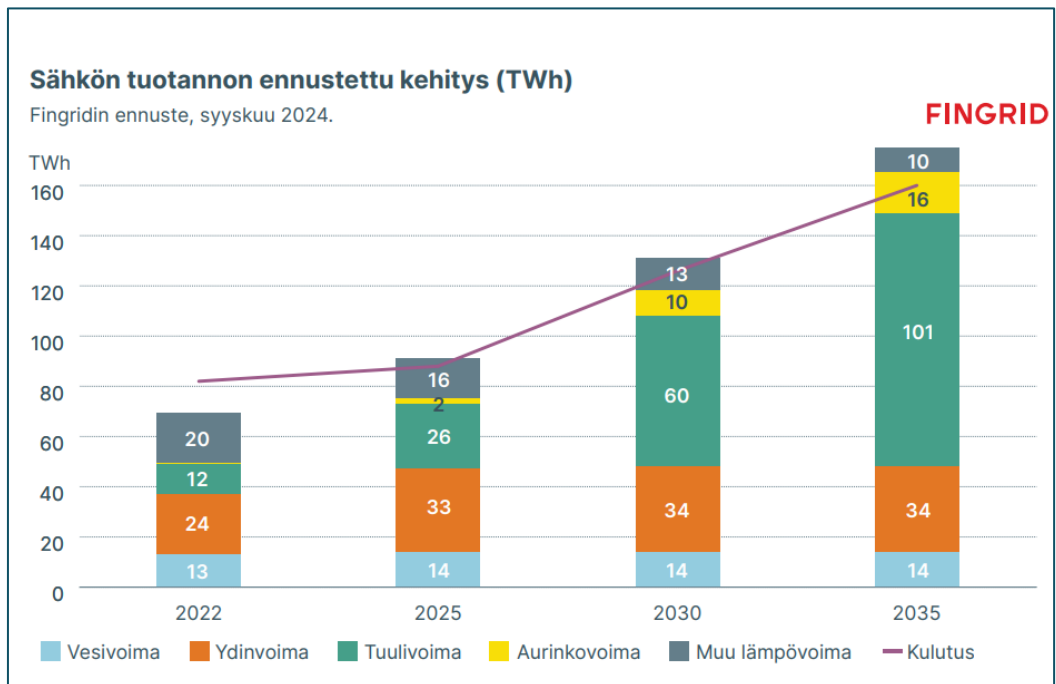
Kuva 14. Potentiaaliset voimalapaikat 3 500 metrin asutusvyöhykkeen ulkopuolella. Kartat kuvaavat teoreettisesti maksimissaan potentiaalisten tuulivoima-alueiden sijainnin tässä selvityksessä käytettyjen lähtötietojen perusteella. On huomattava, että läheskään kaikki kartoilla näkyvät potentiaaliset paikat eivät kuitenkaan voisi toteutua muiden kuin tässä tarkastelussa huomioitujen tuulivoimarakentamista estävien seikkojen vuoksi.

3.2 Potentiaalisten alueiden toteutuminen

Fingridin ennusteen (Fingrid 2024) mukaan sähkönkulutus tulee lisääntymään vuoteen 2035 mennessä lähes kaksinkertaiseksi nykyisestä tasosta (Kuva 15). Kulutuksen kasvuun ja lämpövoimatuotannon poistumaan vastattaisiin pääosin tuulivoimatuotannolla (+75 TWh) (Kuva 16). Lukumäärällisesti kasvu vastaa noin 3 300 modernia 8 MW voimalaa (kuva 17).

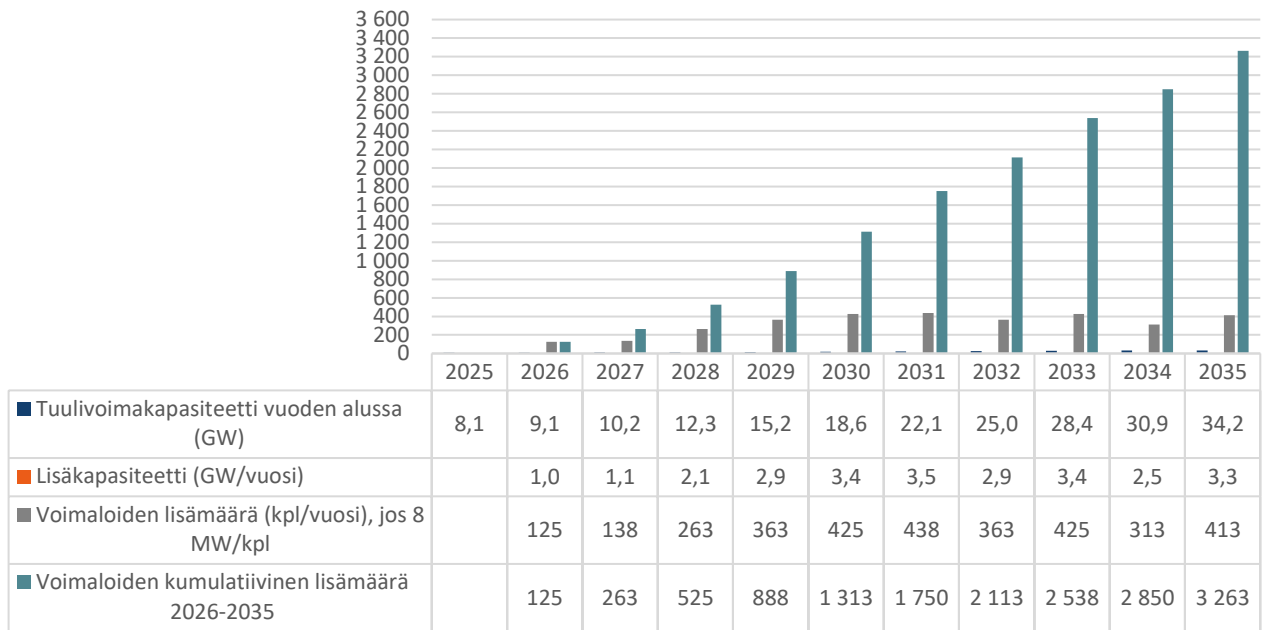


Kuva 15. Sähkön kulutuksen ennustettu kehitys Fingridin mukaan. (Fingrid 2024).



Kuva 16. Sähkön tuotannon ennustettu kehitys Fingridin mukaan. (Fingrid 2024).

8 MW:n tuulivoimaloiden lisätarve vv. 2026-2035



Kuva 17. Tuulivoimaloiden tarve Fingridin sähkönkulutus- ja tuotantoennusteiden perusteella.

Sähkön tuotannon ja kulutuksen ennustaminen yli kymmenen vuoden päähän on erittäin vaikeaa. Muut sähköntuotantotekniikat, kuten pienydinvoima ja fuusioydinvoima voivat mullistaa sähkömarkkinat jo muutaman kymmenen vuoden kuluttua. Kiinassa on jo modulaarinen pienydinvoimala ollut kaupallisessa käytössä vuodesta 2022 lähtien ja fuusioydinvoimakehitykseen investoidaan maailmassa vuosittain miljardeja euroja. Joidenkin ennusteiden mukaan ensimmäiset kaupalliset fuusioydinvoimalaitokset valmistuvat jo 20–30 vuoden kuluttua. Aurinkovoima korvaa pienen osan tuulivoimatarpeesta, myös merituulivoima voi jatkossa korvata osan maatuulivoimaloiden lisätarpeesta.

Teoreettista laskentaa varten voidaan esimerkiksi olettaa, että sähköntuotanto kasvaa lineaarisesti joka vuosi noin 400 tuulivoimalan vuosituotannon verran. Tutkimuksessa myös oletetaan, että monista syistä johtuen koko Suomen maksimi potentiaalista ei voida tai haluta toteuttaa noin 80 prosenttia. Esimerkin omaisesti käytettyyn 20 prosentin toteutettavuusasteeseen liittyy huomattavia epävarmuuksia. Luku perustuu siihen, että vaikka hankkeita käynnistyy paljon, lopulta harva niistä etenee kaavoitukseen tai saa lainvoimaa. Usein syynä ovat tarkempien selvitysten myötä esille nousseet erinäiset syyt, sekä kannattavuuden lasku. Lapin maakunnan alueella olevaan suureen potentiaaliin liittyy erityistä epätarkkuutta, alueen useiden maankäyttömuotojen ja monipuolisten maisema- ja luonnonarvojen vuoksi. Toteutettavuusastetta käytetään kuitenkin havainnollistamaan mahdollista erästä tulevaisuuden skenaariota.

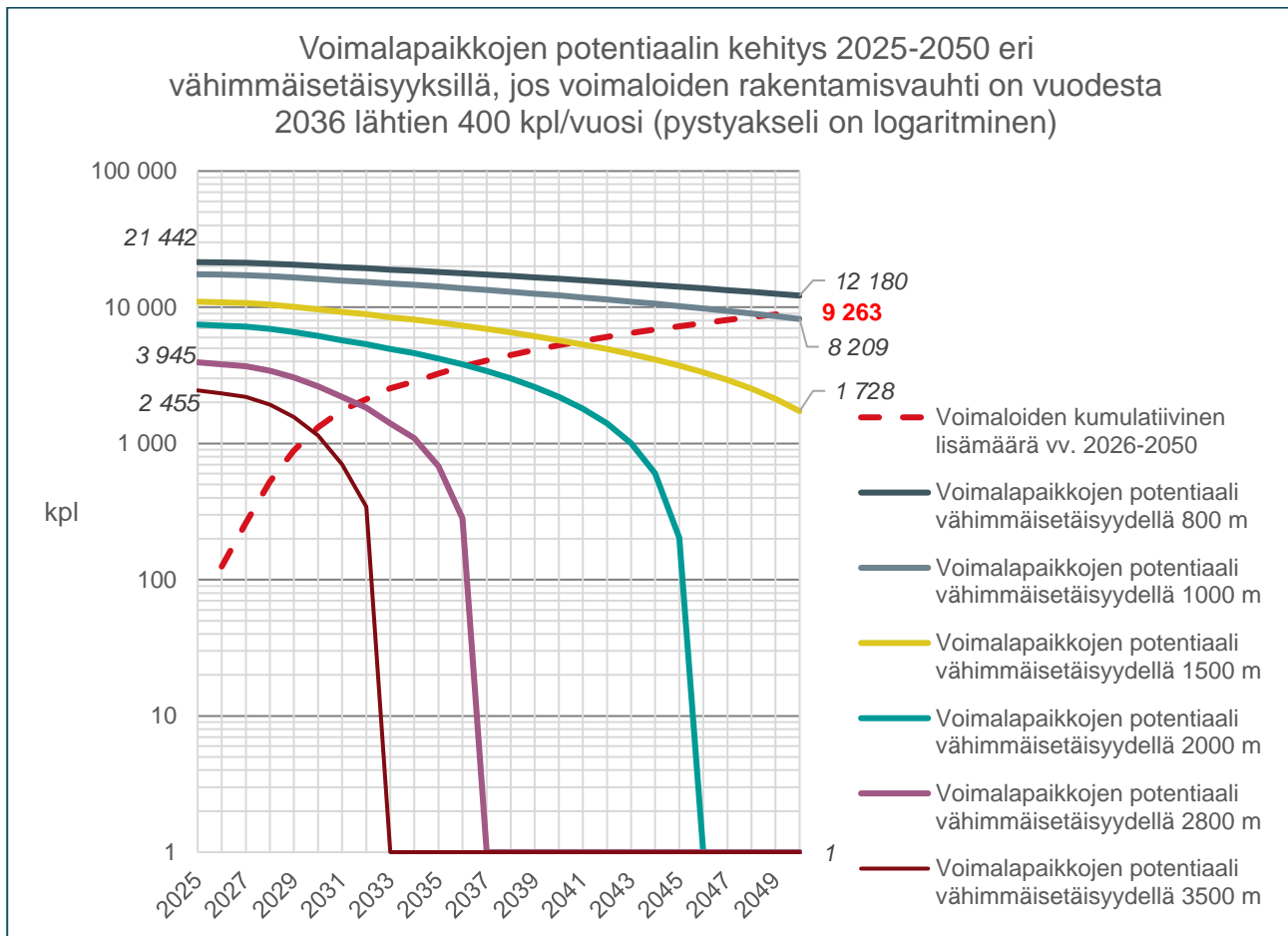
Käyttökelpoisuutta rajoittavat mm. seuraavat tekijät, joiden vaikutusta potentiaalisten sijaintipaikkojen määrään ei ole tässä selvityksessä pystytty mielekkäällä tarkkuudella tunnistamaan:

- Muut välttämättömät tai paremmin taloudellisesti tuottavat vaihtoehtoiset maankäyttötarpeet.
- Muiden elinkeinojen, kuten poronhoidon ja matkailun kanssa yhteensovittaminen.
- Edellä kuvattujen puskurikriteerien lisäksi tarkemmissa selvityksissä ilmenevät luontoarvot, maisema-arvot, maanpuolustuksen tarpeet ym.
- Maanomistajien haluttomuus vuokrata alueitaan.
- Kuntien haluttomuus osoittaa alueita tuulivoimakäyttöön.
- Investointikustannusten suuruus
- Huonot perustamisolosuhteet
- Tarve pitkille siirtolinjoille (Tilanne voi muuttua ajan kanssa paremmaksi, jos kantaverkkoa tihennetään tai alueen lähelle syntyy teollisuutta.)
- Resurssien saatavuus, kuten rahoitus, voimaloiden komponentit, urakoitsijat ym. (Myös näiden saatavuus vaihtelee markkinatilanteen mukaan.)

On myös muistettava, että investoinnin kannattavuus riippuu sijoittajien näkemyksestä siitä, mikä on sähkön myyntihinta voimalan operointikauden aikana. Mitä korkeammaksi he arvioivat sähkön hinnan, sitä suurempia investointikustannuksia he ovat valmiita hyväksymään – ja tietenkin päinvastoin. Hintanäkemykset muuttuvat markkinoiden kehityksen myötä, jolloin esimerkiksi aiemmin toteutumattomia kohteita saatetaan rakentaa.

Kuvan 18 perusteella havaitaan, että jo 1 500 metrin vähimmäisetäisyydellä tuulivoimarakentaminen käytännössä loppuisi Etelä-Suomessa, vaikka potentiaalisia kohteita voisi hyvinkin riittää koko Suomen tasolla.

Suuret vähimmäisetäisyydet myös pirstaloivat ison osan potentiaalisista alueista siten, että potentiaalisten tuulivoima-alueiden voimalat olisivat kaukana toisistaan, jolloin niiden väliset siirtolinjat ja huoltotiet pitenisivät nostaten kustannuksia ja heikentäen investoinnin kannattavuutta.



Kuva 18. Skenaario voimalapaikkojen potentiaalin kehityksestä eri vähimmäisetäisyyksillä tehtyjen laskentaoletuksien perusteella (20 % enimmäispotentiaalista, Fingridin sähköntuotantoennusteen vaatimat tuulivoimalat v. 2035 asti ja sen jälkeen 400 uutta voimalaa vuodessa). Huomaa, että pystyakseli on logaritminen.

Edellä olevasta kuvaajasta voidaan lukea:

1. Kun vähimmäisetäisyys asutukseen on 3 500 m, käyttökelpoisia sijaintipaikkoja olisi aluksi n. 2 500 kpl. Sähkötarpeen kasvuun perustuvan rakentamisvauhdin perusteella tuo määrä olisi käytetty loppuun vuonna 2033.
2. Vastaavasti:
 - a. 2 800 m; n. 4 000 kpl; paikat loppuvat v. 2037 ja
 - b. 2 000 m; n. 7 500 kpl; paikat loppuvat v. 2046.
3. Toisaalta, kun vähimmäisetäisyys on 1 500 m, käyttökelpoisia rakennuspaikkoja olisi aluksi n. 11 000 kpl ja v. 2050 jäljellä olisi niistä vielä n. 1 700 kpl.

4. Mitä enemmän on potentiaalisia ja käyttökelpoisia sijaintipaikkoja, sitä todennäköisempää on, että toimijat löytävät tuottovaatimukset täyttäviä sijaintipaikkoja ja hankkeita toteutetaan.

Vertailun vuoksi Suomen uusiutuvat ry:n tilastojen (2.1.2024) mukaan: "Vuoden 2023 lopussa Suomessa oli yhteensä 1 601 toiminnassa olevaa tuulivoimalaa. Uusia voimaloita rakennettiin vuoden 2023 aikana 212 kappaletta (1 280 MW) ympäri Suomea. Suomen tuulivoimakapasiteetti oli vuoden 2023 lopussa 6 946 megawattia (MW)." Lisäksi (2.7.2024): "...kesäkuussa 2024 laatiman tilaston mukaan alkuvuonna rakennettiin 60 uutta tuulivoimalaa, joiden teho on yhteensä 377 megawattia (MW). Maamme tuulivoimaloiden yhteenlasketun tuotantotehon odotetaan kasvavan yli 8 000 megawattiin vuoden loppuun mennessä." Jotta esimerkiksi Fingridin sähköntuotantoennusteen (vrt. kuva 16) edellyttämiin tuulivoimalamääriin päästäisiin, tuulivoiman rakentamista tulisi kiihdyttää nykyisestä vuositasolla suuruusluokaltaan jopa 3,5-kertaiseksi (nimellisteholla laskettuna).

Voidaan todeta, että 3 500 metrin (eli 10 x 8 MW:n voimalan kokonaiskorkeus) vähimmäisetäisyys todennäköisesti vaikuttaisi kielteisesti uuden tuulivoimakapasiteetin rakentamisen, koska sopivien paikkojen etsiminen ja vuokrasopimusneuvottelut vaikeutuisivat merkittävästi jo lähitulevaisuudessa. Samoin kävisi 2 800 metrin vähimmäisetäisyydellä. Sen sijaan 1 500 metrin vähimmäisetäisyydellä voisi olla vielä mahdollista, että maatuulivoiman rakentaminen jatkuisi kohtalaisella nopeudella, kunnes uudet tekniikat mahdollisesti poistavat uuden tuulivoiman tarpeen.

Tuulivoimatoimijat rakentavat voimaloita vain nähtävissä olevaan tarpeeseen (kysynnän suuruus ja sellainen sähkön hintataso, joka mahdollistaa riskitason määrittämisen investoinnin tuottovaatimuksen saavuttamisen) ja silloinkin erilaisten pullonkaulojen hidastamana, kuten sähkönsiirtokapasiteetti, luvitus sekä rahoitus- ja tuotantoresurssit. Myös nämä seikat tekevät tuulivoimarakentamisen nopeuden ja kokonaismäärien luotettavasta ennustamisesta haastavaa.

3.3 Arvio eri vaihtoehtojen vaikutuksesta tuulivoiman toimintaedellytyksien kehittämiseen

Kiinteä etäisyysvaatimus 800 m eli n. 2,3 kertaa 350 metrin kokonaiskorkeus eli käytännössä melusäädöksistä aiheutuva nykyvaatimus:

- Koko Manner-Suomen tasolla riittää potentiaalisia tuulivoima-alueita ja Etelä-, Keski- ja Itä-Suomessakin olisi melko paljon tuulivoimayhtiöille alueita tarkemmin tutkittaviksi.
- Sähköntuotannon lisäystarpeiden tyydyttäminen maatuulivoimarakentamisella ennusteiden edellyttämällä tasolla tarkastelukaudella 2025–2050 ei olisi ongelma.

Kiinteä etäisyysvaatimus 1 000 m eli n. 2,9 x kokonaiskorkeus:

- Koko Manner-Suomen tasolla riittää potentiaalisia tuulivoima-alueita. Etelä-, Keski- ja Itä-Suomessakin olisi vielä tuulivoimayhtiöille alueita tarkemmin tutkittaviksi.
- Sähköntuotannon lisästarpeiden tyydyttäminen maatuulivoimarakentamisella ennusteiden edellyttämällä tasolla tarkastelukaudella 2025–2050 tuskin olisi ongelma.

Kiinteä etäisyysvaatimus 1 500 m eli n. 4,3 x kokonaiskorkeus:

- Aluksi voisi koko Suomen tasolla riittää potentiaalisia tuulivoima-alueita tuulivoimayhtiöille tarkemmin tutkittaviksi, mutta Etelä-, Keski- ja Itä-Suomi potentiaali olisi pian käytetty.
- Jos tuulivoimarakentaminen etenisi ennusteiden edellyttämän lisästarpeen mukaisesti, tarkastelukauden 2025–2050 lopulla sopivien alueiden löytäminen vaikeutuisi.

Kiinteä etäisyysvaatimus 2 000 m eli n. 5,7 x kokonaiskorkeus:

- Arvattavasti aluksi voisi koko Suomen tasolla riittää potentiaalisia tuulivoima-alueita tuulivoimayhtiöille tarkemmin tutkittaviksi, mutta Etelä-, Keski- ja Itä-Suomi potentiaali olisi pian käytetty.
- Jos tuulivoimarakentaminen etenisi ennusteiden edellyttämän lisästarpeen mukaisesti, tarkastelukauden 2025–2050 lopulla sopivien alueiden löytäminen olisi jo erittäin vaikeaa.

Etäisyysvaatimukset 8 x ja 10 x voimalan kokonaiskorkeus eli $8 \times 350 = 2\,800$ m ja $10 \times 350 = 3\,500$ m:

- Aiheuttaa radikaalin vähenemän potentiaaliin tuulivoima-alueiden laajuuteen, jos halutaan rakentaa korkeampia ja tehokkaampia voimaloita siten tuottavampia voimaloita.
- Johtaa matalampien ja kustannustehottomampien voimaloiden rakentamiseen.
- Estää suurella todennäköisyydellä sen, että maatuulivoimarakentaminen etenisi ennusteiden edellyttämän lisästarpeen mukaisesti, ja saattaa jopa tyrehtyttää sen käytössä kokonaan 10–15 vuoden kuluessa.

3.4 Kiinteiden ja voimalan kokonaiskorkeuden kerrannaisiin perustuvien vähimmäisetäisyysvaatimusten vertailua

Kokonaiskorkeuden kerrannaisiin perustuva sääntely ottaa automaattisesti ainakin osin huomioon alati suurenevien tuulivoimaloiden melunvaimennuksen ja yleensä haitalliseksi koetun näkyvyyden maisemassa. Jos vähimmäisetäisyyttä säädellään kokonaiskorkeuden kerrannaisiin perustuen, se ohjaa rakentamaan matalampia voimaloita käyttökelpoisten voimala-alueiden niille reunoille, joissa aluerajaus perustuisi asutuksen läheisyyteen eikä

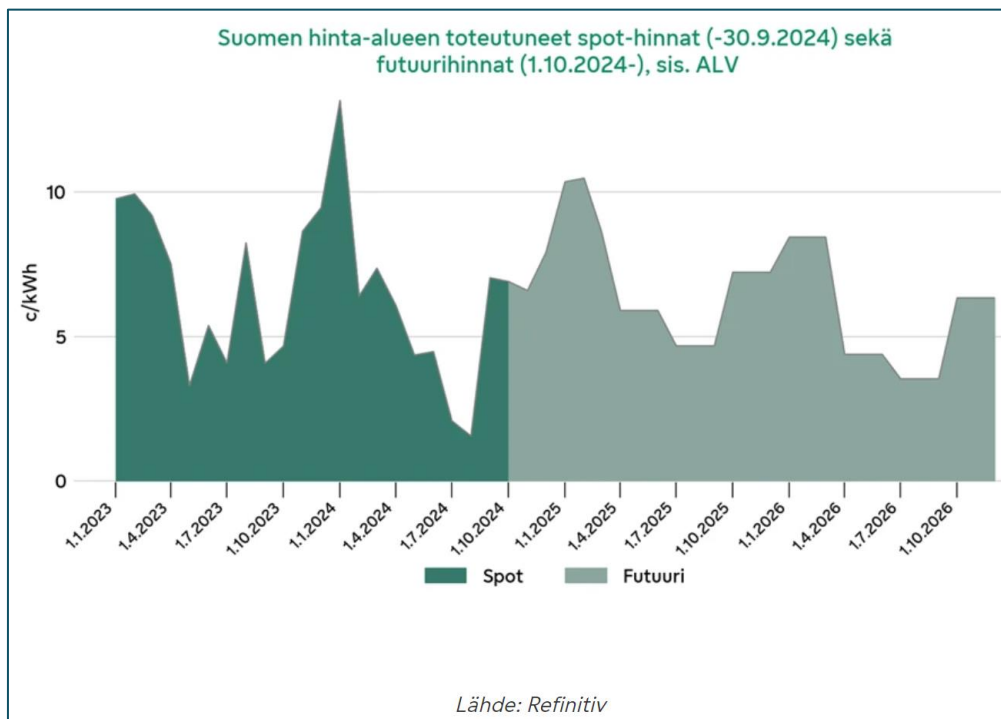
johonkin muuhun puskuritekijään. Voimala-alueen ”taaempana” olevat voimalat saattaisivat silti olla korkeampia.

Erikokoisten mastojen rakentaminen on jonkin verran epätaloudellisempaa kuin se, että kaikki mastot ovat samankokoisia, jolloin sarjatuotannon edut ovat suuremmat. Sarjatuotantoedut koskevat sekä mastoja että osin niiden perustuksia. Oleellisempaa on kuitenkin kokonaiskorkeuskertoimen arvo: Jos arvo asetetaan liian korkeaksi, potentiaaliset tuuli-voima-alueet supistuvat niin pieniksi, että sähköntuotannon lisästarvetta ei pystytä varmistamaan.

3.5 Sähkön hinnasta ja sen vaikutuksesta investointeihin

Sijoittajan kannalta sähkön hinnan tulee olla sellainen, että se mahdollistaa riskitason määrittämisen tuulivoimainvestoinnin tuottovaatimuksen saavuttamisen. Sähkön pörssihinta alkoi nousta vuonna 2022, saman vuoden lopulla nousu jatkui voimakkaana. Hinta kuitenkin tippui jyrkästi jo vuoden 2023 alussa ja on pysytellyt alhaisena siitä asti. Kausittaista vaihtelua kuitenkin tapahtuu.

Aikavälillä 1.1.2023–25.10.2024 sähkön veroton keskihinta oli 5,22 snt/kWh eli 52,2 €/MWh. Futuurihinnat (sis. ALV) 1.10.2024 noteerauksilla 1.10.2026 asti vaihtelevat välillä n. 40–110 €/MWh.



Kuva 19. Suomen hinta-alueen toteutuneet spot-hinnat ja futuurihinnat tilanteessa 1.10.2024 (Fortum 2024).

Tekoälyllä toteutetun ennusteen mukaan vuoden 2030 hintataso on nykyistä alhaisempi (Lampela 2023). Tutkimuksessa olevan taulukon mukaan, jos sähkön käyttö on esim. 105 TWh vuodessa ja tuulivoimakapasiteetti jää noin nykytasolle 9 GW:iin, sähkön hinta on 3,9 snt/kWh eli 39 €/MWh. Fingrid kuitenkin ennustaa vuoden 2030 sähkönkulutukseksi 126 TWh ja tuulivoimakapasiteetiksi 18,6 MW. Tuolloin hintaennuste olisi Lampelan diplomi-työssä esitetyistä tuloksista interpoloimalla 7,4 snt/kWh eli 74 €/MWh.

Sähkön hintavaihteluihin voi olla jonkin verran merkitystä myös sillä, jos tuulivoimalat sijoituvat pääosin samoille alueille. Tällöin näille alueille syntyviä tyyniä päiviä ja alhaista tuotantoa ei voitaisi kompensoida sillä, että muissa osissa Suomea tuulisi.

On selvää, että sähkön pörssihintaan sisältyy huomattava riski, jota tuulivoimayhtiöt vähentävät ennen investointipäätöstä tehtävillä sähkönostosopimuksilla suurten sähkönkäyttäjien kanssa. Sähkönostosopimuksilla pyritään lyömään kiinni ainakin haluttu vähimmäisosuus arvioidusta tuotannosta. Sopimushinnat ovat kuitenkin yhtiöiden liikesalaisuuk-sien ydintä eikä niistä ole julkista tietoa.

Alan toimijat hallitsevat riskejä myös käymällä kauppaa sähkön futuureilla. Sijoittajan onnistuminen sähkönostosopimusten hinnoittelussa ja näkemys siitä, miten pörssihinnoilla myytävän sähkön myyntihinnat kehittyvät, ovat ratkaisevia tekijöitä investointipäätöksessä. Mitä parempiin myyntihintoihin sijoittajat uskovat, sitä kalliimpiin paikkoihin kannattaa tuulivoimaloita sijoittaa. Ja kääntäen: mitä alhaisempi on myyntituloennuste, sitä useampi hanke jää toteutumatta.

4 Vähimmäisetäisyyksien vaikutukset

Etäisyysmallinnoista ilmenee, että laajat potentiaalisimmat alueet sijoittuvat Pohjanmaalta Lappiin sijoittuvalle alueelle. Pienimmällä 800 metrin vähimmäisetäisyydellä tarkasteltuna potentiaalisia alueita sijoittuu myös laajalti eteläisen Suomen alueelle. Yli 1 000 metrin vähimmäisetäisyyksillä tuulivoimaa ei voisi rakentaa eteläiseen Suomeen. Suurem-milla 2 800 ja 3 500 metrin vähimmäisetäisyyksillä potentiaalisia alueita sijoittuu Lapin li-säksi käytännössä vain Kainuuseen ja Pohjois-Pohjanmaalle. Tuulisuuden kannalta parhaat paikat ovat rannikolla. Korkeammilla voimaloilla pystytään kuitenkin vähentämään alueiden välisiä tuottavuuseroja, koska keskituulennopeus on korkeammalla, noin 300 metrissä, yh-täläisempää kautta maan.

Vähimmäisetäisyysvyöhykkeiden vaikutukset sähkönsiirron kustannuseroihin ovat suuret lyhyempien ja pidempien vähimmäisetäisyyksien välillä. Tuulivoiman sijoittaminen kauas asutuksesta tarkoittaa sen sijoittamista usein myös kauas sähkönsiirrosta, joka lisää kustan-nuksia. Fingridin ennusteen mukaan jo vuonna 2030 teollisuus ja datakeskukset kuluttavat yli puolet Suomessa käytetystä sähköstä. Sen vuoksi siirtolinjojen rakentamisen kustannus-

ten ja siirtohäviöiden minimoinnin näkökulmasta tuulivoima tulisi rakentaa mahdollisimman lähelle teollisuutta ja kulutusta. Jos nämä tekijät laskevat tuoton alle investoinnin tuotovaatimuksen, hanketta ei toteuteta.

Kun vaadittu vähimmäisetäisyys asutukseen kasvaa, potentiaaliset alueet tuulivoimatuotannolle vähenevät. Valittaessa alueita tuotantoon vähäinen vaihtoehtojen määrä voi ohjata tai pakottaa rakentamaan voimaloita sellaisille alueille, joiden sisällä tai läheisyydessä sijaitsee muita merkittäviä arvoja ja näille alueille ei muuten voimaloita ensisijaisesti rakennettaisi. Erikokoisten mastojen rakentaminen on jonkin verran epätaloudellisempaa kuin se, että kaikki mastot ovat samankokoisia, jolloin sarjatuotannon edut ovat suuremmat. Sarjatuotantoedut koskevat sekä mastoja että osin niiden perustuksia. Oleellista on kuitenkin kokonaiskorkeuskertoimen arvo. Jos arvo asetetaan liian korkeaksi potentiaaliset tuulivoima-alueet supistuvat niin pieniksi, että sähköntuotannon lisästarvetta ei pystytä varmistamaan.

Lopulta kyse on kuitenkin toimijan kannattavuuslaskelmien tuloksesta ja siitä onko esimerkiksi pienempien voimaloiden rakentaminen tuotto-odotusten kannalta järkevää.

4.1 Taloudelliset vaikutukset

Heikki Savikko ja Joonas Hokkanen ovat v. 2023 laatineet vaikutusten arvioinnin ansiokkaan työn tuulivoiman aluetaloudellista vaikutuksista. Työssä on mallinnettu ja laskettu 20 tuulivoimalan muodostaman tuulivoima-alueen vaikutukset. Mallinnuksen parametrit ja tulokset on koottu alla olevaan taulukkoon.

Savikko ja Hokkanen 2.2.2023											
Voimaloiden lukumäärä	N	20	kpl								
Sijainti		Etelä-Pohjanmaa ja Pohjanmaa									
Tuulivoimalan nimellisteho	Pi	7,0	MW								
Vuosituotanto per voimala	Ei	22 500	MWh								
	t = Ei/Pi	3 214	tuntia vuodessa nimellisteholla								
Kokonaistuotanto	E = N x Ei	450 000	MWh vuodessa								
Keskimääräinen sähkönhinta	p	36,98	€/MWh								
Sähkönsiirto		15	km, 110 kV:n ilmalinja								
Arvonlisävero											
Tuotantoaika	T	35	vuotta								
Kokonaissähkömyynti (alv 0 %)	M = EpT	582 435 000	€								
koko elinkaaren aikana		582	M€								
Vaikutukset Suomessa 20 voimalan puisto											
Kustannus- ja vaikutusdataa		Kesto	Kustannukset	Investointi- vaikutus	mistä suora	Työllisyys	Liikevaihto	mistä suora	Bkt	Arvon- lisäys	Verot
Vaiheet		vuosia	M€	M€	M€	htv	M€	M€	M€	M€	M€
Esiselvitysvaihe		1	0,01								
Kaavoitus ja luvitus		7	2,5	1	1	38	6	0	3	3	1
Rakentaminen		2	160	187	143	976	170	0	82	73	34
Operointi ja tuotanto		35	110	25	25	828	729	582	567	557	228
Käytöstä poisto		1	2,5	0	0	37	5	0	2	2	1
Yhteensä		46	275	213	169	1 879	910	582	654	635	264
Mistä	Suorat vaikutukset			169		310	582	582	494	482	205
	Kerrannaisvaikutukset			44		1 569	328		160	153	59
				213		1 879	910		654	635	264

Taulukko 4. 20 tuulivoimalan tuulivoima-alueen taloudelliset vaikutukset elinkaaren ajalta Savikon ja Hokkasen mukaan (2023).

Tässä selvityksessä on jonkin verran muokattu Savikon ja Hokkasen selvityksen perusteella laskettuja vaikutuskertoimia pyöristämällä kertoimia ja muuttamalla joitain kertoimia perustuen FCG:n omiin selvityksiin. Esimerkiksi yhteisöverojen määrää ei käsityksemme mukaan pystytä mielekkään luotettavasti arvioimaan, koska ei voida tietää yritysten rahoitusrakennetta, lainasopimusten ehtoja, tehokkuutta eikä kilpailutilannetta. Taloudellisten vaikutusten laskentaan on siten käytetty taulukossa 5 esitettyjä kertoimia.

13.12.2024

JSC

Taloudelliset vaikutukset					
Suorat vaikutukset					
(kuvauksia ja ehkä jotain suuruusluokka-arvioita)					
kotitalouksiin					KÄYTETTY KERROIN
työllisyys	Lasketaan Savikon tutkimuksen perusteella ekstrapoloimalla. Käytetään htv/voimala/35v				95
palkat	Kokonaisansioden keskiarvo v. 2022 €/htv		46 176	käytetään €/htv	48 000
maanvuokratulot	Arvioidaan lehtitietojen perusteella KL 23.8.2023			€/MWP/v	6 000
yrityksiin					
lisäliikvaihto, suora = f(tuotanto x hinta)	Sähkön keskihinta (1.1.2023 - 25.10.2024)		52,2	€/MWh, käytetään	50,0
lisäliikvaihto, kerrannaisvaikutus	Savikon selvityksestä laskettu		16,4	M€/voimala/35 v, käytetään	16,4
julkiseen talouteen					
Kiinteistöverot	FCG: 35 vuoden elinkaaren aikana kum. kiinteistövero =			15 %	luvitus- ja rak. kustannuksesta
Kunnallisverot	Keskimääräinen kunnallisvero-% v. 2023		7,38 %	käytetään (mm. vähennysten vuoksi)	7,00 %
Yhteisöverot	Savikon arvio (n. 6 % liikevaihdosta) on aivan liian optimistinen. Vaikea arvioida oikeaa suuruusluokkaa, mutta todennäköisesti kuitenkin > 0 €.				
Tuloverot	Savikon selvityksestä laskettu		0,00798	M€/htv, käytetään	0,008
Tuote- ja tuotantoverot	Savikon selvityksestä laskettu		0,00000121	M€/MWh, käytetään	0,0000012
Arvonlisäys, suora	Savikon selvityksestä laskettu		82,8 %	lisäliikvaihdosta, käytetään	83,0 %
Arvonlisäys, kerrannaisvaikutus	Savikon selvityksestä laskettu		46,7 %	lisäliikvaihdosta, käytetään	47,0 %
Arvonlisäverot	Savikon selvityksestä laskettu		23,6 %	kokonaisarvonlisäyksestä, käytetään	24,10 %
kansantalouteen					
BKT	Savikon selvityksestä laskettu		102,99 %	kokonaisarvonlisäyksestä, käytetään	103,00 %

Taulukko 5. Vaikutustenarvioinnissa käytetyt kertoimet.

Taulukossa 6 on laskettu esimerkinomaisesti 20 tuulivoimalan (kukin nimellistehoaltaan 8 MW) tuulivoima-alueen sekä 200, 300 ja 400 voimalan (vastaavat mahdollisia vuosittaisia rakennusmääriä) taloudellisia vaikutuksia hankkeen koko elinkaaren (valmistelu 8 vuotta, rakentaminen 2 vuotta, operointi 35 vuotta ja purku 1 vuosi eli yhteensä 46 vuotta) aikana. Kaikki taulukossa lasketut taloudelliset vaikutukset ovat laskentamallinnustavasta johtuen lineaarisesti suoraan verrannollisia rakennettavien voimaloiden määrään.

Taloudelliset vaikutukset elinkaaren aikana: esiselvitykset, suunnittelu ja luvitus 8 v; rakentaminen 2 vuotta; operointi 35 vuotta; purku 1 vuosi.						
Nimike						
Tuulivoimaloiden lkm (kpl)	kpl	20	200	300	400	
	<i>suhteellinen määrä</i>	100 %	1000 %	1500 %	2000 %	
Kustannukset (M€) (lucitus + rakentaminen)	M€	240	2 400	3 600	4 800	
Nimellisteho (MW)	MW	160	1 600	2 400	3 200	
Sähkötuoantootarvio (MWh/vuosi)	MWh/v	512 000	5 120 000	7 680 000	10 240 000	
	MWh elinkaaren aikana	17 920 000	179 200 000	268 800 000	358 400 000	
Taloudelliset vaikutukset						
Suorat vaikutukset ja kerrannaisvaikutukset						
kotitalouksiin						
	työllisyys	htv	1 900	19 000	28 500	38 000
	palkat	M€	91	912	1 368	1 824
	maanvuokratulot	M€	34	336	504	672
yrityksiin						
	lisäliikevaihto, suora = f(tuotanto x hinta)	M€	896	8 960	13 440	17 920
	lisäliikevaihto, kerrannaisvaikutus	M€	328	3 280	4 920	6 560
	Lisäliikevaihto yhteensä	M€	1 224	12 240	18 360	24 480
julkiseen talouteen						
	Kiinteistöverot	M€	36	360	540	720
	Kunnallisverot	M€	6	64	96	128
	Yhteisöverot		Ei arvioida.			
	Tuloverot	M€	15	152	228	304
	Tuote- ja tuotantoverot	M€	22	215	323	430
	<i>Arvonlisäys, suora</i>	M€	744	7 437	11 155	14 874
	<i>Arvonlisäys, kerrannaisvaikutus</i>	M€	154	1 542	2 312	3 083
	Arvonlisäverot	M€	216	2 164	3 246	4 328
	Verot yhteensä	M€	295	2 955	4 432	5 909
kansantalouteen						
	BKT	M€	925	9 248	13 872	18 496
	<i>suhteellinen vaikutus</i>		100 %	1000 %	1500 %	2000 %

Taulukko 6. Taloudellisten vaikutusten arviointi muutamassa esimerkkitapauksessa.

Yleisesti voidaan todeta, että jos potentiaalisten alueiden määrä on alhainen verrattuna lisäsähkönkysyntään ja muihin toteutusresursseihin, se hidastaa voimaloiden valmistumista. Potentiaalia pitää olla ”riittävästi”, jotta kysyntään voidaan vastata. Lisäksi potentiaalia pitää olla ”riittävästi” niin kauan kuin lisäsähkötarve pitää kattaa pääosin tuulivoimalla. Vaapaata potentiaalia tarvitaan runsaasti enemmän kuin lopulta toteutuu, koska lopulliset voimallasijoitukset riippuvat mm. tuulivoimatoimijoiden tarkempien selvitysten tuloksista ja vuokraneuvotteluista maanomistajien kanssa.

Lukujen mukaan, esimerkiksi 3 500 metrin ja 2 800 metrin vähimmäisetäisyydet eivät jätä jäljelle riittävästi potentiaalia kaikille tässä selvityksessä olevan skenaarion (Fingridin ennuste 2026–2035 ja sen jälkeen 400 uutta tuulivoimalaa vuosittain) mukaan tarvittaville tuulivoima-alueille.

Riippumatta vähimmäisetäisyydestä, niin kauan kuin potentiaalisia alueita on ”riittävästi”, tarvittava määrä tuulivoimaloita rakennetaan kysyntää vastaamaan, jos sijoittajien tuotto-vaatimukset täyttyvät. Tuotto alenee, jos investointikustannukset nousevat tai nettotulot

laskevat. Kaikki taloudelliset vaikutukset kotitalouksien, julkisen talouden ja bruttokansantuotteen kannalta olisivat kutakuinkin samat eri vähimmäisetäisyyksillä, jos vain potentiaalisia alueita on riittävästi mahdollistamaan kysynnän mukaisen tuulivoimarakentamisen, koska taloudelliset vaikutukset ovat suoraan verrannollisia rakennettavien tuulivoimaloiden määrään. Jos potentiaalisia alueita on liian vähän, rakentaminen kallistuu, hidastuu ja ehkä lopulta loppuu, vaikka sähkön lisäkysyntää olisikin vielä. Tässä tapauksessa taloudelliset vaikutukset olisivat erilaiset eli heikommat.

Tuulivoimarakentamisen taloudelliset vaikutukset yrityksiin riippuvat ensi sijassa sähkön myyntihintojen kehityksestä elinkaaren tuotantokauden aikana. Jos sijoittajat tekevät investointipäätöksen, he ovat hyväksyneet tuulivoimalan investointikustannuksen uskoen elinkaaren aikaisten tulojen varmistavan tuottovaatimuksen toteutumisen.

4.2 Epäsuorat vaikutukset

Vähimmäisetäisyysvaihtoehtojen epäsuorat vaikutukset voivat olla moninaisia. Tuulivoimatoimijoiden investointihalukkuuteen vaikuttavat potentiaalisten tuulivoima-alueiden koko ja sijainti hyvien tie- ja sähkönsiirtoyhteyksien äärellä. Pidemmät vähimmäisetäisyysvaatimukset puskevat potentiaalisia tuulivoima-alueita kauemmaksi olevasta infrastruktuurista eivätkä siksi ole välttämättä yhtä kiinnostavia investointikohteita.

Vaikutukset muuhun maankäyttöön ja rakentamiseen voivat mahdollisten rakentamisrajoitusten kautta muuttaa aluetta hyödyntävien ihmisten ja yritysten toimintamahdollisuuksia. Kiinteän vähimmäisetäisyyden myötä myös tuulivoimatoimijoiden toimintaympäristö ja alueiden hankinta muuttuu.

Pidemmät vähimmäisetäisyydet voivat aiheuttaa kokonaisenergiatuottoon alueellisista aika- ja paikkajakautuneista tuuliolosuhteista johtuvaa sähkönhinnan vaihtelua. Pidemmällä vähimmäisetäisyyksillä voimaloita voidaan sijoittaa suurissa määrin vain pohjoisempaan Suomeen, jolloin eteläisessä Suomessa vallitseva tuuliolosuhde jää hyödyntämättä.

5 Yhteenveto

Työssä on suljettu pois sellaisia alueita, joihin eri vähimmäisetäisyyksien perusteella nykyinen maankäyttö muodostaisi esteen laajamittaiselle tuulivoimatuotannolle. Potentiaaliset voimaloiden sijaintipaikat eivät kaikki ole kuitenkaan lopulta käyttökelpoisia. Käyttökelpoisuutta rajoittavat useat eri tekijät ja arvot, jotka selviävät usein vasta esiselvitysvaiheessa, kuten paikalliset luontoarvot. Laskelmissa on tehty teoreettinen olettaus, että potentiaalisista voimaloiden rakennuspaikoista viidennes toteutuu.

Lapissa ja muissa pohjoisen maakunnissa potentiaalinen sijaintipaikkojen lukumäärä on huomattavan suuri kaikilla käytetyillä vähimmäisetäisyyksillä, kun taas joissain maakunnissa, esim. Päijät-Hämeessä, potentiaali tippuu lähes nolnaan jo 1 500 metrin vähimmäisetäisyydellä. Mitä enemmän on potentiaalisia ja käyttökelpoisia sijaintipaikkoja, sitä todennäköisempää on, että toimijat löytävät tuottovaatimukset täyttäviä sijaintipaikkoja ja hankkeita toteutetaan.

Kulutuksen kattamiseksi tarvittavien voimaloiden määrä vuoteen 2035 mennessä on Fingridin tuoreiden ennusteiden perusteella lähes 3 300 voimalaa (keskimäärin siis n. 330 kpl/vuodessa). Maatuulivoimaloiden tarvetta voivat vähentää mahdollisesti toteutuva merituulivoima sekä vuosikymmenten kuluttua uudet ydinvoimatekniikat kuten modulaarinen pienydinvoima ja fuusioydinvoima.

Lyhyimmillä 800 metrin ja 1 000 metrin vähimmäisetäisyys vaatimuksilla, sähköntuotannon lisästarpeiden tyydyttäminen maatuulivoimarakentamisella ennusteiden edellyttämällä tasolla tarkastelukaudella 2025–2050 on todennäköisesti mahdollista. Tätä pidemmillä etäisyysvaatimuksilla etelä-, itä-, ja keskisessä-Suomessa potentiaaliset paikat loppuvat jo lähivuosina. Tuulivoimaa tulisikin siirtolinjojen rakentamisen kustannusten ja siirtohäviöiden minimoinnin näkökulmasta rakentaa lähelle sen kulutusta ja teollisuutta. Fingridin ennusteen mukaan jo vuonna 2030 teollisuus ja datakeskukset kuluttavat yli puolet Suomessa käytetystä sähköstä.

Kokonaiskorkeuden kerrannaisiin perustuva sääntely ottaa automaattisesti huomioon alati suurenevien tuulivoimaloiden melunvaimennuksen ja yleensä haitalliseksi koetun näkyvyyden maisemassa. Jos kuitenkin kokonaiskorkeuskertoimen arvo asetetaan liian korkeaksi potentiaaliset tuulivoima-alueet supistuvat niin pieniksi, että sähköntuotannon lisästarvetta ei pystytä varmistamaan. Kun potentiaalisia sijoitusalueita on paljon, niistä voidaan valita parhaiten soveltuvat alueet ottaen paremmin huomioon muut alueidenkäytön tarpeet.

Lähteet

Fingrid, Sähkön tuotannon ja kulutuksen kehitysnäkymät Q3, 2024. <https://www.fingrid.fi/kanta-verkko/kehittaminen/sahkon-tuotannon-ja-kulutuksen-kehitysnakymat/>

Finnish Consulting Group, Tuulivoimarakentamisen esteet, 2022. https://www.fcg.fi/wp-content/uploads/2022/10/Raportti_Tuulivoimahankkeiden-rakentamisen-esteet.pdf

Fortum, Markkinakatsaus 7.11.2024. <https://www.fortum.fi/media/fortum-markkinakatsaus>

Hokkanen & Savikko, Tuulivoiman aluetaloudellisten vaikutusten arviointi, 2023. <https://ilmar.com/wp-content/uploads/2024/10/Tuulivoiman-aluetalousvaikutukset-7.2.2023-3.pdf>

Suomen uusiutuvat ry, Tuulivoima Suomessa 30.6.2024, 2024. https://suomenuusiutuvat.fi/media/tuulivoima_vuositilastot-1_6_2024-1.pdf

Suomen uusiutuvat ry, Tuulivoimahankkeet Suomessa, kartta: <https://suomenuusiutuvat.fi/tuulivoima/hankkeet-ja-voimalat-suomessa/kartta/> (Luettu 13.12.2024)

Ympäristöministeriö, Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, 2016. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79057/OH_5_2016.pdf