



SATAKUNNAN VAIHEMAAKUNTAKAAVA 1 Maakunnallisesti merkittävät tuulivoimatuotannon alueet

Havainnollistaminen SELOSTUKSEN ERILLISLIITE B

Satakunnan vaihemaakuntakaavan 1
selostuksen erillisiite B on
Satakuntaliiton maakuntavaltuuston
13.12.2013/§30 tekemän päätöksen
mukainen.

Porissa 31.1.2014

Satakuntaliiton tutkimus- ja
suunnittelujulkaisusarja A: xxx
www.satakuntaliitto.fi


Jukka Mäkilä, Hallintojohtaja
Maakuntavaltuuston pöytäkirjanpitäjä



SATAKUNNAN VAIHEMAAKUNTAKAAVA 1

MAAKUNNALLISESTI MERKITTÄVÄT TUULIVOIMATUOTANNON ALUEET

HAVAINNOLLISTAMINEN

Satakuntaliitto
Sarja A:XXX
ISBN XXX-XXX-XXXX-XX-X
ISSN 0789-6824

Teksti: Eeva Paitula
Kansikuva: Reposaaressa maantien tuulivoimalat 2010, Aki Hassinen

Paikkatietoaineistot: Pohjakartta © Maanmittauslaitos, lupanumero MML/VIR/001/08
Yhdyskuntarakenteen seurantarjestelmä/SYKE ja Tilastokeskus 2007, 2012

Sisältö

ESIPUHE.....	4
TIIVISTELMÄ	5
1. JOHDANTO.....	6
2. LÄHTÖKOHDAT	6
3. TAVOITTEET	8
4. SATAKUNNAN VAIHEMAAKUNTAKAAVAN TUULIVOIMALA-ALUEET	8
5. HAVAINNOLLISTAMISMENETELMÄT	12
5.1 HAVAINNEKUVASTO.....	14
5.2 NÄKYVYYSANALYYSI	15
5.3 PALLOPANORAAMAESITYS	17
5.3.1 Pallopanoraaman muodostaminen	17
5.3.2 Epävarmuustekijät	24
5.4 3D-MALLINNUS	26
5.4.1 Aineisto.....	26
5.4.2 3D-mallin laskenta	29
5.4.3 Kehittämistarpeet	37
6. HAVAINNOLLISTAMISAINEISTON HYÖDYNTÄMINEN KAAVAPROSESSISSA.....	38
7. JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITTÄMISMAHDOLLISUUDET	39
8. LÄHTEET	41

Esipuhe

Satakuntaliitto sai kesällä 2011 Ympäristöministeriön rahoituksen hankkeelle, jonka tavoitteena oli kehittää tuulivoiman rakentamiseen soveltuvien alueiden ja tuulivoimaloiden maisemallisten vaikutusten arviointia varten havainnollistamis- ja vuorovaikutusmenetelmiä maakuntakaavoituksessa. Havainnollistamisprojekti oli käytännössä osa Satakunnan vaihemaakuntakaavaa 1, jonka tavoitteena on osoittaa valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden mukaisesti parhaiten tuulivoimatuotantoon soveltuvat alueet Satakunnassa.

Maakuntakaavoitus jää usein ihmisten arjessa etäiseksi, ja kaavan ja sen mahdollistamien hankkeiden arvioiminen on hankalaa. Tuulivoimatuotanto nykypäivän teollisen mittakaavan mukaisissa tuulivoimaloissa on myös uutta meille suomalaisille, ja tuulivoimaloiden mittakaavan havainnollistaminen ja voimaloiden maisemavaikutusten ymmärrettäväksi tekeminen on koettu tärkeäksi. Projektissa on haluttu saada ihmiset arvioimaan ja huomaamaan lähiympäristön, ja tuulivoiman osalta laajemmankin ympäristön mahdollista muuttumista ja muutoksen merkittävyyttä. Hankkeen aikana on kysytty, mihin asti tuulivoimalat näkyvät? Saavatko tuulivoimalat näkyä maisemassa, kulttuurimaisemassa, valtakunnallisesti merkittävässä kulttuurimaisemassa, tai Unescon maailmanperintökohteelle? Entä minkä asteinen maiseman muutos on yleisesti hyväksyttävää? Tässä keskustelussa projektin tuotokset ovat olleet ensiarvoisia keskustelun käynnistäjiä ja arvioinnin apuvälineitä. Voidaankin sanoa, että tulokset ovat yllättäneet jopa asiantuntijat prosessin aikana.

Hankkeen perustana oli Mannertuulialueet Satakunnassa -selvitys ja projektisuunnittelijana toimi LuK (maantiede) Eeva Paitula. Käytännön työstä on vastannut Satakuntaliiton Alueiden käytön toimiala tiimityönä, havainnollistamismateriaalia on teetetty osin konsulttivoimin, ja projektissa on ollut mukana kymmeniä asiantuntijoita ja kuntien edustajia.

Satakuntaliitto kiittää projektiin osallistuneita ja erityisesti kaikkia niitä tahoja, jotka ovat omalla panoksellaan osallistuneet käytännön maakuntakaavoitustyöhön arvioimalla tämän projektin tuotosten avulla tuulivoimatuotannon maisemallisia vaikutuksia. Lisäksi Satakuntaliitto haluaa kiittää Ympäristöministeriötä rahoituksesta, joka on mahdollistanut laajan materiaalin tuottamisen, ja aidon vertailun suunnittelun kuluessa.

Hyvällä tuulella -Porissa 2.5.2013

Päivi Liuska-Kankaanpää, Alueiden käytön johtaja
SATAKUNTALIITTO

Tiivistelmä

Raportissa esitellään Satakuntaliitossa syksyllä 2011 käynnistyneen vaihemaakuntakaavan 1 havainnollistamisprojektin tuloksia. Satakunnan vaihemaakuntakaavassa 1 tutkitaan maakunnallisesti merkittäviä tuulivoimala-alueita ja havainnollistamisprojektissa on esitetty mahdollisia maisemavaikutuksia erilaisin visualisointikeinoin.

Havainnollistamismenetelminä käytettiin perinteisiä paikkatietoanalyysiin perustuvia näkyvyysanalyyskejä ja tuulivoimala-alueiden sijainnin ymmärtämisen helpottamiseksi havainnekuvastoja. Lisäksi tuotettiin virtuaalisia pallopanoraamaesityksiä ja 3D-malleja.

Vaihemaakuntakaavassa 1 on projektin päättyessä keväällä 2013 havainnollistettu 18 tuulivoimala-aluetta, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on noin 160 km² ja teoreettinen tuotantokapasiteetti 3,56 TWh, mikä on yli puolet Suomen kansallisesta tavoitteesta vuoteen 2020 mennessä (6 TWh, Suomen hallituksen ilmasto- ja energiastrategia 2008).

1. Johdanto

Satakunnan kokonaismaakuntakaavaa täydentävä vaihemaakuntakaava 1 käsittelee maakunnallisesti merkittäviä tuulivoimala-alueita. Vaihekaavan tarkoituksena on esittää kaavalla alueita, joiden ominaisuudet ovat sopivat tuulivoimatuotannolle. Vaihekaavan perustana on Satakuntaliitossa vuonna 2011 valmistunut Mannertuulialueet Satakunnassa -selvitys. Selvityksessä löydettyjä tuulivoimatuotannolle soveltuvia alueita on tutkittu tarkemmin vaihemaakuntakaavassa 1.

Tuulivoimatuotannon edistäminen on osa sekä maakunnallista että valtakunnallista ilmasto- ja energiastrategiaa, joiden mukaan uusiutuvien energialähteiden käyttöä on lisättävä tuntuvasti. Vuoteen 2020 mennessä Satakunnan maakunnallinen tavoite on tuottaa tuulivoimalla energiaa 2 TWh ja Suomen kansallinen tavoite on 6 TWh. (Satakuntaliitto 2012)

Maakuntakaavoituksen tuomiseksi lähemmäksi Satakunnan asukkaita aloitettiin Satakuntaliitossa syksyllä 2011 ympäristöministeriön rahoittamana havainnollistamisprojekti, jonka tarkoituksena oli tuottaa havainnollistamis- ja visualisointiaineistoa tuulivoimala-alueiden maisemavaikutuksista. Perinteisten kuvasovitteiden sijaan tuotettiin muun muassa pallopanoraamaesityksiä ja 3D-mallinnuksia. Pallopanoraamaesitykset on kuvannut tmi Kudotut Kuvat ja 3D-mallinnukset on toteuttanut Tampereen teknillisen yliopiston Porin yksikkö.

Tässä raportissa esitellään havainnollistamisprojektissa tuotetut tuulivoimala-alueiden havainnollistamis- ja visualisointimenetelmät sekä pohditaan niiden käyttö- ja kehittämismahdollisuuksia. Projektissa tuotetut esitykset ja mallinnukset ladattiin Internetiin Satakuntaliiton kotisivuille www.satakuntaliitto.fi/vmk1 joko suoraan tai linkkeinä YouTube-palveluun.

2. Lähtökohdat

Satakunnan maakuntakaava ohjaa maakunnallista alueiden käyttöä sekä toteuttaa maakunnan kehittämissuunnitelmaa. Kokonaiskaava valmistui Satakuntaliitossa vuonna 2009 ja lainvoimaisuuden se sai ympäristöministeriön hyväksymisen myötä 30.11.2011. Kaavan valmistuttua maakuntahallitus päätti, että Satakuntaliitto alkaa valmistella energiahuoltoa käsittelevää vaihemaakuntakaavaa. Keväällä 2011 maakuntahallituksen päätöksellä

tutkittavaksi energiamuodoksi valikoitui tuulivoima. Muiden energiamuotojen vaatimia kaavarauksia tarkastellaan myöhemmin vaihemaakuntakaavassa 2. Vaihekaavojen lähtökohtana on kansallinen tavoite (valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet, VAT) hillitä ilmastonmuutosta alueiden käytön ja suunnittelun avulla. Ilmastonmuutoksen vaikutuksiin ja sään ääri-ilmiöihin on varauduttava ennalta. VAT-perusteiden mukaan kaavoituksessa tulee tavoitella alueidenkäyttöratkaisuja, joilla säästetään energiaa ja lisätään uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistä. Nämä asetetut tavoitteet edellyttävät tuulivoimaloille parhaiten soveltuvien alueiden osoittamista maakuntakaavoilla koko maassa.

Satakunnan vaihemaakuntakaava 1 käsittelee maakunnallisesti merkittävien tuulivoimala-alueiden sijoittumista Satakunnan alueella. Vaihekaavan perustana on vuonna 2011 valmistunut Mannertuulialueet Satakunnassa -selvitys sekä tulokset Satakuntaliiton toteuttamasta valtakunnallisesta tuulivoimakyselystä (Satakuntaliitto 2011a, 2011b). Kyselyn tuloksien perusteella tuulivoimaan suhtautuminen on yleisesti positiivista, mutta kielteisesti siihen suhtaudutaan, mikäli suunnitelmissa on rakentaa voimaloita vastaajan omaan lähiympäristöön. Tämä ns. NIMBY-ilmiö (Not In My BackYard, ”Ei minun takapihalleni”) on yleisesti tunnettu ilmiö, jossa kannatetaan jotain suunniteltua muutosta niin kauan, kun se ei aiheuta häiriötä omaan arkielämään. Tuulivoimarakentaminen on yksi tyypillisistä nimby-ilmiön aiheuttajista.

Vuonna 2012 valmistuneessa Satakunnan ilmasto- ja energiastrategiassa on asetettu tavoitteeksi kasvattaa maakunnan tuulivoimatuotantoa nykyisestä noin 0,035 TWh:sta jopa 2 TWh:iin. Edellä mainittu tavoite on välittynyt myös käynnissä olevan vaihemaakuntakaavan 1 tavoitteeksi. Tavoitteen täyttämiseksi strategiassa tavoitellaan sekä meriettä manneralueille rakennettavaa tuulivoimaa. Vaihemaakuntakaavassa 1 käsiteltävänä ovat vain Satakunnan manneralueet. (Satakuntaliitto 2012). Strategian asettaman tavoitteen täytyminen vastaa lähes kolmasosaa koko Suomen kansallisesta tavoitteesta vuodelle 2020 (6 TWh).

Satakuntaliitto sai vuonna 2011 ympäristöministeriöltä avustusta kehittääkseen tuulivoiman rakentamiseen soveltuvien alueiden havainnollistamis- ja vuorovaikutusmenetelmiä maakuntakaavoituksessa. Hankkeen tarkoituksena on tuoda suunnittelu ja arviointi lähelle ihmisiä. Tässä raportissa keskitytään hankkeessa käytettyjen havainnollistamismenetelmien toteutuksen esittelyyn.

3. Tavoitteet

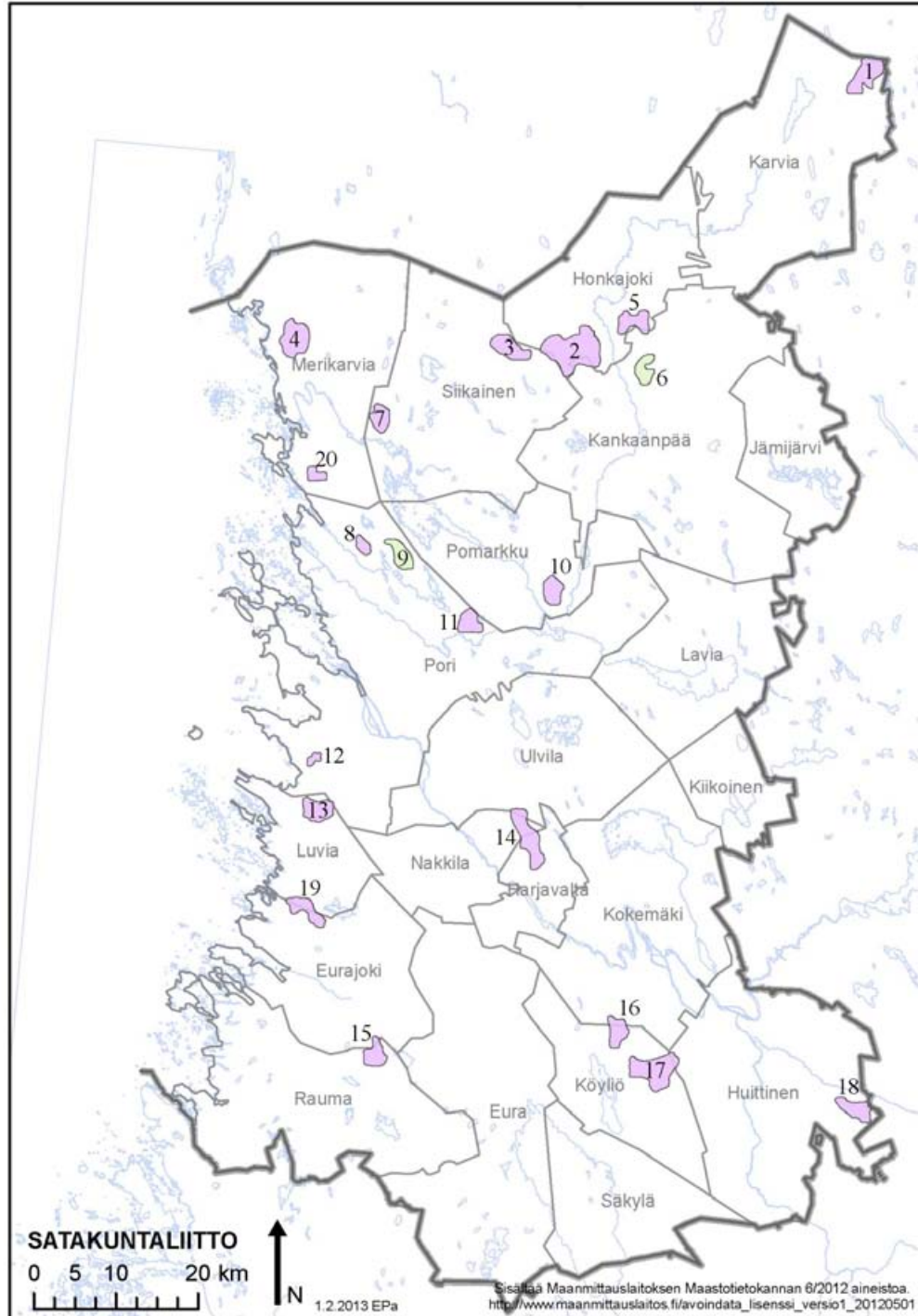
Projektin tavoitteena oli kehittää havainnollistamis- ja vuorovaikutusmenetelmiä tuulivoiman rakentamiselle soveltuvien alueiden suunnitteluprosessissa maakuntakaavoituksessa. Havainnollistaminen ja vuorovaikutus koetaan tuulivoiman toteutuksen osalta haastavaksi erityisesti siksi, että maakuntakaavoissa ehdotetaan varattavaksi laajoja alueita tuulivoimatuotannolle. Aihepiiri on vielä uusi ja se herättää osallisissa helposti voimakkaita tunteita ja mielipiteitä. Tuulivoimala-alueiden havainnollistamisen ja vuorovaikutuksen tavoitteena on saada kaavoitusprosessi vietyä joustavammin eteenpäin ja auttaa ihmisiä ymmärtämään tuulivoimaloiden rakentamisen vaikutukset omassa lähiympäristössään. Hankkeessa tuotettua havainnollistamisaineistoa voidaan hyödyntää myös muualla Suomessa.

4. Satakunnan vaihemaakuntakaavan tuulivoimala-alueet

Mannertuulialueet Satakunnassa -selvityksessä tutkittiin Satakunnan manneralueita maakunnallisesti merkittävien tuulivoimala-alueiden kartoittamiseksi. Työssä käytettiin maakuntakaavan aluevarausaineistoja, Tuuliatlas-tietoja (Ilmatieteenlaitos), Satakunnan alueen korkeusmallia (Maanmittauslaitos), maanpeitteisyystietoja (Corine 2006) ja Yhdyskuntarakenteen seurannan (YKR) aineistoa (Tilastokeskus, Suomen ympäristökeskus). YKR-aineiston avulla voidaan tutkia esim. alueiden asuin- ja lomarakennuskantaa tai väestön jakautumista. Lisäksi käytössä olivat Finavian julkaisemat tiedot lentoesterajoituksista sekä lintujen pesimä- ja kerääntymäalueita osoittavat FINIBA- (kansallinen) ja IBA-aineistot (kansainvälinen).

Mannertuuliselvityksessä löydettiin maakunnallisesti merkittäviä tuulivoimala-alueita 19 kappaletta, jotka muodostivat vaihemaakuntakaavan 1 luonnosvaiheen tuulivoimala-alueet. Ne sijoituivat sekä rannikon läheisyyteen että maakunnan sisäosiin. Luonnosvaiheessa saatujen lausuntojen ja muistutusten jälkeen alueita oli ehdotusvaiheessa 18 ja ne sijoituivat 15 kunnan alueelle. Luonnosvaiheen jälkeen alueista poistettiin numero 6 (Kooni, Kankaanpää), koska se sijaitsi liian lähellä (alle 12 km) puolustusvoimien Niinisalon maantietukikohtaa ja alue numero 9 (Marjaneva, Pori) luonnonsuojelullisista syistä (kuva 1). Ehdotusvaiheessa kesällä 2012 lisättiin mukaan alue numero 20 (Köörtilä, Merikarvia). Ehdotusvaiheen alueiden (18 kpl) yhteispinta-ala oli noin 160 km² ja arvioitu teoreettinen tuotantoteho 3,6 TWh (taulukko 1). Saadun palautteen perusteella

maakuntahallitus päätti jatkaa vaihemaakuntakaavan 1 valmistelua ja asettaa sen uudelleen nähtäville kevään 2013 aikana. Tämän raportin valmistuessa Satakuntaliitto työstää vaihemaakuntakaavan toista ehdotusta.



Kuva 1: Satakunnan vaihemaakuntakaavan 1 tuulivoimama-alueet. Vihreällä luonnosvaiheen jälkeen pois jätetyt alueet ja liilalla ehdotusvaiheessa (v. 2012) käsitellyt alueet. Vaihemaakuntakaavan 1 valmistelu jatkuu keväällä 2013 ja kaava asetetaan uudelleen nähtäville.

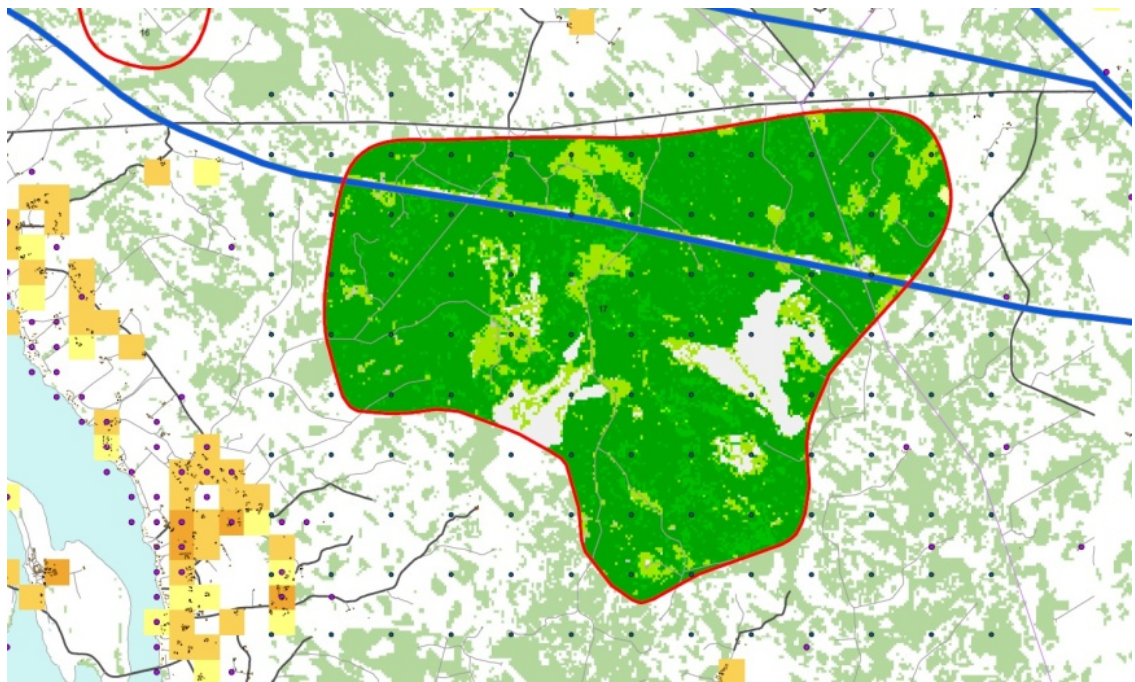
Taulukko 1: Satakunnan vaihemaakuntakaavan 1 ensimmäisen kaavaehdotuksen tuuli-voimala-alueet ja niiden teoreettinen tuotantopotentiaali.

Alue	Nimi	Kunta / kunnat	Ala (km ²)	Tehoarvio MW	Arvio GWh
1	Jäkäläkangas	Karvia	11,3	75	237,5
2	Haukkasalo	Honkajoki	26,5	183	518,5
3	Silmuskeidas	Siikainen	9,3	63	178,5
4	Korpimatti	Merikarvia	12,3	93	331,7
5	Keskusta	Honkajoki	8,1	63	178,5
7	Kurkikeidas	Siikainen	6	36	114
8	Pahamäki	Pori	2,9	24	79,2
10	Harjakoski	Pomarkku	6,6	48	134,4
11	Torpankorpi	Pori, Noormarkku	6,7	51	146,2
12	Jakkuvärkki	Pori	1,8	18	72
13	Oosinselkä	Luvia	8,4	60	220
14	Linnunmäki	Harjavalta, Ulvila, Nakkila	13,8	102	282,2
15	Ruohomaa	Rauma, Eurajoki	6,7	45	142,5
16	Maanlevon- kangas	Köyliö, Kokemäki	6,7	39	123,5
17	Korpilevonmäki	Köyliö, Huittinen	16,8	99	313,5
18	Huhtamo	Huittinen	7,6	57	176,7
19	Meiska	Eurajoki, Luvia	7,9	54	198
20	Köörtilä	Merikarvia	3,1	30	115
YHTEENSÄ (teoreettinen)			162,5 km²	1140 MW	3,56 TWh

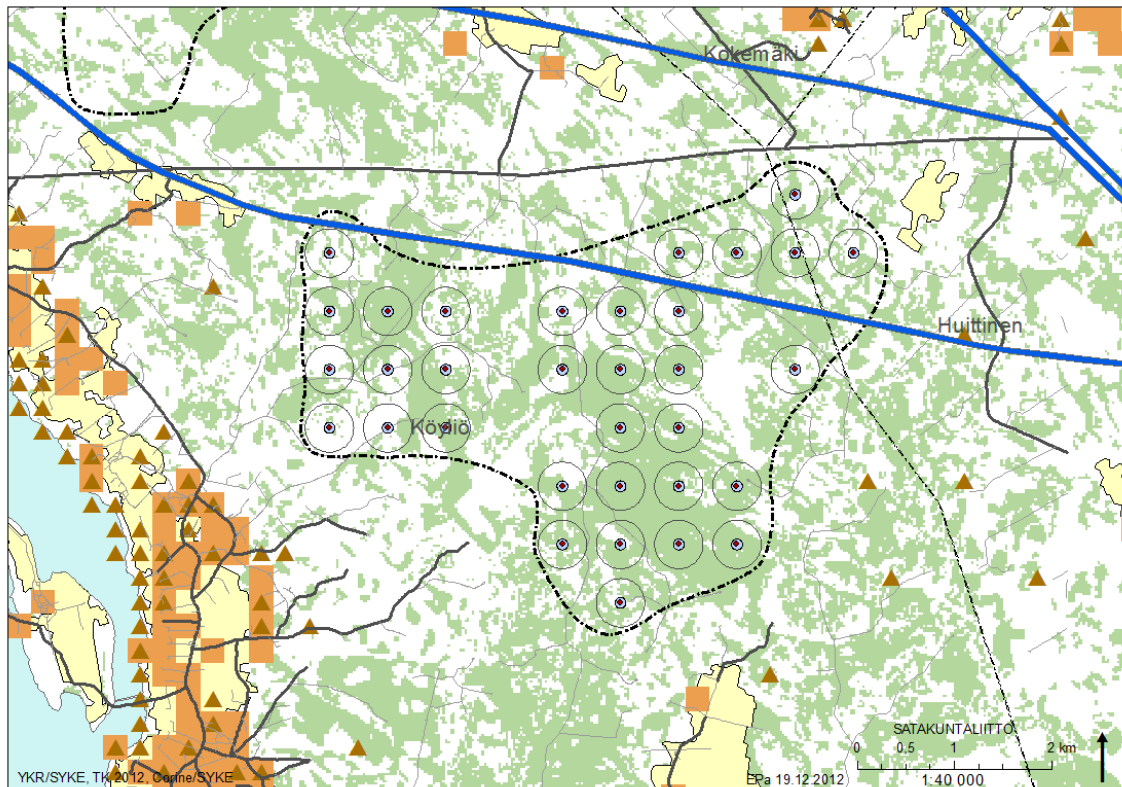
Vaihemaakuntakaavan valmisteluvaiheessa päivitettiin Mannertuulialueet Satakunnassa -selvityksen laskennallisia ja teoreettisia lukuarvoja. Tuulivoimaloiden suurimmaksi mahdolliseksi napakorkeudeksi määriteltiin 160 metriä ja lavan pituudeksi 60 metriä. Voimaloiden kokonaiskorkeus voi näin ollen olla enintään 220 metriä. Voimalakorkeuteen perustuen Tuuliatlas-aineistosta otettiin kaavaprosessiin mukaan tuulisuusarvot 200 metrin korkeudesta. Mannertuuliselvityksessä laaditut näkyvyysanalyysit tarkistettiin vastaamaan päivitettyjä korkeustietoja.

Satakunnan vaihemaakuntakaavan 1 tarkastelussa on huomioitava, että voimaloiden mahdollisia rakentamiskohteita ei tutkittu maastossa eikä niitä esitetty kaavakartalla. Voimaloiden paikat määriteltiin teoreettisesti säännölliseen ruudukkoon havainnollis-

tamisprojektia sekä tuotantoarvion laskemista varten. Ruudukkomuodostelmaan päädyttiin, koska näin jokaista 18 aluetta voitiin tutkia yhtenäisellä metodilla. Voimaloiden etäisyydeksi asetettiin 600 metriä (n. 5 x roottorin halkaisija). Tällöin voimalat eivät sijaitse liian lähellä toisiaan ja vaikuta toistensa energiatehokkuuteen, mutta ne eivät sijaitse myöskään liian etäällä toisistaan, jolloin riskinä on alueen liika laajeneminen maisemallisesti. Voimaloiden sijoittamisessa otettiin huomioon myös Corine-aineisto (maanpeittoluokitus vuodelta 2006), jolloin yksittäisiä voimaloita poistettiin muun muassa avosoilta ja vesialueilta. Maanpeittoluokituksen ohella huomioitiin Satakunnan maakuntakaavassa osoitetut voimalinjat ja niiden ohjeelliset varaukset, joiden läheisyyteen ei sijoitettu teoreettista voimalaa. Lisäksi noudatettiin Liikenneviraston uudistettua ohjeistusta (Liikenneviraston ohjeita 8/2012, 24.5.2012) tuulivoimaloiden sijoittamisesta liikenneväylien läheisyyteen (kuvat 2 ja 3). Voimaloiden ympärille merkittiin myös ns. työala eli noin hehtaarin kokoinen alue, joka raivataan rakentamista ja huoltotöitä varten rakennettavan voimalan alueella. Työalan lisäksi havainnollistamismateriaalissa on esitetty myös ns. varoalue, joka on voimalan kokonaiskorkeus + 30 metriä. Tämä alue on turvaetäisyys voimalan mahdollisen kaatumisen varalta ja se saattaa rajoittaa myös muuta rakentamista. Lopuksi tuulivoimala-alueen pistekatkoviivaa muokattiin niin, että voimaloiden varoalueet mahtuivat sen sisäpuolelle.



Kuva 2: Esimerkki alueelle 17 (Korpilevonmäki, Köyliö&Huittinen) ja sen ympäristöön asetetusta säännöllisestä ruudukosta, jossa voimaloita on 600m välein. Alueen sisällä oleva Corine-aineisto osoittaa maanpeittoluokitusta. (YKR/SYKE ja TK 2012, Corine/SYKE)



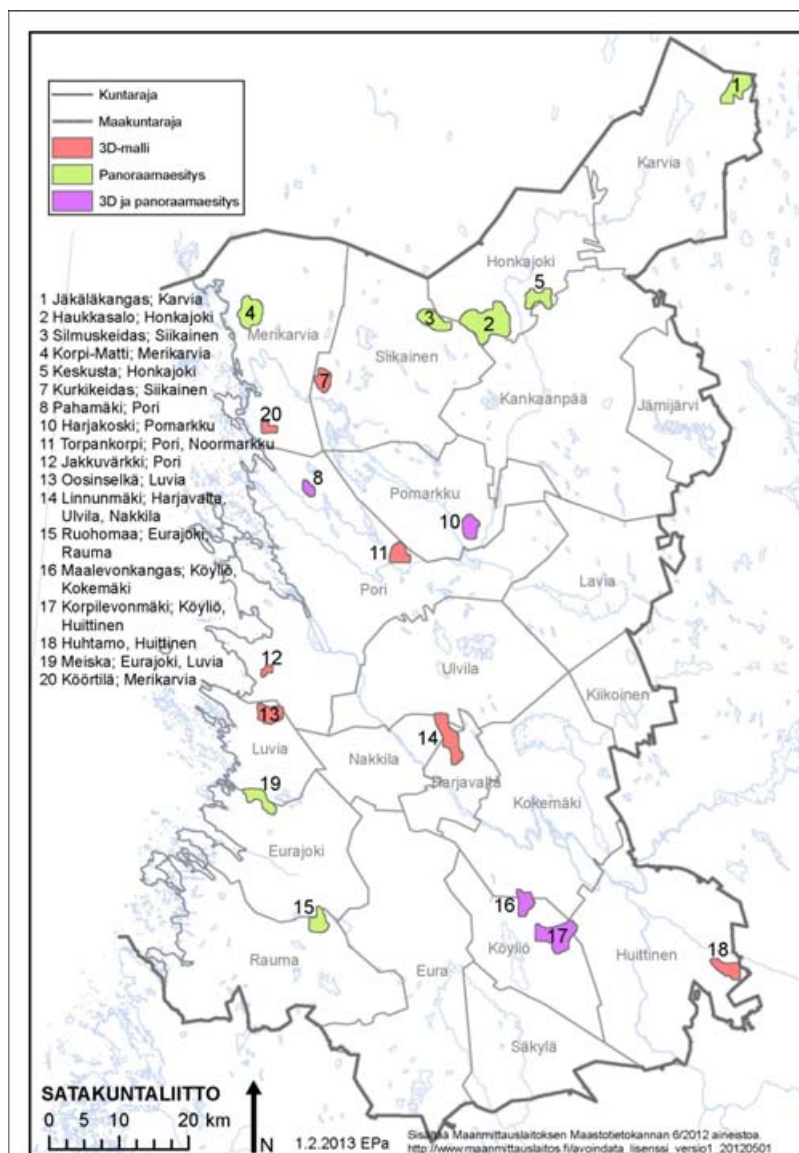
Kuva 3: Osa teoreettisesti suunnitelluista voimaloista poistettiin Corine-aineiston, teiden ja voimajohtojen takia ja alueiden ympärille piirrettiin ns. varoaluetta osoittava ympyrä. Alueen rajausta muokattiin niin, että voimalat sopivat siihen varoalueineen. (YKR/SYKE ja TK 2012, Corine/SYKE)

5. Havainnollistamismenetelmät

Havainnollistamisaineistoa alettiin kehittää heti projektin alkuvaiheessa. Koska vastaavaa hanketta ei Satakuntaliiton tietojen mukaan ollut muualla Suomessa toteutettu, päästiin työ aloittamaan täysin omien suunnitelmien pohjalta. Satakuntaliiton alueiden käytön toimialan henkilökunnasta muodostettiin projektiryhmä, tuulitiimi. Tämä ryhmä pohti mahdollisuuksia erilaisiin havainnollistamiskeinoihin. Jokaisesta tuulivoimala-alueesta päädyttiin tekemään havainnekuvasto, näkyvyysanalyysi ja mahdollisuuksien mukaan joko pallopanoraamaesitys tai 3D-mallinnus.

Pallopanoraamojen kuvaajaksi valikoitui tarjouspyyntöjen perusteella tmi Kudotut Kuvat Porista. 3D-mallinnuksen osalta Satakuntaliitto otti yhteyttä Tampereen teknilliseen yliopiston (TTY) Porin yksikköön selvittääkseen korkeakoulun mahdollisuutta lähteä kehittämään tuulivoimala-alueita kuvaavaa kolmiulotteista mallinnusmenetelmää. Tutkimussopimus TTY:n kanssa syntyi alkuvuodesta 2012.

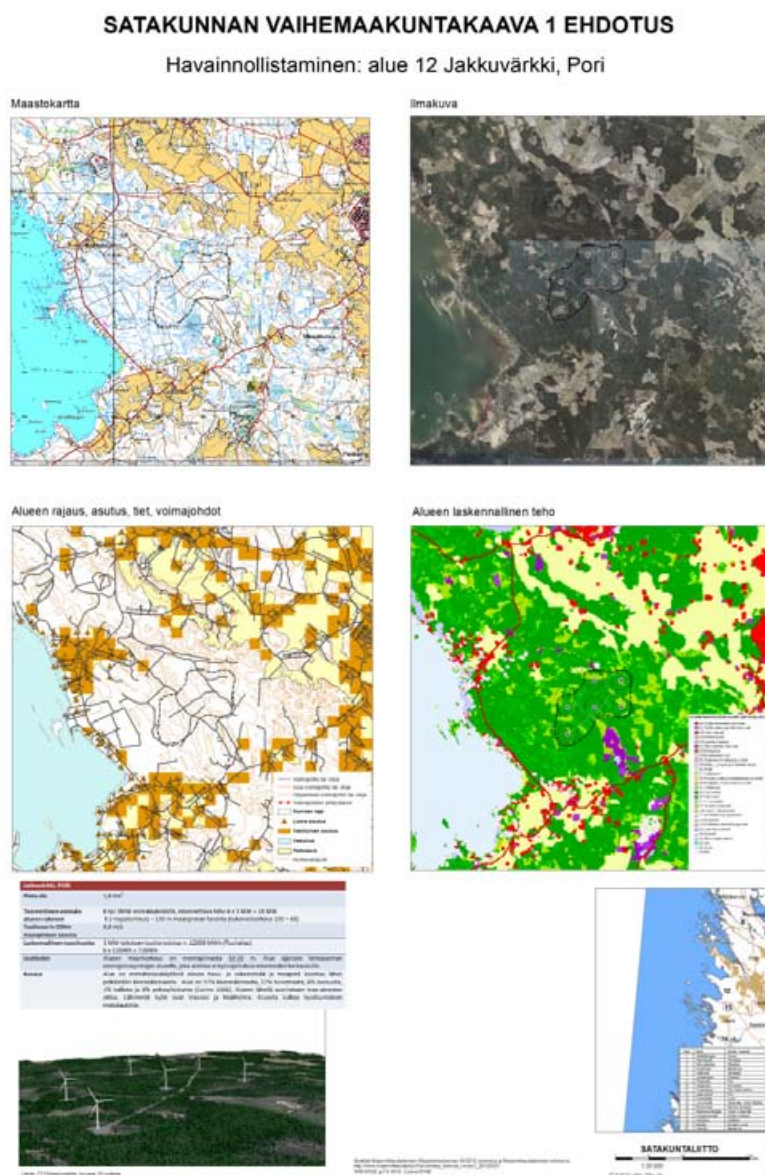
Päätös havainnollistaa vaihekaavan tuulivoimala-alueita joko pallopanoraamalla, 3D-mallilla tai molemmilla perustui käytettävissä oleviin aineistoihin, taloudellisiin resursseihin sekä saatuun palautteeseen. TTY selvitti mistä alueista mallinnukseen tarvittava aineisto on olemassa ja saatavissa, mikä määritteli suoraan sen, miltä alueilta 3D-malli voitiin tuottaa. Pallopanoraamaesitys päätettiin tuottaa lopuista alueista. Vaihekaavaluonnoksesta saatujen lausuntojen ja mielipiteiden myötä pallopanoraamaesityksiä haettiin kuitenkin myös sellaisilta alueilta, joilta on myös 3D-malli (kuva 4). Tällaisia olivat erityisesti kulttuuriympäristöllisesti merkittävät alueet, kuten Unescon maailmanperintöalue Sammallahdenmäki Raumalla.



Kuva 4: Kartta tuulivoimala-alueiden havainnollistamismenetelmien tuottamisesta Satakunnassa vaihekaavan 1 luonnosvaiheessa vuonna 2012. Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 05/2012 aineistoa. (http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata_lisenssi_versio1_20120501)

5.1 Havainnekuvasto

Jokaisesta vaihemaakuntakaavan tuulivoimamala-alueesta tehtiin havainnekuva- / kartta-kooste A0-kokoon (kuva 5). Ne mahdollistivat alueen tarkastelun suuremmassa mittakaavassa kuin maakuntakaava ja esittelyn paikallisissa tilaisuuksissa. Kuvastossa esiteltiin jokainen alue neljällä erilaisella karttapohjalla: maastokartta, ilmakuva, asutus ja tiestö sekä maanpeittoluokkia kuvaava Corine Land Cover 2006 -aineisto. Kartta- ja ilmakuva-aineisto ladattiin Maanmittauslaitoksen latauspalvelusta ja rakennustiedot sekä Corine-aineisto Suomen ympäristökeskukselta (YKR ja Corine /SYKE). Kuvastoihin lisättiin tietolaatikko alueesta sekä mahdollisuuksien mukaan kuvasovite.

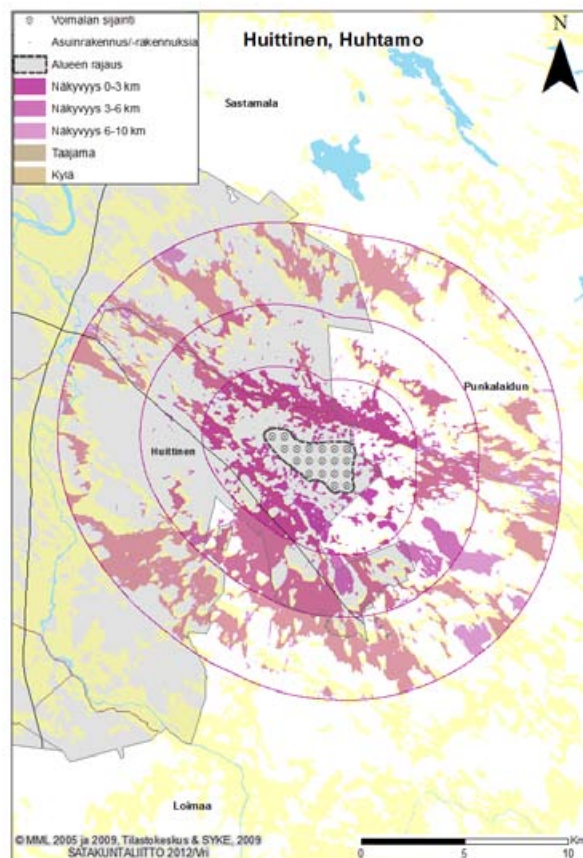


Kuva 5: Tuulivoimala-alueesta 12 Jakkuvärkki, Pori, yleisötilaisuutta varten tehty havainnekuvasto.

Kuvastot tehtiin helpottamaan tuulivoimala-alueen paikantamista sekä osoittamaan miten alue sijoittuu asutukseen ja teihin nähden, millainen luontotyyppi alueella vallitsee ja miten vaihemaakuntakaavaa varten on laskettu tuulivoimaloiden teoreettinen tuotantoarvio. Kuvastot täydensivät muuta havainnollistamismateriaalia yleisö- ja muissa vuorovaikutustilanteissa. Ne olivat myös nähtävillä Satakuntaliiton Internet-sivuilla, kuten muukin havainnollistamisaineisto

5.2 Näkyvyysanalyysi

Tuulivoimaloiden maisemavaikutuksia havainnollistettiin myös näkyvyysanalyysin avulla (kuva 6). Sen tarkoituksena oli esittää kartalla ne paikat, joihin näkyy edes osia vähintään yhdestä tuulivoimalasta. Analyysi perustuu maaston pinnanmuotoja kuvaavaan korkeusmalliin sekä analyysin kohteena olevien tuulivoimaloiden ominaisuustietojen pistetiedostoon. Näkyvyysanalyysit tehtiin ArcMap-ohjelman Spatial Analyst -lisäosalla, joka on yleisesti käytetty rasteriaineistojen analysointiohjelma.



Kuva 6: Tuulivoimala-alueen 18 Huhtamo, Huittinen, näkyvyysanalyysikartta.

Maaston pinnanmuodot kuvattiin DEM (Digital Elevation Model) -korkeusmallilla, joka sisältää maaston korkeustiedot 0,1 metrin tarkkuudella 25 m x 25 m kokoisissa ruuduissa. Näkyvyysanalyysiä varten maastomallia muokattiin siten, että metsien ja tiiviisti rakennettujen asuinalueiden kohdalta maastoa korotettiin 15 metrillä, jotta analyysissä tulisi huomioon otettua puuston ja rakennusten aiheuttama näköeste. Tiedot alueiden maankäytöstä perustuvat Suomen Ympäristökeskuksen (SYKE) tuottamaan Corine Land Cover 2006 -aineistoon.

Tuulivoimalat sijoitettiin analyysissä vaihemaakuntakaavassa esitetyille tuulivoimala-alueille säännöllisessä ruudukkomallissa, tasaisin välimatkoin toisistaan (600 m). Tuulivoimaloiden sijainnit perustuivat teoriaan, eivätkä vastanneet mitään mahdollisesti jo olemassa olevia suunnitelmia.

Näkyvyysalueanalyysi jakoi pistetiedostoon määriteltujen parametrien sekä maaston korkeusmallin perusteella alueet kahteen luokkaan: kohde joko näkyy tai se ei näy. Analyysin perustana pidettiin lähtökohtaa, että ”kohde näkyy” -luokkaan kuuluvat ne pisteet, joihin laskennan mukaan näkyy vähintään osia yhden tuulivoimalan roottorin lavasta. Analyysin keskeiset parametrit olivat:

- Voimalan korkeus: torni 160 metriä + lapa 60 metriä. Niillä alueilla, joilla voimaloiden korkeutta on rajoitettu, määräytyi korkeus rajoitusten mukaan.
- Katsojan korkeus: 2 metriä
- Näkyvyysanalyysin uloin etäisyys: 10 kilometriä

Jokaisen tuulivoimala-alueen ympärille muodostunut kymmenen kilometrin kehä jaettiin kolmeen osaan: 0-3 kilometrin lähivyöhyke, 3-6 kilometrin keskivyöhyke ja 6-10 kilometrin kaukivyöhyke. Etäisyyden laskettiin tuulivoimala-alueen reunasta. Koska näkyvyysvyöhykkeiden muotoja on pyöristetty varsinaisten tuulivoimala-alueiden muotoihin nähden, etäisyydet eivät ole aivan tarkkoja. Lähekkäin sijaitsevien tuulivoimala-alueiden kohdalla analyysi tehtiin paitsi jokaiselle alueelle erikseen myös useamman alueen kokonaisuuksina, jolloin monen alueen aiheuttama kokonaisnäkyvyys hahmottuu paremmin.

5.3 Pallopanoraamaesitys

Pallopanoraamaesitys on yhdistelmä valokuvia, jota voidaan käännellä 180° pysty- ja 360° vaakasuunnassa. Menetelmä antaa mahdollisuuden katsella ympärilleen laajemmin kuin perinteinen valokuva. Panoraamalle istutettavien objektien avulla sillä voidaan helposti esittää ympäristöön suunniteltavia muutoksia. Satakunnan vaihemaakuntakaavassa 1 pallopanoraamalla esitetään tuulivoimaloiden mahdollisesti aiheuttamaa maisemamuutosta tietystä pisteestä katsottuna. Kuvaukset suoritettiin tmi Kudotut Kuvat ja ne toteutettiin vuoden 2012 aikana. Kaavaehdotuksen uudelleen valmistelussa aineistoa täydennetään.

5.3.1 *Pallopanoraaman muodostaminen*

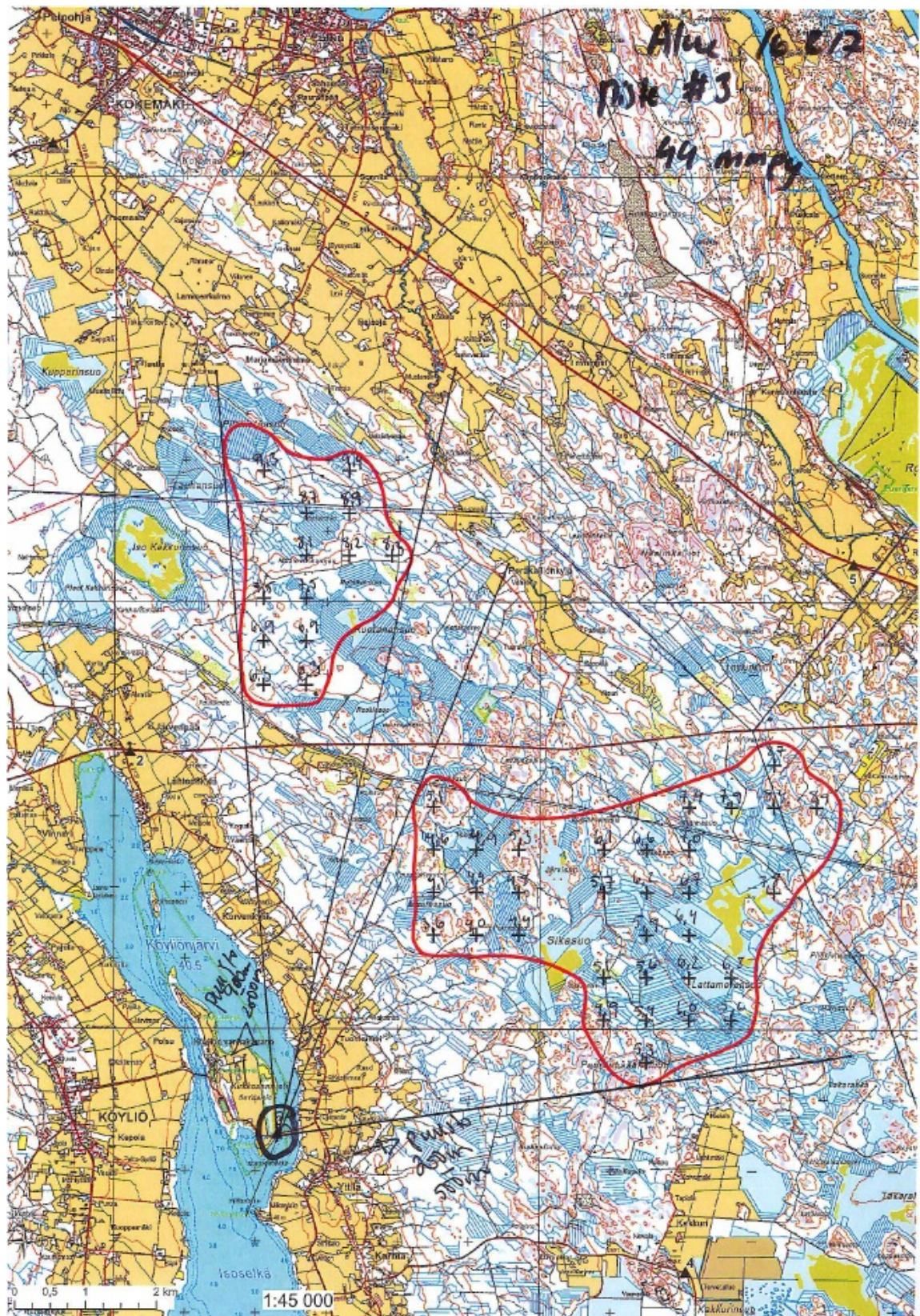
Pallopanoraamaesityksen muodostamiseen vaadittavat kuvat otettiin kameralla, jossa oli erikoislinssinä ns. kalansilmälinssi. Se antoi mahdollisuuden erittäin laajakulmaisen kuvan ottamiseen (yksi kuva kattaa noin 180°). Kamera sijoitettiin erityiselle panoraama-alustalle, jonka avulla saatiin otettua kuvat täsmällisesti samalta korkeudelta ja näin minimoitua vääristymät. Kuvia otettiin jokaista panoraamaesitystä varten 6 kpl horisontaalisesti, eli jokaisen kuvan jälkeen kameran panoraamatelinettä käännettiin 60 astetta ($6 \times 60^\circ = 360^\circ$), yksi kuva kohtisuoraan ylöspäin taivasta kohti ja yksi alaspäin maata kohti. Näin yksi pallopanoraama muodostuu kahdeksasta (8) kuvasta.

Kuvat (8 kpl) yhdistettiin laakapanoraamaksi PtGui-ohjelmalla (kuva 7). Kuvan ollessa laakapanoraamana siihen liitettiin Adobe Photoshop -kuvankäsittelyohjelmalla tuulivoimalat, joiden määrä, sijainti ja näkyvyys kuvauspisteeseen oli laskettu Satakuntaliitossa. Voimaloiden lukumäärä oli määritelty jo vaihekaavan luonnosvaiheessa (ks. luku 3). Voimaloiden sijoittelu oikeille paikoilleen laakapanoraamalla selvitettiin perinteisten valokuvien, ilmakuvien ja esimerkiksi Google Maps Street View -palvelun avulla. Näin voimalat saatiin varmimmin sille paikalle kuvaa, jossa ne vaihekaavassakin on esitetty. Voimaloiden näkyvyys (korkeus ja koko suhteessa luontoon) laskettiin erikseen jokaiselle voimala-alueelle kuvauspisteittäin geometriaa hyödyntäen.



Kuva 7: Köyliön Kirkkosaaresta kuvatun pallopanoraamaesityksen työvaihe. Panoraamakuvat (8 kpl) on yhdistetty laakapanoraamaksi. Tähän istutetaan halutut elementit (tässä tuulivoimalat), minkä jälkeen laakakuva muutetaan pallopanoraamaksi. (Tmi Kudotut Kuvat)

Jotta tuulivoimalat saatiin kuvattua mahdollisimman realistisesti pallopanoraamalla, laskettiin ensin kuvauspisteen etäisyys jokaiseen havainnollistettavana olevan alueen tuulivoimalaan. Tämä tehtiin ArcMap-ohjelman mittaustyökalulla ja merkittiin ylös (kuva 8).



Kuva 8: Pallopanoraamaesityksen kuvauspiste alueille 16 (pohjoisempi rajausta) ja 17 Kyyliönjärven Kirkkosaaresen itäiseltä pengertieltä. Kartalle merkitty laskennallisten voimalapaikkojen etäisyys kuvauspisteestä. (Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 05/2012 aineistoa. www.maanmittauslaitos.fi/avoindata_lisenssi_versio1_20120501)

Etäisyyden selvittyä piirrettiin paperille jana, joka kuvasi tätä etäisyyttä kuvauspisteestä voimaloihin. Janan alkupisteenä oli kameran sijainti ja loppupisteenä yleensä kauimmainen voimala. Tämän jälkeen ilmakuvien ja maastokäyntien avulla janalle merkittiin kohta, jossa metsä tai muu selkeäksi näköesteeksi laskettava kohde alkaa. Lisäksi janalle merkittiin tuulivoimalat oikealle etäisyydelle kuvauspisteestä. Etäisyydet janalle laskettiin yhtälöparein. Esimerkiksi Köyliön ja Kokemäen alueille sijoittuvien tuulivoimala-alueiden 16 (Maalevonkangas) ja 17 (Korpilevonmäki) yhtenä havainnollistamiskeinona oli pallopanoraamaesitys Köyliönjärvellä sijaitsevan Kirkkosaaren itärannan pengertieltä. Tästä kuvauspisteestä on etäisyyttä kauimmaiseen voimalaan alueella 16 matkaa yli 9 km ja alueella 17 alle 9 km. Paperille piirrettiin jana, jonka alkupää kuvaa kamerapistettä ja loppupää 9 km etäisyyttä. Piirrettynä tämä jana oli 40 cm pitkä. Näin ollen voitiin muodostaa yhtälöpari:

$$40 \text{ cm} = 9 \text{ km}$$

$$x \text{ cm} = 1,1 \text{ km},$$

jossa 1,1 km on ilmakuvalta mitattu etäisyys kuvauspisteestä näköesteenä toimivaan metsään katsottaessa alueelle 16. Alueen 17 näköesteenä toimiva metsä sijoittui kuvauspisteestä noin 400 metrin päähän, mutta tässä esimerkissä keskitytään vain alueeseen 16.

Kirjoitettu yhtälöpari kerrottiin ristiin ja lopputuloksena kysytylle x :lle saatiin 4,9 (cm). Tämä saatu tulos merkittiin janalle ja näin tiedettiin näköesteen sijainti suhteessa voimaloihin.

$$9 * x = 40 * 1,1$$

$$9x = 44$$

$$x = 4,888... \approx 4,9 \text{ (cm)}$$

Tuulivoimaloiden etäisyyttä kuvauspisteestä tarvittiin pääasiassa laskuihin, joilla selvitettiin voimalan korkeus suhteessa kuvauspisteeseen, koska varsinaisesti etäisyyksien hahmottaminen pallopanoraamalta on lähes mahdotonta. Tästä syystä keskityttiin siihen, minkä korkuisia voimalat ovat maisemassa, mikäli ne rakentuisivat kyseisille teoreettisille paikoille ja olisivat sen korkuisia kuin Satakuntaliitto oli laskelmissaan selvittänyt. Voimaloiden korkeussuhde ympäröivään luontoon laskettiin vertailemalla suunniteltua voimalakorkeutta näköesteeksi tulkitun metsän korkeuteen. Metsäpuiden pituutta ei selvitetty maastomittauksin, vaan se määriteltiin jokaiseen pallopanoraamaesitykseen

samaksi, 15 metriä. Laskelmissa otettiin huomioon myös maastonkorkeusvaihtelut, mutta vaihtelun pysyessä pääsääntöisesti 5-15 metrin välillä, ei panoraamaesityksessä eroa huomaa suurten etäisyyksien takia. Voimaloiden korkeus sen sijaan vaihteli tuulivoimala-alueiden välillä lentoesterajoista riippuen. Esimerkkialueella Maanlevonkangas (alunumero 16, Köyliö & Kokemäki) voimaloiden korkeus oli yhtä lukuun ottamatta napa 160 metriä + lapa 60 metriä. Luoteiskulmassa yksi voimaloista sijaitsee Porin lentokentän lentoesterajoitusalueella ja sen korkeus on Satakuntaliiton laskelmien mukaan maksimissaan 115 metriä + 50 metriä. Kirkkosaaren pengertien pallopanoraamalaskelmissa tätä yhtä voimalaa ei kuitenkaan eroteltu muista, koska se sijaitsi yli 9 km päässä kuvauspisteestä eikä siis todennäköisesti näkyisi panoraamalla lainkaan. Paperille piirretylle janalle 160 m + 60 m korkuiset voimalat esitettiin 5 cm korkeina. Tähän päädyttiin, jotta piirtäminen itsessään olisi mahdollisimman helppoa. Puuston paperille piirrettävä korkeus saatiin laskemalla yhtälöpari

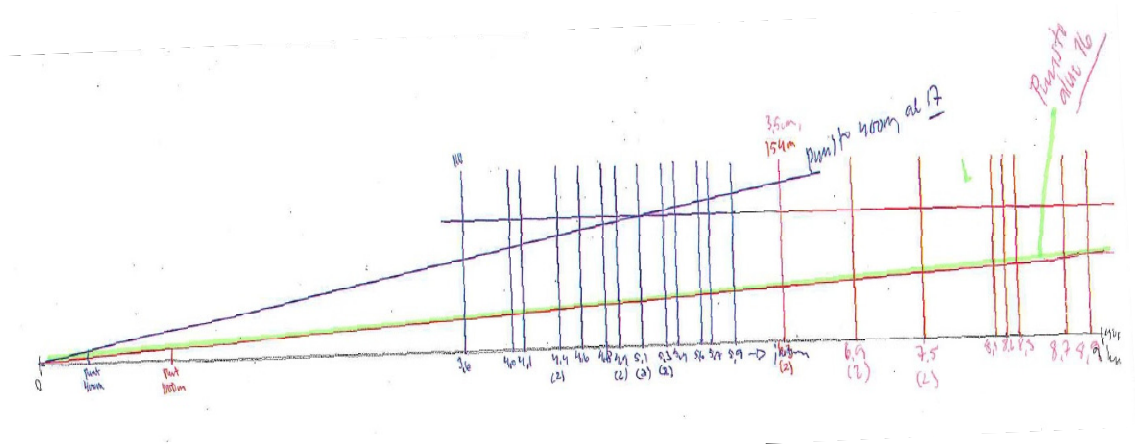
$$5 \text{ cm} = 220 \text{ m (voimalat)}$$

$$x \text{ cm} = 15 \text{ m (puusto)}$$

$$\rightarrow 220x = 15 * 5$$

$$\rightarrow x = 0,34 \approx 0,3 \text{ (cm)} = \text{puuston korkeus paperilla senteissä}$$

Kun janalle oli piirretty puuston sijainti ja korkeus sekä voimaloiden sijainnit ja korkeudet, vedettiin suora aloituspisteestä (kamera) puuston latvuston kautta (puustoviivan ylin kohta) koko kuvaajan läpi. Tämä viiva kertoi, että paljonko kustakin voimalasta näkyy, kun näköesteestä toimiva metsä on otettu huomioon (kuva 9).



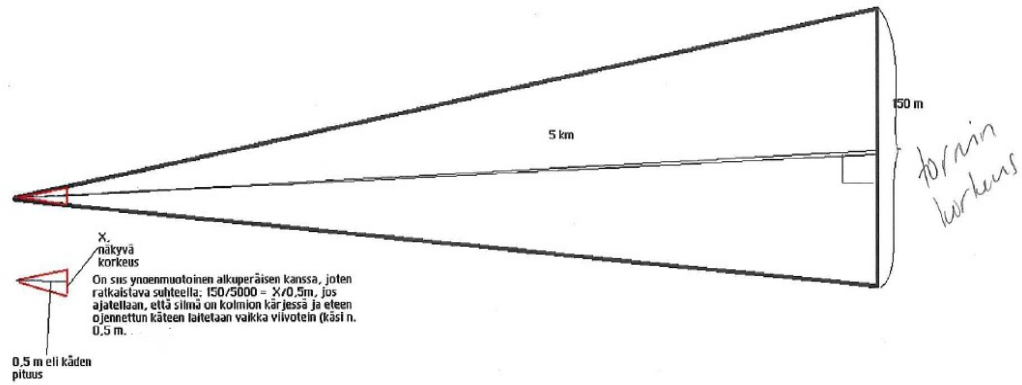
Kuva 9: Paperille käsinpiirretty jana, jolle sijoitettu tuulivoimalat alueelta 16 (punaisella) ja 17 (sinisellä) sekä molempien alueiden näköesteenä oleva puusto. Janan alkupiste (vasemmalla) kuvaa kameran sijaintia. Kamerasta puuston kautta vedetty suora esittää voimaloiden näkyvyyden, kun puusto on näköesteenä otettu huomioon. Vihreällä korostettu "puustosuoja" on alueelle 16 vaikuttava ja sininen suora alueelle 17.

Puuston aiheuttamaa näköestettä kuvaavan suoran yläpuolelle jäänyt voimalan osa mitattiin viivaimella, jotta tiedettiin voimalan näkyvyys paperilla. Saadusta mittaustuloksesta voitiin laskea paljonko saatu tulos (cm) on metreissä ja lopulta minkä kokoisena rakennelmana voimala näkyy luonnossa. Esimerkissä alueelta 16 lähin tuulivoimala sijaitsee 6,3 km päässä kuvauspisteestä ja näköesteenä toimiva metsä alkaa noin 1,1 km päässä, jonka takia voimalasta näkyy paperilla mitattuna 3,5 cm. Tästä voidaan johtaa yhtälö:

$$\begin{aligned}5 \text{ cm} &= 220 \text{ m} \\3,5 \text{ cm} &= x \\ \rightarrow 5x &= 770 \\ \rightarrow x &= 154 \text{ (m)} = \text{voimalasta näkyvä osuus}\end{aligned}$$

Tämän jälkeen laskettiin voimalan näkyvyys luonnossa. Laskelmilla haettiin vastausta siihen, että jos voimala on x metriä korkea ja sijaitsee y metrin etäisyydellä, minkä korkeuisena se näkyy ihmissilmälle. Tämä saatiin selville yhtälöparilla, jossa ratkaistiin kahden yhdenmuotoisen kolmion suhdetta (kuva 10). Kolmion kärki kuvaa kameraa / valokuvaajaa ja etäisyys ”takaseinään” on 5 km. Voimalan (kuvassa torni) kokonaiskorkeudeksi kuvassa on esimerkinomaisesti asetettu 150 metriä. Ratkaistavana sivuna x (näkyvä korkeus) sijaitsee kamerasta / valokuvaajasta (kolmion kärki) kuvitellun etäisyyden, noin 0,5 metrin, päässä. Tämä etäisyys on ihmisen käden mitta ojennettuna eteen. Tähän ojennettuun käteen kuviteltiin viivain, joka peittää taustalla olevan tuulivoimalan. Kuvan esimerkkietäisyyksillä laskettuna saadaan yhtälöpari, koska kolmiot ovat keskenään yhdenmuotoiset:

$$\begin{aligned}150 / 5000 \text{ m (voimalan korkeus / etäisyys)} &= x / 0,5 \text{ m (selvitettävä korkeus / tiedossa oleva etäisyys)} \\ \rightarrow x / 0,5 &= 0,03 \\ \rightarrow x &= 0,03 * 0,5 \\ \rightarrow x &= 0,015 \text{ (m)} = 1,5 \text{ cm} \\ \rightarrow \text{Seistessä kuvauspisteessä 5 km päässä olevasta 150 metriä korkeasta voimalasta, näkyisi se 1,5 cm korkeana ihmissilmälle.}\end{aligned}$$



Kuva 10: Piirros laskutavasta, jolla selvitetään minkä korkuisena tuulivoimala näkyy luonnossa sijaitessaan tunnetulla etäisyydellä kuvauspisteestä (kolmion kärki).

Tätä kaavaa käyttämällä saatiin jokaiselle pallopanoraamaesitykselle laskettua voimaloille oikea koko. Lisäksi sama laskelma tehtiin näköesteenä olevalle puustolle, jotta voitiin verrata voimalan koon suhdetta puuston korkeuteen. Esimerkkialueella 16 lähimmät voimalat näkyvät ihmissilmälle noin yhden sentin korkuisena ja puusto noin 0,5 cm korkuisena, eli lähimpänä olevat voimalat ovat kaksi kertaa puuston korkuisia.

Oikean korkuiset tuulivoimalakuvat istutettiin laakapanoraamoille ja tämän jälkeen panoraamat kasattiin 360° kattaviksi virtuaaliesityksiksi Pano2VR- tai Kolor Panotour Pro 1.8 -ohjelmalla. Kuvia oli tarvittaessa myös hieman säädetty ja muokattu Adobe Ligh-troom -ohjelmalla. (kuva 11).



Kuva 11: Kuvakaappaus valmiista pallopanoraamaesityksestä. Panoraama on kuvattu Siikaistentieltä (tieno 2700), Rynkäisen kylältä kohti aluetta 2, Haukkasalo, Honkajoki. Lähin voimala sijaitsee noin 3 km päässä kuvauspisteestä. (Tmi Kudotut kuvat)

5.3.2 *Epävarmuustekijät*

Pallopanoraamaesitysten yhtenä suurimmista epävarmuustekijöistä ovat virhelaskelmat tuulivoimaloiden korkeuden suhteen. Inhimillisen erehtymisen vaara matemaattisissa kaavoissa on olemassa. Toisaalta on myös muistettava, että sekä voimaloiden että näköesteen luokitellun puuston korkeudet eivät ole varmoja ja lopullisia. Voimalakorkeudet on päätetty lentoesterajoitusten ja teknisten rakentamisresurssien mukaan eivätkä ne tarkoita tässä havainnollistamisprojektissa, että voimala rakentuisi juuri kyseiseen paikkaan kyseisen korkuisena. Tämän takia voimaloiden määrä tai sijainti panoraamaesityksessä ei todennäköisesti ole juuri kuvatulainen. Lisäksi laskelmien ja piirrosten tekeminen käsin tietokoneiden sijaan saattaa lisätä virhemahdollisuuksia lopputuloksissa. Projektissa ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta esim. AutoCAD-ohjelmiston käyttöön, jonka avulla geometriset laskelmat olisi voitu tehdä luotettavammin.

Pallopanoraamaesitysten yhtenä ongelmana on myös tuulivoimaloiden staattisuus, eli ne eivät ole pyöriviä. Oletettavaa on, että maisemakokemus olisi erilainen, jos voimalat

näkyisivät liikkuvina elementteinä. Tällöin myös näkyvien voimaloiden määrä voisi olla lukumäärällisesti suurempi, koska nyt liikkumattomina osa voimaloista jää huomaamatta, koska ylöspäin osoittavaa lapaa ei aina huomaa metsänrajasta. Liikkuvan elementin havaitsemi todennäköisesti helposti. Lisäksi esityksiin istutettu tuulivoimala on valokuva olemassa olevasta tuulivoimalasta, jonka tornin ja roottorin lavan mittasuhteet toisiinsa nähden eivät välttämättä ole samat kuin vaihekaavassa suunniteltujen tuulivoimaloiden. Tämä voi aiheuttaa virheellisen näkymän.

Pallopanoraamaesitysten haasteena ovat myös pallomaisuuden aiheuttamat vääristymät. Tästä syystä vain aivan keskellä kuvaa olevat objektit ovat oikeamuotoisia ja muut vääristyneitä. Tämä ilmenee muun muassa tuulivoimaloiden näennäisenä kallistumisena ja leventymisenä kuvan reunoilla, mikä voi antaa vääränlaisen mielikuvan tuulivoimala-alueesta. Mitä lähempänä kuvauspistettä voimalat ovat, sitä vääristyneempiä ne reunoille jäädessään ovat. Efekti korostuu myös erityisen suurilla alueilla, joissa voimaloita on paljon, mutta vain muutamat näyttävät kerrallaan oikeamuotoisilta (kuva 12).



Kuva 12: Pallopanoraaman aiheuttama vääristymä kuvan reunoilla. Panoraama kuvattu Siikaisissa Sammin kylältä, Perälän tilan läheisyydestä kohti aluetta 2, Haukkasalo, Honkajoki. Oikeanpuoleisin, keskellä kuvaa näkyvä voimala sijaitsee noin 4 km päässä kuvauspisteestä. (Tmi Kudotut kuvat)

5.4 3D-mallinnus

Vaihemaakuntakaavan 1 ehdotusvaiheessa esitettyjen 18 tuulivoimala-alueen yhtenä havainnollistamiskeinona käytettiin 3D-mallinnusta. Tavoitteena oli kehittää malli, jonka avulla tuulivoimala-alue voidaan nähdä kokonaisuudessaan ilmasta sekä lisäksi ihmissilmän tasalta. 3D-mallinnuksella haluttiin tuoda esille suurten tuulivoimala-alueiden maisemavaikutusten laajuus. Kuvattaessa koko aluetta ilmasta käsin on mahdollista nähdä mihin suunniteltu alue sijoittuu maastossa ja minkä kokoisia voimaloita sinne on maakuntakaavatasolla laskennallisesti suunniteltu sekä miten ne näkyvät alueella. 3D-mallinnuksessa kohteiden (puut, talot, ihmiset, tuulivoimalat) korkeudet ja pinta-alat saadaan tarkasti halutunlaisiksi, joten havainnollistamiskeinona kolmiulotteisuus arvioitiin hyväksi.

Alueiden mallinnuksen toteutti Satakuntaliitto yhteistyössä Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) Porin yksikön kanssa. Tahot solmivat keväällä 2012 tutkimussopimuksen, jonka tavoitteena oli kehittää suurten tuulivoimala-alueiden suunnittelun avuksi 3D-mallinnusmenetelmä havainnollistamaan alueiden asukkaille, maanomistajille ja viranomaisille mahdollisten tuulivoimala-alueiden maisemavaikutuksia. Mallinnukseen päädyttiin 3D-muotoisen aineiston monipuolisten käyttömahdollisuuksien takia; mallissa voidaan periaatteessa liikkua missä tahansa tuulivoimala-alueella tai sen ympäristössä ja näin havainnoida maisemaa.

TTY:n projektiin valikoitui yksitoista (11) aluetta. Vaihemaakuntakaavan 1 18 tuulivoimala-alueesta mallinnettaviksi alueiksi valittiin ne, joista oli käytettävissä tarvittava laserkeilausaineisto. TTY:n tutkimushanke toteutettiin ajalla 1.4.2012-31.12.2012.

5.4.1 Aineisto

Kolmiulotteiset mallit luotiin laserkeilausaineistoa hyödyntäen. Laserkeilaus- eli Lidar-aineisto (Light Detection And Ranging) on kaukokartoitusaineistoa, joka saadaan laserkeilaamalla maastoa lentokoneesta noin 2000 metrin korkeudesta. Laserkeilain mittaa eri kohteiden etäisyyttä lähettämällä laservaloa pulsseittain ja rekisteröimällä ajan, joka kuluu pulssin lähettämisestä sen takaisin saapumiseen. Keilaus tuottaa tietoa jokaisesta maanpinnalla olevasta kohteesta ja muodostaa kolmiulotteisen pistejoukon, ns. pistepilven. Jokaisella laserpulssilla edustavalla pisteellä on x -, y - ja z -koordinaattitieto. Laser-

keilausaineistosta voidaan erottaa erilaisia kohteita, kuten taloja, puustoa, mäkiä jne. 3D-mallinnuksessa hyödynnetään laserkeilauksen kykyä erottaa maanpinnasta ja kasvillisuudesta heijastuneet pisteet toisistaan.

TTY:n tuulivoimala-alueiden havainnollistamista koskevassa tutkimushankkeessa hyödynnettiin kolmenlaista laserkeilausaineistoa: Metsäkeskuksen laserkeilausdataa vuodelta 2010 ja Maanmittauslaitoksen sekä automaattisesti että stereomallin avulla luokiteltua dataa vuosilta 2008-2010. Käytettäväksi dataksi valikoitui kultakin alueelta saatavilla oleva ja käyttötarkoitukseen sopivimmaksi todettu aineisto. Molempien tuottajien (Metsäkeskus ja Maanmittauslaitos) aineistot olivat .las-muodossa, joka on laserkeilausaineistolle yleisesti käytetty tiedostomuoto. Yksi .las-tiedosto pitää sisällään laserkeilaustiedot TM35-karttalehtijaon mukaiselta 3 km x 3 km alueelta ja koostuu keskimääriin 10 miljoonasta pisteestä. Käytetty laserkeilausaineisto oli koordinaattimuodoltaan ETRS-TM35FIN ja korkeusjärjestelmältään N2000.

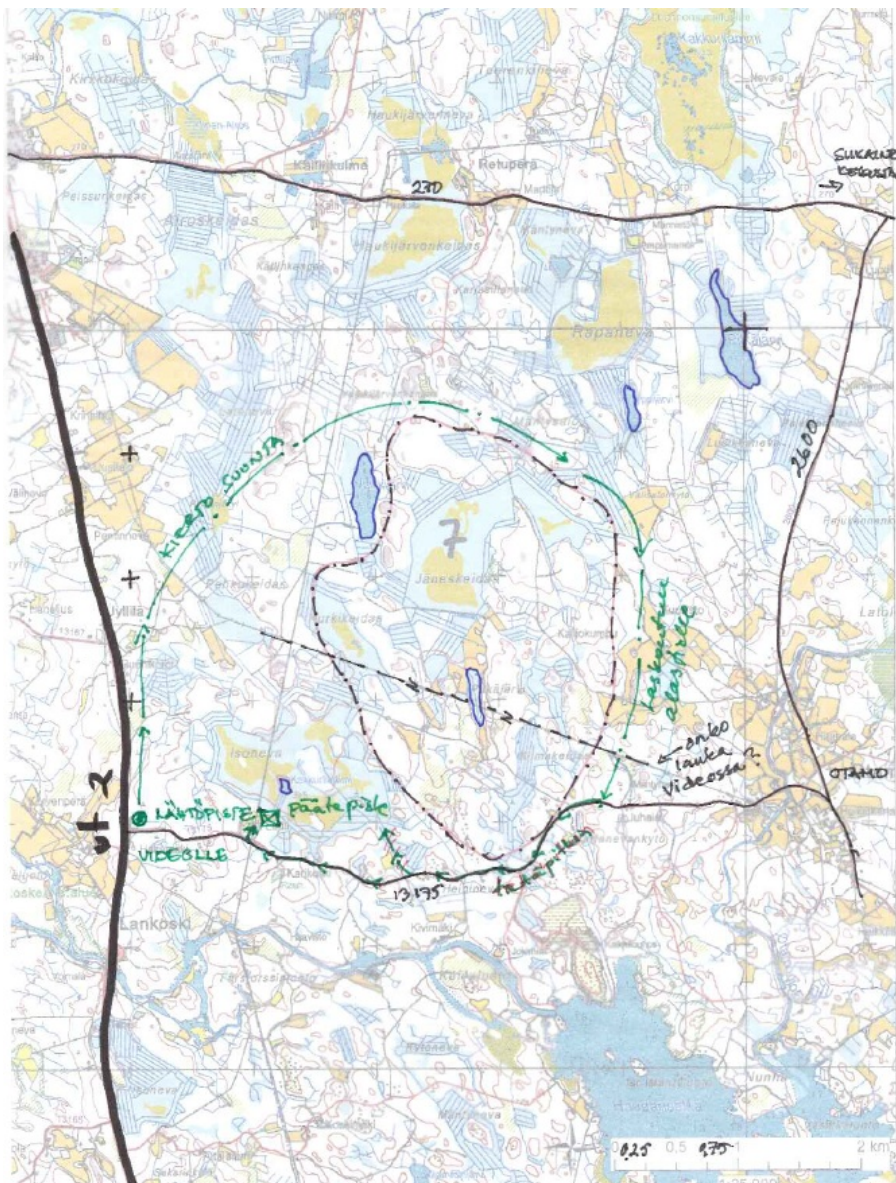
Laserkeilausaineiston lisäksi mallinnuksen tuottamiseen käytettiin Maanmittauslaitoksen värillisiä ortoilmakuvia, jotka yhdistettiin maanpinnan korkeusmalliin ArcScene-paikkatieto-ohjelmalla. Ortoilmakuvat ovat ilmakuvia, joista on poistettu maaston korkeusvaihteluiden ja kameran kuvaprojektion aiheuttamat vääristymät. Asettamalla ilmakuvat ja laserkeilausaineiston päällekkäin saadaan sekä maan pinta että maaston korkeusvaihtelut esitettyä samaan aikaan ja saadaan visuaalisen 3D-mallin maan pinta näyttämään samalta kuin ilmakuvissa. TTY:n projektissa käytetyistä ilmakuvista pääosa oli kuvattu vuonna 2012, mutta osa kuvista oli vuosilta 2010-2011, koska uudemmat kuvaukset eivät vielä olleet valmistuneet projektin käynnissä ollessa.

3D-mallinnuksessa käytetyt ortoilmakuvat ladattiin pakatussa JPEG 2000 -muodossa yksittäisinä karttalehtinä Maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen tiedostopalvelusta. JPEG 2000 -muoto sisältää kuvien paikkatiedon koordinaattijärjestelmässä ETRS-TM35FIN (ns. valtakunnallinen Euref-fin). Yhden ilmakuvan kattama alue on 6 km x 6 km ja sen maastoresoluutio eli pikselikoko on 0,5 m (= yksi pikseli kuvassa vastaa 0,5 m luonnossa). Näin TM35-lehtijaossa yhden ilmakuvan koko pikseleinä on 12 000 x 12 000.

Suurten tuulivoimala-alueiden havainnollistamista varten Satakuntaliitto toimitti TTY:lle suunnittelemansa aluerajaukset, voimaloiden ja huoltorakennusten paikat, voi-

maloiden huoltotiet ja muun tieverkoston, voimalinjat sekä voimaloiden ympärille jätettävät rakennusalueet. Satakuntaliitto luovutti lisäksi tiedot kunkin alueen suunnitelluista voimalakorkeuksista (napa + lapa), voimalinjojen pylväskorkeuden (30 m) ja huoltorakennusten pinta-alat (15 m x 10 m). Voimalinjojen pylväsväleiksi arvioitiin ilmakuvien perusteella 250 m (110 kV voimalinja) ja 400 m (400 kV voimalinja).

Mallinnuksista poistettiin puustoa Satakuntaliiton antamien ohjeiden perusteella voimalinjojen johtokäytäviltä sekä huoltoteiden läheisyydestä. Satakuntaliitto toimitti TTY:lle kameralinjat PDF-tiedostona, joiden mukaisesti valmiiden mallinnusten videoiden kuvausreitti työstettiin (kuva 13).

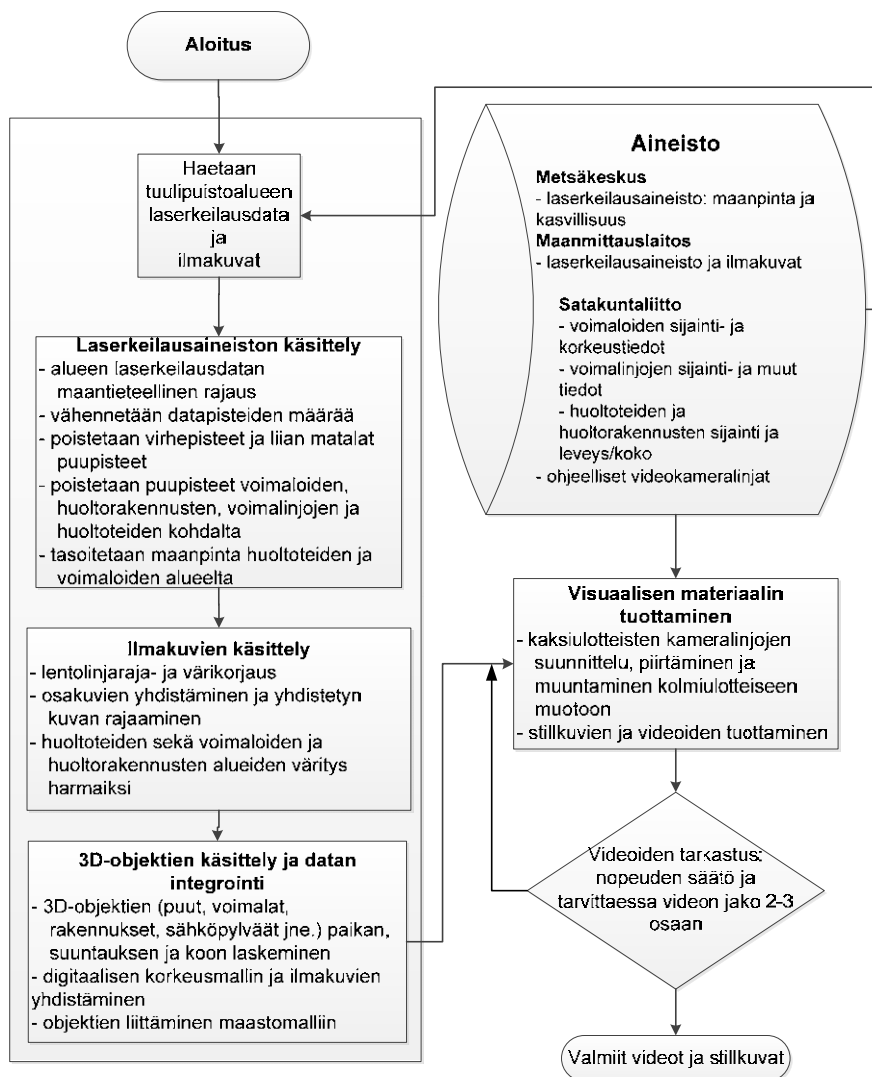


Kuva 13: Satakuntaliiton 3D-mallinnusta varten suunnittelema kameralinja (vihreällä) alueelle 7, Jäneseidas, Siikainen. (Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 6/2012 aineistoa. www.maanmittauslaitos.fi/avoindata_lisenssi_versio1_20120501)

5.4.2 3D-mallin laskenta

Tässä esitelty 3D-mallinnuksen laskenta perustuu FM Anna Eteläahon (TTY, Pori) kirjoittamaan mallinnustyön loppuraporttiin ”*Tuulivoimala-alueiden 3D-mallinnus ja kuvamateriaalin tuotanto*” (Eteläaho 2012).

Kolmiulotteiset mallit suurista tuulivoimala-alueista tuotettiin valmiiksi luokitellusta laserkeilausaineistosta, ilmakuvista, erilaisten kolmiulotteisten objektien sijainti- ja korkeustiedoista sekä videokameralinjojen luonnoksista (kuva 14). Jotta lopputuloksesta saatiin mahdollisimman todenmukainen ja luonnollinen, tehtiin digitaalinen korkeusmalli laserkeilaus- ja ilmakuva-aineisto yhdistämällä. Suunnitellut (osa voimalinjoista, huoltotiet, voimalat ja huoltorakennukset) sekä todelliset (osa voimalinjoista, puut ja asuintalot) objektit kuvattiin mallissa tietokonegrafiikalla. Lisäksi malleihin lisättiin autoja ja ihmisiä kolmiulotteisina symboleina, jotta mittakaavan havainnollistaminen olisi mahdollisimman selkeää. Puiden koko ja sijainti saatiin analysoimalla kasvillisuudeksi luokiteltua laserkeilausaineistoa. Talo-objektit sijoitettiin peruskartan perusteella oikeille paikoilleen, mutta yksityisyydensuojan takia ne eivät malleissa näytä samalta kuin ko. talot oikeasti ovat.



Kuva 14: Vuokaavio 3D-mallinnuksesta. (TTY, Porin yksikkö)

Pääosa mallinnusprosessin vaiheista voitiin automatisoida MATLAB- ja Python-ohjelmoinnin avulla. Joitain kolmiulotteisten objektien ominaisuuksia tarkistettiin ja määriteltiin uudelleen (esim. autojen sijainti ja suunta) automaattisen prosessoinnin jäljiltä ja lisäksi videokameralinjojen piirtäminen digitaalisiksi luonnosten avulla oli käsin tehtävä työvaihe.

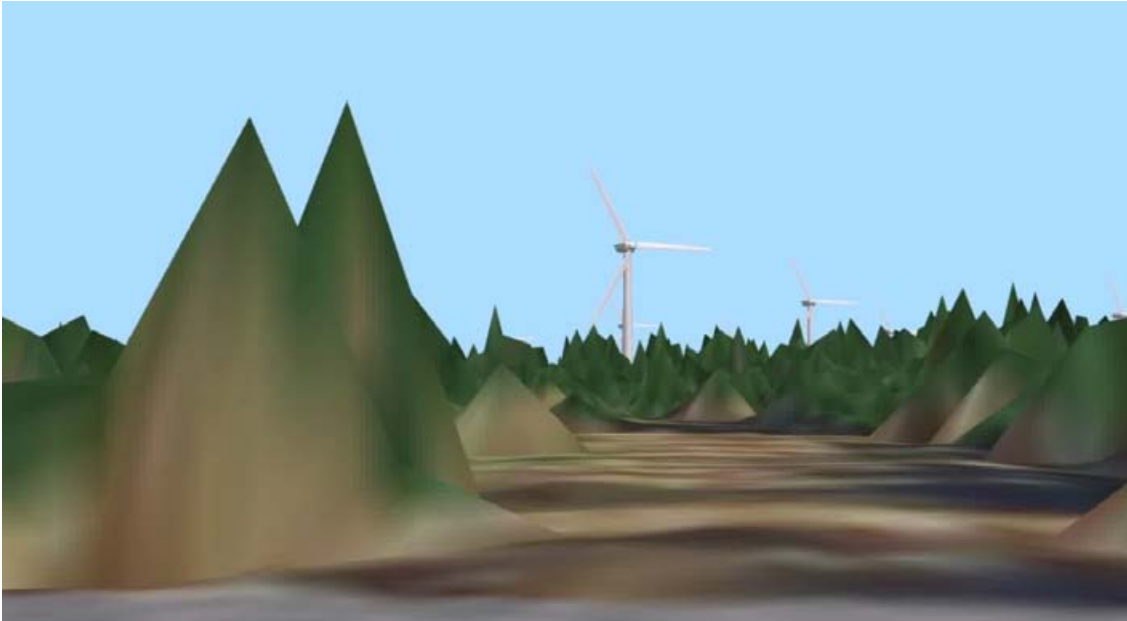
Varsinainen 3D-visualisointi tehtiin ArcGIS 10.1-ohjelmistolla, mutta aiempiin työvaiheisiin käytettiin mm. MATLAB R2012a- ja Python 2.7 -ohjelmia. Lidar-aineistoa kä-

siteltiin myös LAsTools -ilmaisohjelmalla. ArcGIS -tuoteperheen ohjelmista hyödynnettiin pääasiassa ArcSceneä (3D-visualisointi) ja ArcMapia (maantieteelliset rajaukset ja 2D-kameralinjat). Lopulliset videot malleista luotiin ArcScenellä tuotetuista still-kuvista FFmpeg-ilmaisohjelmalla.

Projektin alkuvaiheessa vaihemaakuntakaavan 1 tuulivoimala-alueita kuvattiin kahdella erilaisella 3D-mallilla johtuen käsiteltävän datan tiedostokoosta tietokonekapasiteetin rajallisuuteen nähden. Toisessa mallissa mallinnuksessa käytettiin ns. kolmiopuumallia eli epäsäännöllistä kolmioverkkoa (Triangulated Irregular Network, TIN), jossa puut ovat kolmiomaisia ja teräväkulmaisia (kuvat 15 ja 16). Mallin hyötynä oli sen kevyt datamäärä, jolloin sen työstäminen oli tietokoneille helppoa. Ongelmana oli sen visuaalisuus läheltä maanpintaa kuvattaessa, koska maaston muodot ja puusto näyttivät epärealistiselta. TIN-muotoinen mallinnustyyli hylättiin lopulta kokonaan, kun laskennallisesti raskaampi mutta lopputulokseltaan näyttävämpi tyyli saatiin toimivaksi suuresta datamäärästä huolimatta. Tässä raskaammassa mallinnuksessa, ns. aitopuumallissa, puusto näyttää realistisemmalta ja lopputulos on TIN-mallia parempi joka osa-alueella (kuvat 17 ja 18).



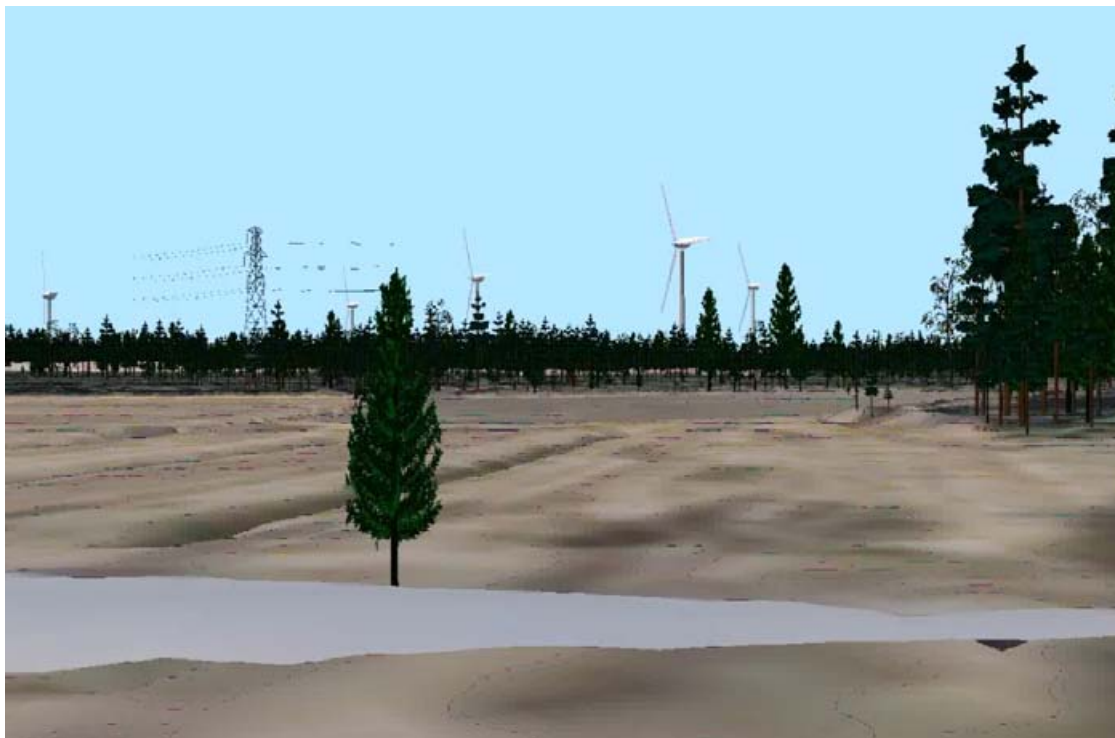
Kuva 15: Alue 7 Jäneskeidas, Siikainen, 3D-mallinnettuna ns. kolmiopuumallina lintuperspektiivistä nähtynä. (TTY, Porin yksikkö)



Kuva 16: Alue 7 Jäneskeidas, Siikainen, 3D-mallinnettuna ns. kolmiopuumallina ihmissilmän tasolta nähtynä. (TTY, Porin yksikkö)



Kuva 17: Alue 12 Jakkuvärkki, Pori 3D-mallinnettuna ns. aitopuumallina lintuperspektiivistä katsottuna. (TTY, Porin yksikkö)



Kuva 18: Alue 12 Jakkuvärkki, Pori, 3D-mallinnettuna ns. aitopuumallina ihmissilmän tasolta katsottuna. (TTY, Porin yksikkö)

Lopulliset 3D-mallit toteutettiin hyödyntämällä maanpinnan rasterimallia sekä kolmiulotteisia puuobjekteja. Rasterimallissa maanpinta muodostuu pikseliruudukosta, jossa jokainen ruutu pitää sisällään kyseisen ruudun keskimääräisen korkeusarvon. Mitä pienempää ruutukokoa rasterissa käytetään, sitä tarkempi malli saadaan. Tuulivoimala-alueiden havainnollistamisessa käytetyn rasteriruudukon tarkkuus on noin 2 m x 2 m, jolloin tuloksena saatiin läheltä tarkasteltavaksi soveltuva malli. Tämän mallin päälle lisättiin puut erillisinä objekteina ja lopputuloksena saatiin ylhäältä katsottuna hyvin paljon ilmakuvaa muistuttava kolmiulotteinen mallinnus. Alkuperäinen suunnitelma oli käyttää tätä tarkkaa mallinnusta vain alle 7 neliökilometrin kokoisille alueille suuren datamäärän takia, mutta ohjelmakoodien optimoinnin ja puumallien rakenteen keventämisen avulla mallinnusta voitiin käyttää myös suurilla (yli 7 km²) alueilla.

Tuulivoimala-alueiden mallinnuksessa tärkeässä osassa olivat myös varsinaisen tuuli-alueen ulkopuoliset alueet. Mistä suunnista ja kohteista tuulivoimala-alueita tulisi voida katsella, jotta maisemavaikutukset olisivat mahdollisimman helposti ymmärrettävissä? Malleihin pyrittiin saamaan näkymään Satakuntaliiton suunnitelmien mukaisesti muun muassa suuria teitä, järviä ja peltoja, asutuskeskuksia ja arvokkaita kulttuuriympäristöjä.

Mallinnusalueiden rajaukset tehtiin paitsi näiden kohteiden myös ilmakuvien ja laserkeilausaineiston saatavuuden sekä käytettävissä olevien tietokoneiden kapasiteettien mukaan. Pääsääntönä oli, että mitä suurempi tuulialue oli, sitä vähemmän voitiin malliin ottaa mukaan ympäröiviä alueita. Minimitavoitteena oli kuitenkin vähintään yhden (1) kilometrin etäisyys määritellyn tuulivoimala-alueen reunasta.

Mallinnuksen aineiston käsittely oli tärkeässä osassa lopputuotetta luotaessa. Laserkeilausdatan .las-tiedostomuoto muutettiin tekstimuotoon, jotta käytetyt ohjelmat (MATLAB ja ArcGIS) pystyivät käsittelemään tietoja. Lisäksi aineisto rajattiin maantieteellisesti halutunlaiseksi. Laserkeilausaineistoa myös kevennettiin vähentämällä sen sisältämää pistetietoa, jotta tietokoneiden laskenta olisi ylipäätänsä mahdollista. Datasta poistettiin sekä kasvillisuutta että maanpintaa kuvaavia pisteitä lähteestä riippuen niin, että Maanmittauslaitoksen aineistossa jätettiin yksi piste jokaiselle 0,5 neliömetrille ja Metsäkeskuksen aineistossa yksi piste jokaiselle 1 neliömetrille. Tämän ensimmäisen harventamisen jälkeen pisteitä poistettiin vielä lopuksi lisää hieman alueen koosta riippuen. Aineiston tiedostomäärän pienentämiseksi tehdyn alkuharvennuksen jälkeen poistettiin vielä ns. virhepisteet eli poikkeuksellisen matalat ja korkeat pisteet. Lisäksi maanpintaa tasoitettiin voimaloiden työalueiden, huoltorakennusten ympäriltä ja huolto-ten ympäriltä keskiarvottamalla laserkeilausaineiston pistetietoa. Tämän jälkeen maanpinta muutettiin näiden tasoitettujen kohteiden osalta tekstitiedostosta rasteriksi, jonka resoluutioksi määriteltiin 0,5 metriä.

Kasvillisuuden Lidarista (laserkeilausaineisto) poistettiin puita kuvaavia pisteitä voimaloiden työalueilta, huoltorakennusten kohdalta sekä huoltoteiltä. Alueiden puiden korkeus selvitettiin laserkeilausaineistosta laskemalla puuta kuvaavan ja maanpinnan z-koordinaatin (korkeussuunta) erotus. Virhepisteet poistettiin samalla. Lisäksi puustoa kuvaavaa pistejoukkoa harvennettiin selvästi, sillä mallinnuksessa käytetty ArcScene-ohjelma ei olisi muuten kyennyt käsittelemään aineistoa tiedostojen suuren koon takia. Puuston harventamista perusteltiin myös sillä, että laserkeilauksessa samasta puusta voi heijastua useita pisteitä, jolloin pelkkään aineistomäärään perustuva mallinnus olisi antanut liian tiheän puuston oikeaan tilanteeseen verrattuna.

Lidar-aineiston antama puupistetieto jaettiin korkeuden perusteella ryhmiin, jotta lopulliseen malliin saataisiin mahdollisimman luonnollisen kokoinen metsä. Puupisteistä

valittiin satunnaisesti 40 prosenttia kyseisen mallinnettavan alueen yli 10 metriä korkeista puista ja 20 prosenttia enintään 10 metrin korkuisista puista. Lopullisiin malleihin istutettiin 200 000 – 700 000 puuta riippuen koko mallinnuksen kattavan alueen koosta ja laserkeilausaineistosta.

Laserkeilausaineiston lisäksi myös ilmakuvia piti käsitellä lopullisen 3D-mallin luomiseksi. Yhtenä pääongelmana oli ilmakuvien eri kuvausajankohdista johtuva lentolinjarajat, jolloin vierekkäiset ilmakuvat saattoivat olla keskenään erivärisiä johtuen mm. säiden ja valaistusolojen vaihteluista. Kuvien säätäminen oli TTY:n mukaan hankalaa, mutta värejä saatiin paranneltua ja yhtenäistettyjä eri kuvien välillä. Lentolinjarajoja ei juuri pystytty häivyttämään, mutta 3D-malleihin istutetun objektipuut peittivät ne alleen valmiissa malleissa. Ilmakuvia käsiteltiin ensin muuttamalla Maanmittauslaitoksen kuvat JPEG200-formaatista GeoTIFF-muotoon, jotta kuvia voitiin käsitellä MATLABilla. Jokainen mallinnettava tuulivoimala-alue kattoi 2-6 ilmakuvaa, jotka värisäädettiin yhtenäiseksi, yhdistettiin yhdeksi isoksi ilmakuvaksi ja leikattiin halutun kokoiseksi. Tuulivoimaloiden huoltotiet ja rakenteiden ympäristöt digitoitiin ilmakuville ja väritettiin harmaata soraa muistuttaviksi (kuva 19).



Kuva 19: Vasemmanpuoleinen kuva on alkuperäinen. Oikeanpuoleiseen on tehty värisäätö ja huoltoteiden ja voimala-alueiden lisäys. (TTY, Porin yksikkö)

Laserkeilausaineiston ja ilmakuvien lisäksi myös malleissa käytettyjä kolmiulotteisia objekteja (autot, talot, ihmiset, tuulivoimalat, sähkölinjat, puut, asuinrakennukset ja huoltorakennukset) piti käsitellä. Koska jokaisella mallinnusalueella käytettiin samoja objekteja, voitiin niiden käsittely automatisoida lähes kokonaan. Objekteita käsiteltiin MATLABin avulla muun muassa laskemalla niiden oikeat paikat ja suunnat. Käsinnä

duttiin määrittelemään erikseen vain autojen, talojen ja ihmisten paikat. Jokaiselle alueelle oli oma ArcScene-dokumenttinsa, joka piti sisällään käsitellyn ilmakuvan, videokameralinjan, käytetyt objektit ja niiden värit, koot ja suunnat. Puuobjektien osalta oli määritelty korkeuden ja määrän lisäksi puulaji, joiksi valikoituivat tässä projektissa koi-vu, mänty ja kuusi.

Tuulivoimala-alueiden 3D-mallinnuksen lopputuotteena valmistettiin videotiedostoja. Tähän päädyttiin, koska Satakuntaliitolla ei ollut tietokoneillaan mahdollisuutta pyörittää 3D-malleja sellaisenaan puuttuvien, maksullisten ohjelmistojen takia. Videoita varten Satakuntaliitto suunnitteli kameralinjat eli reitit, joita pitkin videolla kuljetaan. Tavoitteena oli luoda rauhallista vauhtia etenevä, visuaalisesti miellyttävä video, jossa lähdetään liikkeelle korkealta ilmasta ja laskeudutaan ihmisen silmän tasolle. Näin haluttiin selventää katsojalle koko alueen laajuus ja sijainti sekä tuoda ilmi, miltä voimala-alue näyttää katseltaessa sitä tutuista kohteista (ulkoilureitit, kulttuuriympäristöt, järvien rannat jne.). Monissa videoissa silmän tasolla liikkuesssa edettiin teitä pitkin, jolloin reitin esittäminen myös kartalla oli helpompaa. Monet videot olivat kestoltaan niin pitkiä (jopa 30 min), että niitä leikattiin osiin ja tällöin esimerkiksi ilmassa lentämisestä on oma videonsa ja tiellä kuljettaessa omansa. Tavoitteena oli myös pitää videot kohtuullisen mittaisena (max. 8 min), jotta niiden katselu on mielekästä. Useat videot typistettiin selvästi alle 6 minuuttiin tästä syystä.

3D-malleista tuotettiin videoiden lisäksi myös still-kuvia eli valokuvia videomateriaalista. Still-kuvat tehtiin videoita varten ArcScene-ohjelmiston animaatiotyökaluilla. ArcScenen tuotettua kuvasarjat koostettiin niistä video FFmpeg-ohjelmalla. Kun video- ja still-kuvamateriaali oli valmiina, ajettiin suunniteltu kameralinjareitti useilla eri nopeuksilla materiaalin läpi ja etsittiin videon esitysnopeudeksi sopivin vaihtoehto. Kameran suunta asetettiin näyttämään tuulivoimala-alueen keskelle. Lopulta animaatioon valikoidut kuvat laskettiin 30 fps:n (frames per second) kuvataajuudella ja MATLABilla tehtiin videoiden alkuun 10 sekuntia näkyvä info-kuva, jossa kerrotaan kyseisen videon esittämän alueen nimi, kunta jossa se sijaitsee, voimaloiden korkeus ja määrä. Kuvataajuus videoilla vaihtelee 20-30 fps:n välillä alueesta riippuen. Yleisohjeena voidaan pitää, että mitä korkeampi kuvataajuus, sitä pehmeämpi liike videossa. Kuvataajuutta pienentämällä aiheutetaan videoille välkkymistä ja nykimistä, mitkä heikentävät katselukokemusta merkittävästi. Tallennustilan rajallisuus kuitenkin rajoitti videoiden lähde-

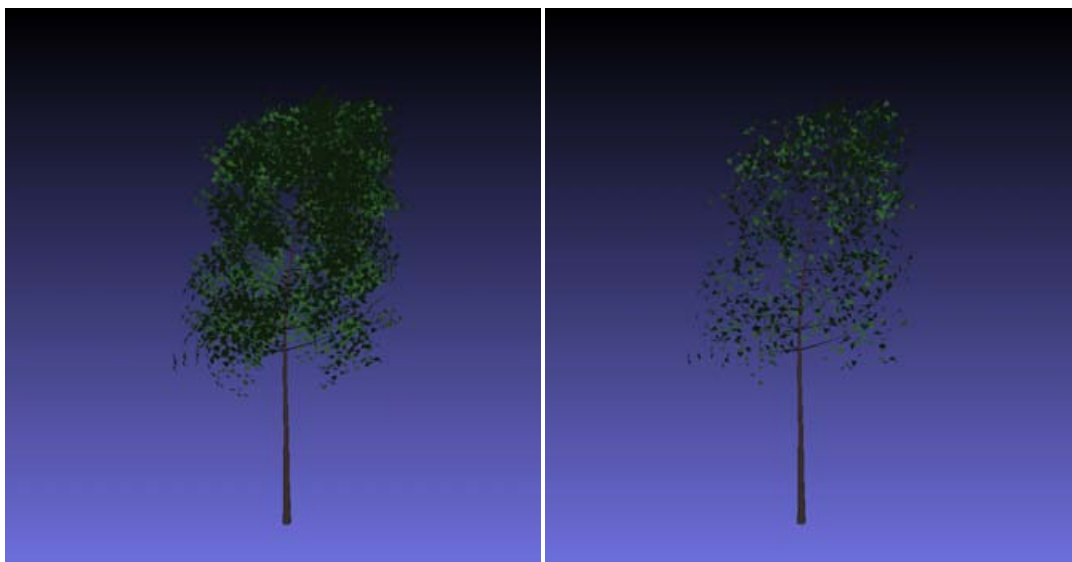
materiaalina olleiden still-kuvien tuottamisen määrää, joten kompromissina tälle päädyttiin edellä mainittuun 20-30 fps:n kuvataajuuteen.

5.4.3 Kehittämistarpeet

Maakunnallisesti merkittävien tuulivoimala-alueiden 3D-mallinnuksen kanssa esiin tuli joitain kehittämistarpeita. Mallinnettavien alueiden suuri pinta-ala (suurin alue noin 17 km²) ja puumäärä aiheuttivat haasteita työlle, koska sekä manuaalisesti että automaattisesti käsiteltävän datan määrä kasvoi hyvin suureksi. Tietokoneiden rajallinen laskenta- ja tallennuskapasiteetti pakotti kompromissien tekoon sekä prosessien optimointiin ja automatisointiin. Kompromisseja tehtiin mallin tarkkuuden suhteen, koska kaikkia maastossa todellisuudessa olevia rakennuksia ja puita ei pystytty mallintamaan kolmiulotteisesti.

Projektin alussa aineiston käsittely oli hyvin hidasta ja yhden alueen aineistokäsittelyyn kului tietokoneelta yli kymmenen tuntia. Projektin edetessä prosessia saatiin nopeutettua pariin tuntiin. Myös videoiden lähdemateriaaliksi tarvittavien still-kuvien laskemiseen kului alussa lähes vuorokausi monimutkaisten kolmiulotteisten puuobjektien takia, mutta tätäkin aikaa saatiin lopulta lyhennettyä kolmanneksen.

Edellä mainitut puuobjektit muodostuivat alun perin kymmenistä tuhansista polygoneista (jopa 30 000). Tietokonegrafiikassa polygoni on kaksiulotteinen pinta, jossa yhdistyvät kärkipisteet ja reunaviivat. Polygonien avulla mallinnetaan kolmiulotteisia kappaleita vektorigrafiikkaa apuna käyttäen. Koska ArcScene-ohjelma pystyy käsittelemään vain rajallisen määrän polygoneja, vähennettiin jokaisesta puuobjektista niiden määrää (kuva 20). Haasteena ArcScenen kanssa oli ohjelman ominaisuus, jossa se lähettää näytönohjaimelle piirrettäväksi kaikki dokumentissa näkyväksi merkityt puut riippumatta siitä näkyvätkö ne todellisuudessa tietokoneen näytöllä. Muokkaamalla puuobjekteja saatiin niiden polygonimäärää pudotettua jopa kymmenesosaan (30000 → 3000). Tämä työ tehtiin Autodesk 3ds Max -ohjelmalla. Toisaalta vaikka puuston kokonaispolygonimäärää saatiin pudotettua selvästi, loppui ArcScenen käsittelykapasiteetti noin 800 000 puun kohdalla ja ohjelma lakkasi toimimasta.



Kuva 20: Kolmiulotteinen puuobjekti. Vasemmanpuoleinen kuva on alkuperäinen (18 412 polygonia). Oikeanpuoleinen puu koostuu käsittelyn jäljiltä 2 408 polygonista. (TTY, Porin yksikkö)

Puuobjektien polygonimäärästä johtuvien haittojen lisäksi haastetta mallinnustyölle antoi lopullisten videoiden tekeminen. Liikkumisvauhdin säätäminen katselijalle miellyttäväksi oli haastavaa ja videokuvasta tuli helposti liian nopeasti etenevää. Projektin alussa videokuvauksen ongelmana oli, että kuva liikkui samaa vauhtia sekä ilmassa että silmän tasalla. Projektin edetessä vauhtia saatiin säädettyä niin, että mitä matalammalla ollaan, sitä hitaammin kuva liikkuu. Tällöin katselukokemuksesta tuli miellyttävämpi myös isolta screeniltä katsellessa. Vauhtia säädettiin MATLAB-ohjelmalla.

6. Havainnollistamisaineiston hyödyntäminen kaavaprosessissa

Satakunnan vaihemaakuntakaavan 1 havainnollistamisprojektin tuloksia esiteltiin vuoden 2012 aikana useissa eri tilaisuuksissa. Aineisto oli nähtävillä sekä luonnos- että ehdotusvaiheessa muun muassa yleisötilaisuuksissa (yhteensä 8 tilaisuutta), asiantuntijaryhmän, maakuntakaavatoimikunnan, maakuntahallituksen ja maakuntavaltuuston kokouksissa. Lisäksi havainnollistamismateriaali oli ladattavissa Satakuntaliiton www-sivuilta.

Vaihekaavaehdotus päätettiin asettaa uudelleen nähtäville maakuntahallituksen marraskuun kokouksessa vuonna 2012. Päätöksen myötä havainnollistamismateriaalia tullaan tekemään vielä lisää, jotta tuulivoimala-alueiden maisemavaikutukset saataisiin selvitet-

tyä mahdollisimman tarkasti. Lisämateriaalia tuotetaan mm. pallopanoraamaesitysten avulla.

Havainnollistamismateriaalin tuottamisen tavoitteena on ollut saada ihmiset kiinnostumaan kaavoituksen merkityksestä omassa elinympäristössään. Yleisötilaisuuksissa saadun palautteen perusteella 3D-mallien ja pallopanoraamaesitysten hyvä kuvanlaatu on helpottanut kaavan vaikutusalueella asuvia ihmisiä ymmärtämään miten tutut maisemat muuttuvat tulevaisuudessa, mikäli tuulivoimaa rakennetaan Satakunnan vaihemaakuntakaavassa 1 osoitetuille tuulivoimatuotantoon soveltuville alueille. Valitettavaa on, että havainnollistamisaineisto tavoitti vain osan suunniteltujen alueiden vaikutusalueella asuvista ihmisistä.

Havainnollistamisprojektissa tuotettu aineisto on katseltavissa tai ladattavissa Internetistä Satakuntaliiton sivuilta (www.satakuntaliitto.fi/vmk1). Sivustolle on koottu havainnekuvastojen, näkyvyysanalyysien, pallopanoraamaesitysten ja 3D-mallien lisäksi paikantamista helpottavia kartta-aineistoja. Lisäksi aineisto toimitetaan kaikkiin Satakunnan kuntiin hyödynnettäväksi kuntien omissa töissä. 3D-mallinnukset löytyvät myös YouTube-sivustolta hakusanalla Satakuntaliitto (www.youtube.com/Satakuntaliitto).

7. Johtopäätökset ja kehittämismahdollisuudet

Satakunnan vaihemaakuntakaavan 1 yhteydessä tuotettu havainnollistamismateriaali selkiytti saadun palautteen mukaan ihmisten käsitystä kaavoitusprosessin etenemisestä sekä auttoi ymmärtämään mahdollisia maisemamuutoksia. Pallopanoraamaesitykset ja 3D-mallit toimivat erinomaisina virtuaaliesittelyinä aiheesta ja paperiset havainnekuvasot ja näkyvyysanalyysit tukivat niitä hyvin. 3D-mallien tuottaminen oli projektin työläin ja haastavin vaihe tietokoneiden rajallisen toimintakapasiteetin takia. Paperimateriaalin ja pallopanoraamaesitysten tuottaminen onnistui nopealla aikataululla.

Kehittämismahdollisuuksia havainnollistamismateriaalien esittämisen suhteen on runsaasti. Havainnekuvasoissa voitaisiin esittää alueen maaston ominaispiirteitä, asutuksen määrää ja sijaintia, mahdollisia virkistysarvoja jne. Näkyvyysanalyysien laadinnassa voitaisiin tutkia näköesteinä toimivan metsän korkeutta tarkemmin ja lisäksi analyysiä tulisi kehittää luotettavammaksi myös rakennetussa ympäristössä; tällä hetkellä esim. rakennusten korkeudet eivät ole olleet käytössä analyysijä tehtäessä.

Pallopanoraamaesitysten ja 3D-mallien osalta olisi mahdollista tuottaa erilaisia variaatioita tuulivoimala-alueiden rakentumisesta. Tämä onkin tavoitteena, kun vuoden 2013 aikana tuotetaan uusia panoraamaesityksiä. Katselijoille esitetään erilaisia vaihtoehtoja, jos jokin alue poistuu tai aluerajaukset muuttuvat. Vaihtoehtojen esittäminen on mahdollista myös 3D-malleilla, mutta niiden tuottaminen on työlästä. 3D-mallien esittämistapaa voisi kehittää niin, että niitä voisi pyörittää malleina, ei pelkästään valmiina videoina. Tämä olisi ollut mahdollista jo nyt, mikäli Satakuntaliiton tietokoneilla olisi ollut käytettävissä sopiva ohjelma. Tällöin mallinnettua voimala-aluetta voitaisiin katsella halutusta pisteestä, esimerkiksi tietyn pellon laidalta tai tietystä tienmutkasta. Pallopanoraamaesityksiin olisi hyvä saada linkitettyä yleispiirteinen kartta, josta katselija voisi helposti nähdä missä kohdassa kyseinen kuvaesitys on otettu ja mahdollisesti myös klikata nopeasti itsensä toiseen kuvauspaikkaan ilman erillisten karttatiedostojen avaamista.

Projektissa tuotettu havainnollistamismateriaali tuottaa vain yhden teoreettisen ehdotelman mahdollisesta maisemamuutoksesta tuulivoimaloiden rakentuessa kaavassa suunnitelluille alueille. Maakuntakaavatasolla ei määritetä voimaloiden yksityiskohtaista sijaintia, vaan se tapahtuu tarkemmassa, alemman tason kaavoituksessa. Havainnollistamisprojektia varten voimalat sijoitettiin tietyllä teoreettisella mallilla suunnitelluille alueille. Joissakin tapauksissa tämä saattaa aiheuttaa hämmennystä verrattaessa esimerkiksi voimaloiden lopullista sijoituspaikkaa havainnollistamisaineistossa esitettyihin.

Havainnollistamisprojekti oli luonteeltaan uutta luova ja siinä havainnollistettiin erilaisin keinoin vaihemaakuntakaavan suunniteltujen tuulivoimala-alueiden maisemallisia vaikutuksia. Projekti sai yleisesti ottaen positiivista palautetta. Mielenkiintoinen ilmiö oli, että suunnittelussa tuotettuja pilottiluonteisia havainnollistamismateriaaleja vaadittiin esitettävän lisää muun muassa viranomaisten kanssa käydyssä keskustelussa. Toisin sanoen uudenlaisen materiaalin käyttö johti myös lisävaatimukseen aineiston kattavuuden osalta.

8. Lähteet

- Eteläaho, A. 2012. Tuulivoimala-alueiden 3D-mallinnus ja kuvamateriaalin tuotanto. Loppuraportti. TTY, Pori.
- Kopomaa, T., L. Peltonen & T. Litmanen (toim. 2008). Ei meidän pihallemme! Paikalliset kiistat tilasta. Gaudeamus, Helsinki.
- Satakuntaliitto (2011a). Mannertuulialueet Satakunnassa. Sarja A:300.
- Satakuntaliitto (2011b). Tuulivoimakyselyn analyysi. Sarja A:302.
- Satakuntaliitto (2012). Satakunnan ilmasto- ja energiastrategia. Sarja A:301.
- Turun kaupunki (2011). Ilmakuva. 19.12.2012.
<<http://www.turku.fi/Public/default.aspx?contentid=51071>>
- Valtion ympäristöhallinto (2012). Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet. 19.12.2012.
<<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1112&lan=fi>>
- Weckman, E. (2006). Tuulivoimalat ja maisema. 41 s. *Suomen ympäristö 5/2006*.