

TUULIVOIMAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

SUOMESSA

MATIAS VÄNTTILÄ

790351A

LuK-seminaari ja -tutkielma

Maantieteen laitos

Oulun yliopisto

24.11.2016

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|--|----|
| JOHDANTO | |
| KESKEISET YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEKIJÄT | 2 |
| Maankäyttö | 2 |
| Visuaalisuus | 3 |
| Ääni..... | 5 |
| Infraääni | 7 |
| Liike | 8 |
| VAIKUTUSTEN KOHTEET | 9 |
| Maaperä ja kasvillisuus | 9 |
| Maisema ja kulttuuriympäristö | 10 |
| Linnusto | 12 |
| Ihmiset | 13 |
| Yhteiskunnan infrastruktuuri | 15 |
| TAPAUSTUTKIMUKSET | 17 |
| YVA Oulunsalo-Hailuoto | 18 |
| YVA Sodankylä, Joukahaiselkä..... | 19 |
| JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA..... | 20 |
| LÄHTEET | 24 |
| Kirjalliset lähteet:..... | 24 |
| Sähköiset lähteet: | 25 |

JOHDANTO

Tuuli on yksi vanhimmista energiantuotantomuodoista. Jo 600-luvulla eKr. tuulen avulla nostettiin vettä pelloille Persiassa. Suomessa ensimmäiset maininnat tuulen käyttämisestä energianlähteenä ovat vuodelta 1463, jonka jälkeen tuulta on käytetty esimerkiksi sahojen, myllyjen ja pumppulaitoksien energianlähteenä. Ensimmäiset sähköä tuottavat myllyt saapuivat suomeen 1900-luvun alussa ja siitä ne ovat hiljalleen kehittyneet nykyiseen muotoonsa. Tuuli energianlähteenä ei lopu kesken.

Tuulivoima on sähköntuottamista tuulen eli ilmavirtauksien liike-energian ja tuuliturbiinien avulla. Se on auringosta peräisin olevaa uusiutuvaa energiaa, eikä sen tuotanto synnytä päästöjä. Suomessa tuulivoiman käyttö on ollut vähäistä, mutta viime vuosina se on kasvattanut suosiotaan sähköntuotantomuotona. Suosio kasvaa edelleen, koska tuulivoimalla on vahva asema energiantuotannon taistelussa päästöjä ja ympäristöongelmia vastaan. Tuulienergia on puhdasta ja sitä lisäämällä voidaan vähentää haitallisia ympäristövaikutuksia, kuten kasvihuonekaasuja, ydinjätettä tai kaivostoiminnan ongelmia. Euroopan Unionin (EU) viitoittama Suomen vähäpäästöisempi energiapolitiikka onkin suurin syy tuulienergian suosion kasvuun.

Vuoden 2014 lopussa Suomessa oli 260 tuulivoimalaa, joiden kapasiteetti oli 627 Megawattia (MW). Suomen koko sähköntuotannosta tällä katettiin 1,3 %. Seuraavan vuoden aikana Suomessa rakennettiin 124 uutta tuulivoimalaa, joiden kapasiteetti on 379MW. Vuoden 2015 loppuun mennessä tuotantokapasiteetti siis melkein kaksinkertaistui 1005 MW:iin ja 387 tuulivoimalaan. Tällä katettiin 2,8 % Suomen sähkönkulutuksesta ja tuotanto kasvoi 110 % edellisvuodesta. Suomessa on asetettu vuodelle 2020 tavoite tuulivoimakapasiteetin kasvattamisesta 2500 MW:n tasolle, jonka odotetaan tulevan täyteen jo vuoteen 2018 mennessä (www.tuulivoimayhdistys.fi).

Tuulivoimaloiden kehittyessä myös niiden koko ja ympäristövaikutukset ovat kasvaneet. Tuulipuistot ovat kuuluneet viime vuosikymmenet ympäristövaikutusten arviointimenettelyä koskevan lain (468/1994) alaisuuteen. Tällä on pyritty ehkäisemään negatiivisten vaikutusten määrää sekä lisäämään positiivisten vaikutusten tietoisuutta kansalaisissa. Tieteellistä tutkimusta aiheesta on tehty erityisesti 2000-luvulla tuulivoimaenergian ajankohtaisuuden vuoksi (www.ymparisto.fi).

Tämän tutkielman tavoitteena on esittää nykyisen tutkimustiedon perusteella, mitkä ovat tuulivoimaloiden ympäristövaikutuksia aiheuttavat tekijät sekä mihin ja miten ne vaikuttavat. Lisäksi tutkielmassa käydään läpi kahden tuulivoimapuiston suunnittelun aikana käyty ympäristövaikutusten arviointiprosessi. Tutkielmassa käytetään aineistona kansainvälisiä tutkimuksia, -artikkeleita, seminaarikeskustelujen pohjalta tehtyjä tiivistelmiä, sekä kotimaisia tilastoja, ministeriön raportteja ja aiheeseen yleisesti liittyvää kirjallisuutta. Tutkielman lopussa käydään läpi johtopäätöksiä ja pohditaan onko tuulivoima kokonaisvaikutuksiltaan puhdasta energiaa, kuinka ihmisiin kohdistuvien ympäristövaikutusten subjektiivisuus vaikuttaa niiden suuruuteen ja kuinka puolueettomasti ympäristövaikutuksia tutkitaan ja arvioidaan. Lisäksi esitellään tutkimuksen myötä heränneet jatkotutkimuskysymykset.

Valitsin tuulivoimaloiden ympäristövaikutukset Suomessa tutkielmani aiheeksi, koska tuulivoiman merkittävä lisääntyminen on näkynyt konkreettisesti erityisesti Suomen rannikoiden maisemakuvassa ja herättänyt ihmisissä monenlaisia ajatuksia. Tuulivoimaloiden ilmestyessä ihmisten kotiseuduille niiden ympäristövaikutukset, kuten infra-aallot, ovat herättäneet laajaa huomiota uutismedioita myöten. Myös kotiseudulleni on valmistunut laaja tuulivoimapuisto ja sen myötä olen kuullut vilkasta keskustelua aiheesta. Kiinnostuin selvittämään huhujen ja tarinoiden todellisuutta nykytutkimuksen valossa.

KESKEISET YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEKIJÄT

Maankäyttö

Tuulivoiman laajamittainen käyttöönotto uusilla alueilla on herättänyt huolta sen tarvitsemien suurten maa-alueiden vuoksi. Arviot maankäytöstä kirjallisuudessa perustuvat usein yksinkertaistettuihin oletuksiin, jotka eivät heijasta todellista maankäytön kehitystä. Maankäyttöä tutkitaan usein virastojen ja julkisen sektorin taholta tuulivoimalaprojektien muodossa, mutta koottua tietoa on vaikea saada. Lisäksi on olemassa vain rajallinen määrä tietoa tuulivoimapuistojen maankäytöstä erilaisissa ympäristöissä (Denholm ym. 2009).

Maankäytön vaikutusten arviointiin on olemassa eri tapoja, mutta ei yhtä yleisesti hyväksyttyä menetelmää. Koellner ja Scholz (2008) esittävät kolmiosaista arviointimenetelmää: 1. vaikutukset alueeseen, 2. vaikutuksen kesto ja 3. vaikutuksen laatu. Tuulivoiman vaikutuksia arvioidessa keskitytään yleensä ensimmäiseen kohtaan ”vaikutukset alueeseen.” Vaikutuksen laatua tarkasteltaessa puhutaan toisin sanoen alueen maaperälle ja koko ekosysteemille tapahtuneista vaurioista, jolloin tarkasteluun tarvittaisiin alueen alku- ja lopputilanne. Vaikutuksen kesto on myöskin hyvin tapauskohtainen ja riippuu tuulivoimapuiston elinkaaresta. Näistä syistä huomio keskittyy usein arviointimenetelmän ensimmäiseen kohtaan.

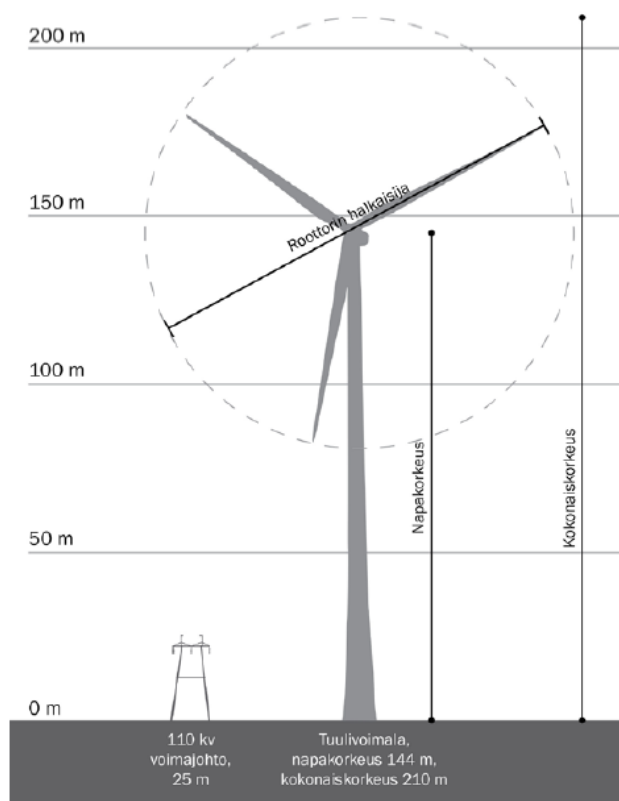
Tuulivoiman maankäyttöaluetta määrittäessä haastetta tuovat tuulivoimapuistojen epäjatkuva luonne ja pirstoutunut rakenne. Alueet sisältävät sekä konkreettiset voimala-alueet -että ympäröivän vaikutusalueen. Ympäristövaikutuksia arvioidessa maa-alueet jaotellaankin usein kahteen yleistettyyn tyyppiin. Suoraan vaikutusalueeseen, joka sisältää voimalan rakennetun infrastruktuurin, sekä vaikeammin määriteltävään tuulivoimalan kokonaisvaikutusalueeseen (Denholm ym. 2009).

Suora vaikutusalue aiheuttaa tuulivoimala-alueelle erilaisia pysyviä ja tilapäisiä häiriöitä. Näitä ovat esimerkiksi tuulivoimalan perustuksien rakentaminen, tiet, sähköasemat, huoltorakennukset sekä muu infrastruktuuri, joka fyysisesti luodaan alueelle. Lisäksi näkyviä vaikutuksia aiheuttavat rakennusvaiheen infrastruktuuri, kuten tilapäiset kulkutiet ja varastointialueet. Rakentamisen valmistuttua nämä alueet palaavat luonnolliseen tilaansa, mutta siihen kuluu aikaa vuosista vuosikymmeneihin alueen luonteesta riippuen (Arnett ym. 2007).

Tuulivoiman kokonaisvaikutusalueen määrittäminen on paljon haastavampaa. Yleensä tuulivoimapuiston kokonaisvaikutusalue koostetaan voimaloiden väliin ja ympärille muodostuvasta alueesta, mutta vaikutusalue riippuu pitkälti voimaloiden sijainneista suhteessa toisiinsa, niiden koosta ja alueen aikaisemmasta maankäytöstä. Alue saattaa olla hyvinkin epäsäännöllinen ja näin yhtenäistä määritelmää kokonaisvaikutusalueesta voi olla vaikea tehdä (Denholm ym. 2009).

Visuaalisuus

Nykyisten maalle sijoitettujen tuulivoimaloiden kokonaiskorkeus on noin 210 metriä. Roottorit ovat halkaisijaltaan 100–156 metriä, tornin tyvi 4–8 metriä. Lisäksi tornin korkeus vaihtelee 60–150 metriin. Tästä syystä tuulivoimalat näkyvät useiden kilometrien päähän (Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa 2016).



Kuva 1. Tuulivoimala ja johtopylväs (Ramboll Finland Oy).

Tuulipuistot sijaitsevat lisäksi usein joko maastossa, avoimella alueella tai kukkuloilla ja ovat näin väistämättä vahvasti näkyvillä. Tuulivoimapuiston suunnittelussa onkin tärkeää ottaa tarkasti puiston sijainti huomioon. Esimerkiksi kukkulalla olevat voimalat erottuvat taivasta vasten selkeästi, mutta laaksossa turbiinien lavat voivat heijastaa auringonvaloa ja aiheuttaa välkkyvää vaikutusta. Suunnittelulla voidaan ehkäistä haittavaikutusten syntymistä (Magoha 2002).

Tuulivoimalat saattavat luoda jopa 1-3 kilometriä pitkän varjon riippuen voimalan sijainnista, sen koosta ja auringon asemasta (Irjala ym. 2011). Pyörivän turbiinin varjo esimerkiksi rakennuksen päällä aiheuttaa välkkyvän valoefektin. Varjo ei yleensä pysy samassa paikassa yli puolta tuntia päivässä eikä siten aiheuta terveydelle vakavasti haitallisia vaikutuksia, mutta häiritsee kiistatta alueella asuvien työskentelyä ja asumista (Rule 2015). Välkevaikutuksen voimakkuus on riippuvainen sääoloista ja sitä esiintyy vain tiettyinä vuorokauden aikoina. Välkettä ei esiinny myöskään läheskään kaikkina vuodenaikoina, mutta häiriövaikutusten lievittämiseksi voimalat voidaan pysäyttää välkkymiseffektin kannalta kriittisimpinä aikoina (Irjala ym. 2011).

Välkkymistä voivat aiheuttaa myös voimaloiden lentoestevalot, jotka ovat suuritehoisia valkoisia tai punaisia vilkkuvia valoja. Valaistus voi pimeään aikaan korostaa tuulivoimaloiden visuaalisuutta alueilla, joilla ei ole muita valonlähteitä. Tästä syystä myös valojen välkkyminen voidaan kokea häiritseväksi (Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa 2016).

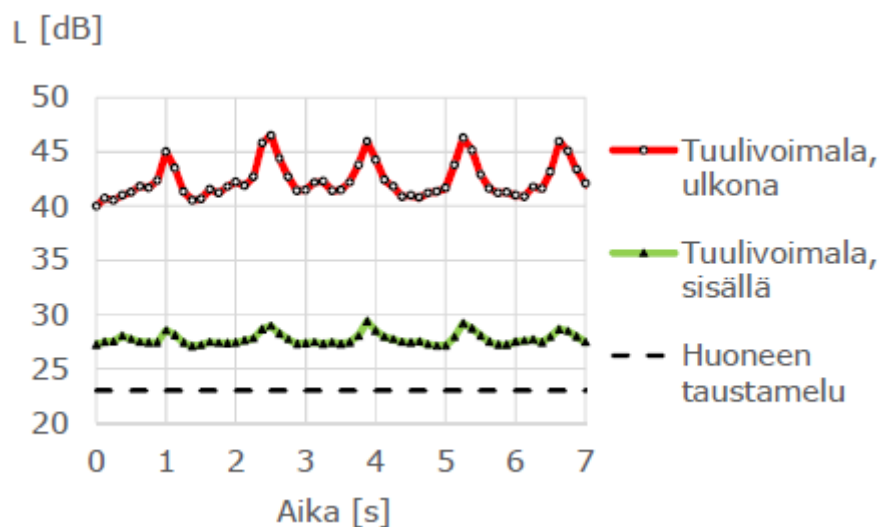
Visuaalisessa arvioinnissa on tärkeää erottaa visuaaliset vaikutukset sekä vaikutusalue. Vaikutusalueella kuvataan sitä aluetta, josta turbiinit ovat kokonaan tai osittain nähtävissä. Haittavaikutukset voivat olla samankaltaisia, mutta erisuuruisia sijainnin vaikutusalueesta riippuen. Haittavaikutusten laatuun vaikuttaa monia tekijöitä kuten esimerkiksi tuulivoimaloiden koko ja määrä, lapojen lukumäärä sekä pyörimisnopeus, valaistus, voimalan sulautuminen muuhun ympäristöön, sääolosuhteet sekä käytettävissä oleva näkökenttä (Magoha 2002).

Nykyään suurin osa visuaalisten ympäristövaikutusten arvioinnista perustuu GIS (Geographical information system) paikkatietojärjestelmillä mallinnettuihin vaikutuksiin. Nämä auttavat suunnitteluvaiheessa tuulivoiman vaikutusalueen määrittämistä sekä haittojen ennaltaehkäisyä (Saidur ym. 2011).

Ääni

Tuulivoimaloiden synnyttämät äänet voidaan jakaa kahteen ryhmään: mekaanisiin ja aerodynaamisiin ääniin. Mekaaniset äänet syntyvät roottorin mekaanisista osista, kuten vaihdelaatikosta ja ne eivät yleensä ole merkittäviä ympäristön kannalta. Haittavaikutusten kannalta merkittävämpiä ääniä ovat aerodynaamiset äänet, jotka syntyvät, kun roottorien lavat pyörivät tuulen voimasta (Rule 2015). Mikäli tuulivoimalan äänet koetaan häiritsevänä, voidaan puhua melusta. Melu luokitellaan ääneksi, joka aiheuttaa ihmisessä epämiellyttäviä tunteita, koetaan häiritsevänä tai on muulla tavoin ihmisen terveydelle tai hyvinvoinnille vahingollista (Irjala ym. 2011).

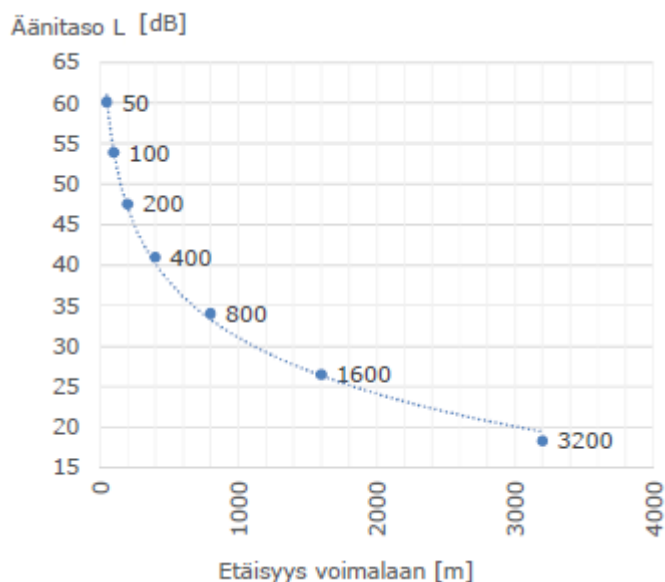
Tuulivoimaloiden äänet ovat tyypillisesti jaksollisesti vaihtelevia, kuten kuvan 2 mittauksista voidaan havaita. Tämän aiheuttaa lapojen tasainen pyörimisliike sillä lavan liikkuessa alaspäin ääni voimistuu. Lapojen pyörimisnopeus on normaalisti 6-16 kierrosta minuutissa ja turbiini sisältää yleensä kolme lapaa, joten lapa ohittaa voimalan huipun noin 1.25–3.3 sekunnin välein. Tästä aiheutuu äänen voimakkuuden vaihtelu jaksollisesti noin kahden sekunnin välein (Hongisto 2014).



Kuva 2. Äänenpainetaso vaihtelu mitattuna 1.5 km päässä 3 MW tuulivoimalasta (Työterveyslaitos).

Tuulivoimaloiden aiheuttamat äänitasot vaihtelevat keskenään myös samanlaisten voimaloiden välillä sillä tuotettuun ääneen vaikuttavat muun muassa lapojen muoto, laitteen kokoaminen, huolto sekä komponenttien laatu (Hongisto 2014). Äänen eteneminen ympäristössä on oleellinen tekijä melun häiriövaikutuksia tarkastellessa. Äänen etenemiseen vaikuttavat tuuliolosuhteet, ilmakehän lämpötilan stabiilius sekä lämpötilaprofiili erityisesti korkeussuunnassa. Myös maanpinnan ominaisuudet, kuten korkeuserot, pinnanmuodot sekä maanpinnan materiaalit ja kasvillisuus vaikuttavat äänen etenemiseen. Kasvillisuus ja pehmeä maa absorboivat ääntä huomattavasti (Uosukainen 2014).

Normaalissa sääolosuhteissa äänitaso pienenee 6–8 desibeliä (dB) etäisyyden kaksinkertaistuessa, kuten kuvasta 3 voidaan havaita. Tuulisella kelillä voimalan äänet voivat sekoittua luonnollisen tuulen aiheuttamaan taustameluun (Hongisto 2014). Veden ylle rakennetuissa voimaloissa äänet kulkeutuvat yleensä laajemmalle alueelle (Irjala ym. 2011). Offshore-tuulivoimaloissa ääni etenee runkoa pitkin tornin vedenalaiseen osaan, josta ääni välittyy vedenvälityksellä eteenpäin. Vedessä etenevän äänen etenemisvaimennus on vähäisempää. Tästä syystä ääni kulkeutuu laajemmalle (Uosukainen 2014).



Kuva 3. Keskiäänitasot mitattuna eri etäisyyksillä tuulivoimalasta (Työterveyslaitos).

Tuulivoimalamelua voidaan vähentää sekä rajoittamalla melun lähdettä, että sijoittamalla voimalat oikein esimerkiksi liikennereittien varrelle. 3 megawatin tuulivoimalan melutaso vastaa moottoritiellä kulkevan henkilöauton melutasoa, joten sillä voidaan peittää tuulivoimaloiden aiheuttamaa melua (Hongisto 2014). Myös konehuoneen eristäminen mekaanisilta ääniltä ja lapojen muotoilu aerodynaamisen äänen vähentämiseksi johtavat usein merkittävään melun vähenemiseen (Magoha 2002).

Infraääni

Infraäänit ovat ääniä taajuusalueella, jotka jäävät ihmisen kuulokynnyksen alapuolelle. Yleisesti infraäänien ylärajaksi asetetaan noin 20 herziä (Hz). Käytössä on myös nimike pientaajuusäänet, joka tarkoittaa lähes samaa. Tosin taajuuden yläraja on tällöin häilyvämpi (Colby ym. 2009). Infraäänit syntyvät usein maston ja roottorien välissä puristuvien tai liikkuvien ilmapirtausten johdosta. Erityisesti vanhemmalla tekniikalla rakennetut alavirtakoneet tuottavat pientaajuista melua ja infraääntä. Nykyään suurin osa uusista tuulivoimaloista rakennetaankin ylävirtakoneiksi, joissa roottori toimii maston ylävirtapuolella. Nämä uudemalla tekniikalla varustetut voimalat eivät tuota yhtä paljon pientaajuista melua ja infraääntä (Uosukainen 2010).

Pientaajuista ääntä ja infraääntä on joka puolella luonnossa. Sitä syntyy luonnollisista lähteistä, kuten joesta tai tuulesta, mutta myös esimerkiksi maantie- ja lentoliikenteestä. Ajoneuvot ovatkin yleisin infraäänien lähde. Yleensä tuulivoimalasta peräisin olevaa pientaajuista ääntä (alle 40 Hz) ei voi erottaa luonnon omista taustäänistä, kuten normaalista tuulesta (The potential health impact of wind turbines 2010).

Infraäänit ovat juuri ihmisen kuulokynnyksen rajamailla ja siksi vaikeasti havaittavia. Seuraavasta taulukosta (kuva 4.) näkee kuinka esimerkiksi 10 Hz äänen täytyy olla 97 dB voimakas, jotta ihminen voi sen havaita. Jos tämä desibelitaso esiintyisi keski- ja korkeataajuisilla äänillä, niin se vastaisi moottorisahan vieressä seisomista ilman kuulosuojaimia. Taajuuksien noustessa yhä pienempi äänenpaine riittää sen havaitsemiseen ihmiskorvalla.

TABLE 3-2
Hearing Thresholds in the Infrasonic and Low Frequency Range

| Frequency (Hz) | 4 | 8 | 10 | 16 | 20 | 25 | 40 | 50 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 |
|---------------------------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Sound pressure level (dB) | 107 | 100 | 97 | 88 | 79 | 69 | 51 | 44 | 32 | 27 | 22 | 18 | 14 |

NOTE:

Average hearing thresholds (for young healthy people) in the infrasound (4 to 20 Hz) and low frequency region (10 to 200 Hz).

Kuva 4. Äänentaajuuden ja -paineen suhde ihmisen kuulokynnyksellä. (Colby ym. 2009)

Taulukon mukaan jopa 4 Hz äänet voidaan kuulla ihmiskorvalla, jos desibelitaso on tarpeeksi korkea (107dB). Tuulivoimaloiden 4 Hz äänet ovat kuitenkin todennäköisesti vain 70 dB tai pienempiä ja siksi ihmiskorvan ulottumattomissa. Tuulivoimalan äänet eivät yleensä ylitä ihmisten kuulokynnystä alle 50 Hz äänissä.

Matalien äänien on huomattu aiheuttavan tärinää. Tärinällä tarkoitetaan tapaa, jolla energia kulkee kiinteässä materiaalissa, kuten teräksessä, betonissa tai vaikka ihmiskehoa pitkin. Tärinä on hyvä erottaa äänestä, jossa energia virtaa kaasuja (ilma) tai nesteitä (vesi) pitkin. Korkeat taajuudet vaimenevat nopeasti tärinässä, joten tärinää aiheuttavat juuri matalat taajuudet (Colby ym. 2009).

Liike

Tuulivoimaloiden koot kasvavat kehityksen myötä. Nykyisten voimaloiden tornin korkeudet ovat noin 80–140 metriä ja roottorien lapojen pituudet noin 50–60 metriä (Irjala ym. 2011). Lapojen pituuksia kasvattamalla lisääntyy myös lapojen kärjen nopeudet. Suuret nopeudet ja suuren massan pyörimisliike aiheuttavat haasteita törmäysvaarassa oleville kohteille.

Tuulivoimaloiden lavat keräävät pohjoisissa olosuhteissa jäätä ja lunta. Lavan ollessa pyörimisliikkeessä saattaa jäälohkare irrota ja lentää kauaskin tornista. Joissakin tapauksissa pyörivät roottorien lavat ovat heittäneet isoja jäälohkareita jopa satojen metrien päähän voimalaitoksesta. Voimakas tuuli voi myös kuoria irti roottorien lapoihin kertynyttä jäätä ja lennättää sitä pitkiäkin matkoja ennen maahan iskeytymistä (Rule 2014).

VAIKUTUSTEN KOHTEET

Maaperä ja kasvillisuus

Tuulivoimaloiden kuormitukset maaperään ovat suuria. Jo maanpäälliset rakenteet saattavat olla massaltaan satoja tuhansia kiloja. Perustuslaattaan, joka on pinta-alaltaan 400–600 neliometriä, uppoo satoja kuutiometrejä betonia ja kymmeniä tonneja terästä. Tuulivoimaloiden perustukset tehdään mahdollisuuksien mukaan ehjän peruskallion päälle, jolloin routiminen ja painuminen saadaan estettyä. Tämä luo läpäisemättömän peruskallioon yltävän betonilohkareen tuulivoimalan alle. Lisäksi Suomessa rannikolla maaperäolosuhteet ovat usein haastavia, mikä lisää usein perustuksien kokoa (Kriikkula 2013)

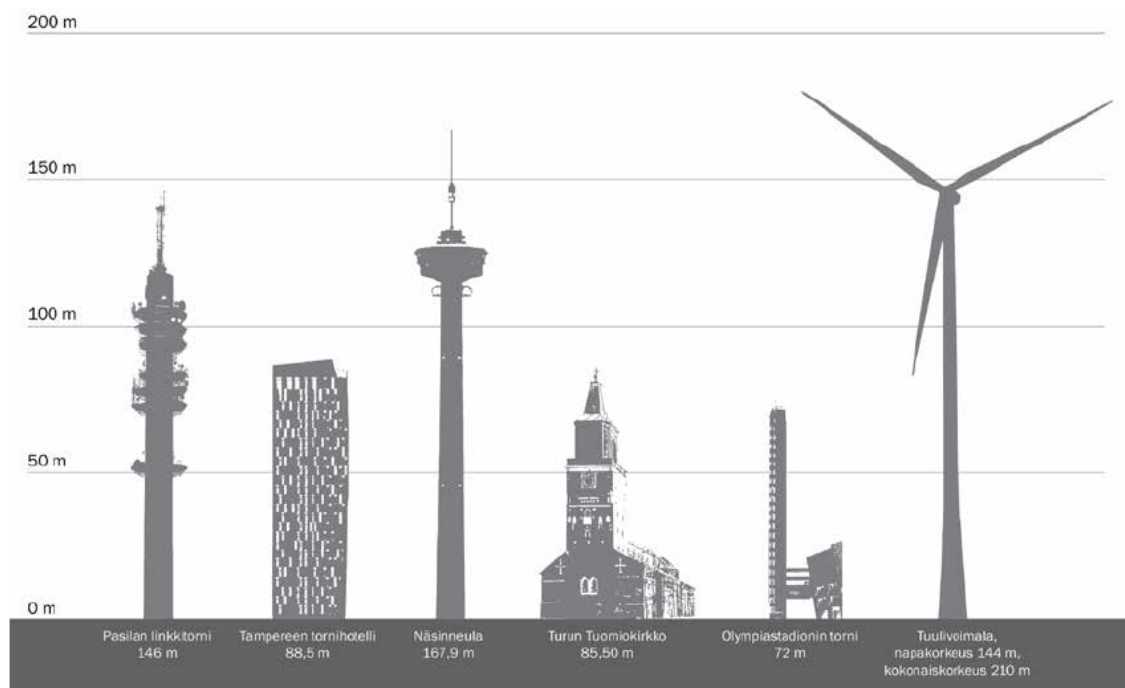
Kasvillisuuteen tuulivoimalat vaikuttavat lähinnä muokattujen alueiden kautta. Puusto jokaisen voimalan ympäriltä poistetaan noin 0,3–0,5 hehtaarin alueelta riippuen tuulivoimalan koosta. Lisäksi tuulivoimalan viereen rakennetaan noin 30x50 metrin kokoinen asennusalue, joka katetaan soralla tai murskeella. Alueelle rakennetaan tietysti myös sähkönsiirron rakenteet sekä tieyhteys rakentamista ja huoltoa varten. Tien minimileveys on noin viisi metriä ja teiden varsilta puustoa raivataan 10 metrin leveydeltä. Pitkät ja massiiviset kuljetukset vaativat kestävä ja vahvat tiet. (Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa 2016).

Vesialueelle rakennettaessa vaikutukset voivat olla suurempia. Tuulivoimalat rakennetaan yleensä alle 20 metriä syville alueille, jotka ovat monesti vesiluonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeitä alueita. Ruoppaustoimet, perustuksien rakentaminen ja vedenalaisten sähkökaapeleiden asentaminen muuttavat merenpohjan rakennetta, kasvillisuutta, veden sameutta, ravinnepitoisuutta ja nostavat mahdollisten haitta-aineiden määrää. Suurin ja pitkäaikaisin vaikutus vedenalaiselle kasvillisuudelle ja maaperälle syntyy alueelle tulevasta uudesta pohjamateriaalista. Vedenalaisen elinympäristön laatu muuttuu vaikuttaen esimerkiksi elintilojen pienenemiseen ja pirstoutumiseen. Toisaalta uutta pohjaa luodessa syntyy myös uutta elintilaa ja elinympäristöä uusille lajeille, mikä lisää monimuotoisuutta (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu 2012).

Maisema ja kulttuuriympäristö

Nykyiset tuulivoimalat voidaan rinnastaa kokoluokaltaan ja maisemavaikutuksiltaan muihin suuren mittakaavan kohteisiin, kuten tehtaisiin, piippuihin tai voimalinjoihin. Niiden sijoittaminen suomalaiseen perinteiseen metsä- ja maatalousmaisemaan on haasteellista. Hyvällä suunnittelulla ja mallintamisella voidaan ennaltaehkäistä negatiivisia vaikutuksia maisemaan ja löytää optimaalisin sijainti niin tuotannon kuin maiseman näkökulmasta (Weckman 2006).

Tuulivoimala muokkaa maisemaa sen tarvitsemilla rakenteilla ja tilalla. Perinteinen maalle perustettu tuulivoimala on kokonaiskorkeudeltaan noin 210 metriä. Tuulivoimalalla ja sen oheisrakenteilla on vaikutuksia maiseman laatuun, luonteeseen ja rakenteeseen. Suuren kokonsa vuoksi itse voimalan visuaalisuus korostuu rakentamisvaiheessa. Maisema on käsitteenä laajempi kuin visuaalinen maisemakuva. Siksi on tärkeää tunnistaa maiseman osatekijät, vuorovaikutussuhteet sekä tilalliset ja esteettiset ominaisuudet. Nämä yhdessä antavat pohjan tuulivoimalarakentamisen maisemavaikutusten arvioinnille.



Kuva 5. Tuulivoimalan koko suhteutettuna muihin kohteisiin (Ramboll Finland Oy).

Tuulivoiman vaikutukset maisemanrakenteeseen eivät ole usein merkittäviä. Tuulivoimapuistojen rakentaminen ei yleensä vaadi maiseman kannalta merkittävää maastonmuotoilua, koska rakenteelliset vaikutukset maaperään, kasvillisuuteen, vesisuhteisiin ym. jäävät suhteellisen vähäisiksi.

Tuulivoimalan vaikutukset maiseman luonteeseen riippuvat maisema-alueen nykyisestä luonteesta, eri osa-alueiden suhteista ja voimaloiden hallitsevuudesta kyseisessä tilassa. Tuulivoimaloiden aiheuttama muutos maisemanluonteeseen on vähäisempi ihmisten muokkaamilla alueilla, kuin luonnontilaisiin alueisiin verrattuna. Voimalat voivat myös vaikuttaa alueen ajallisen luonteeseen poiketen maiseman ja nykyisten rakennusten mittakaavasta.

Tuulivoiman laadulliset vaikutukset maisemaan liittyvät usein juuri maiseman luonteeseen. Luonnontilaiseen tai perinteiseen maaseudun kulttuuriympäristöön sijoitettuna tuulivoimalat saattavat rikkoa ympäristökokonaisuuden yhtenäisyyttä. Pienipiirteisessä maisemassa vanhat maamerkit saattavat menettää asemansa tuulivoimaloiden rinnalla. Maaseutu ympäristön peltoaukeisiin liittyy usein maisemakuvallisia arvoja, joita tuulivoimalat voivat heikentää. Toisaalta nykyaikaiselle, suuria teollisia rakennelmia sisältävälle alueelle sijoituessaan voimalat voivat jopa korostaa alueen luonnetta ja maiseman asemaa.

Maisemakokonaisuutta tarkastellessa tulee tunnistaa, onko alue perinteistä ihmistoimintojen aluetta, vai laajeneeko ihmistoiminnan alue uudelle alueelle. Ihmistoiminnan alueeksi luetaan esimerkiksi teolliset alueet, suurikokoiset rakenteet tai muu maisemaa muokkaava ihmisen toiminta. Tuulivoimalat kannattaa rakentaa jo ennalta alueella olevien maisemahäiriöiden läheisyyteen ja mieluiten uudenaikaisten rakennusten yhteyteen. Mitä yhtenäisempi aikayhteys ympäristöllä ja tuulivoimaloilla on, niin sitä pienempi ristiriita alueelle syntyy (Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa 2016).

Linnusto

Tuulivoimaloiden vaikutuksista linnustoon on kiistelty pitkään. Jo tuulivoiman kehittämisestä lähtien ympäristönsuojelijat ovat havainneet negatiivisia vaikutuksia eläimillä, joilla on vaara joutua kosketuksiin turbiinien tai siirtolinjojen kanssa. Esimerkiksi Atamont Wind Parkissa Kaliforniassa luonnontieteilijät ovat löytäneet turbiinien tappamana 2700 lintua vuosittain. Näistä 1100 oli petolintuja, mukaan lukien 67 maakotkaa. Suuri lintukuolleisuus johtuu tuulipuiston maailmanlaajuisestikin suuresta koosta ja siitä, että se sattuu lintujen muuttoreitille (Newton 2015). Törmäysriskit riippuvat muun muassa tuulivoimalatorinien sijaintien suhteesta toisiinsa, turbiinien erityispiirteistä, sääolosuhteista, topografiasta ja alueella olevista lintulajeista ja niiden käyttäytymisestä. Esimerkiksi muuttoreitin kulkiessa tuulipuiston läpi, törmäysriski kohoa huomattavasti (Kuvlesky ym. 2007). Törmäkuolleisuudelle ovat alttiita suuret päiväpetolinnut, kuten maakotka, merikotka ja sääksi, jotka eivät välttämättä havaitse tuulivoimaloita tarpeeksi hyvin. Suurten petolintujen törmäysalttiuden negatiivista vaikutusta lisää niiden hidas elinkierto ja pieni lisääntymisnopeus. Pienikin kuolleisuuden nousu saattaa näillä herkillä lajeilla vaikuttaa säilymismahdollisuuksiin kyseisellä alueella (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu 2012).

Onkin tärkeä tietää kuinka suuria lintukuolleisuuden aiheuttajia tuulivoimalat ovat verrattuna muihin riskeihin. Kokonaisuutta ajatellen suuria tekijöitä ovat esimerkiksi rakennukset, voimalinjat, tuholaismyrkyt ja viestiliikennetornit. Tuulivoimalaitokset eivät ole merkityksettömiä, mutta eivät myöskään lähelläkään suurimpia kuolleisuuden aiheuttajia. Lisäksi verrattuna esimerkiksi ydinvoimalla tai fossiilisilla polttoaineilla tuotettuun energiaan, tuulivoima tappaa suhteellisen vähän lintuja (Newton 2015).

Luonnonsuojelijat Euroopassa pitävät suurempana tuulivoiman linnuille aiheuttamana uhkana luonnontilaisen elinympäristön muuttumista kuin törmäyskuolleisuutta (Kuvlesky ym. 2007). Suoria vaikutuksia habitaatteihin ovat ainakin alueen maaperän muokkaaminen ja alueelle rakennettavat kohteet. Luonnolliset elinympäristöt tuhoutuvat osittain ja lintujen ruokailu ja lepopaikkojen välille voi muodostua lentoesteitä. Nämä voivat vaikuttaa lintujen pesintään ja alueella viihtymiseen negatiivisesti (Arnett ym. 2007). Eräessä tutkimuksessa (Kuvlesky ym. 2007 Osborn ym. 2000 mukaan) saatiinkin tuloksia, että lintuja esiintyi vähemmän itse tuulivoima-alueella,

kuin vastaavanlaisella tuulivoimavapaalla vertailualueella. Kuultavissa oleva melu saattaa myös vaikuttaa luontoon, mutta nämä vaikutukset ovat suurelta osin tuntemattomia (Arnett ym. 2007).

Ihmiset

Puhuttaessa tuulivoiman ihmisiin kohdistuvista ympäristövaikutuksista ovat kyseessä yleensä terveyteen liittyvät häiriötekijät. Nykyisen tutkimustiedon nojalla tuulivoima ei vaikuta suoranaisilla fyysisillä oireilla lähiasukkaiden terveyteen, mutta silti on paljon ihmisiä, jotka raportoivat terveysongelmista- ja haitoista. On hyvä muistaa, että terveydessä on kyse sekä mielen, että kehon kokonaisvaltaisesta hyvinvoinnista. Maailman terveysjärjestö WHO:n määritelmän mukaan terveys on ”täydellisen fyysisen, psyykkisen ja sosiaalisen hyvinvoinnin tila, eikä pelkästään sairauden poissaoloa” (Huttunen ym. 2013).

Yhtenä tuulivoimapuistojen haittana koetaan niiden visuaalinen vaikutus, kuten maisemamuutokset, lentoestevalojen välke, liikkuvat varjot ja heijastusvaikutukset. Useita hankkeita on myöhästynyt tai peruutettu visuaalisiin haittoihin vedoten (Rule 2015). Ongelmana on, että visuaaliset haitat ovat hyvin yksilöllisiä eli subjektiivisia ja siksi erittäin haastavia arvioida. Subjektiivisuutta kuvaa hyvin ilmiö, missä selvitykset arvioivat ihmisten tuen olevan tuulivoimalle peräti 75 %, mutta kannatus putoaa jopa 20 %, kun tuulivoimaloita suunnitellaan omaan naapurustoon (Magoha 2002). Suoria terveysvaikutuksia tuulivoimaloiden visuaalisuudella on todettu vain epilepsiaa sairastavilla ihmisillä. 3–30hz taajuuksilla vilkkuva välke voi aiheuttaa kohtauksen noin 5 %:lla epileptikoista ja tuulivoiman välketaajuus jää lähes aina tämän alapuolelle (Huttunen ym. 2013).

Tuulivoimaloiden tuottama ääni koetaan myös usein häiriötekijänä ihmiselle. Melusta on tullut valituksia lähiympäristössä asuivilta ihmisiltä ja mediassa on ahkerasti kirjoitettu aiheeseen liittyviä artikkeleita ja mielipidekirjoituksia. Myös ääniä kuvaavat käsitteet ovat osin subjektiivisia ja melun kokeminen häiritseväksi onkin usein yhteydessä altistujan hetkelliseen mielentilaan ja sen hetkisiin aktiviteetteihin (Irjala ym. 2011). Tuulivoimaloiden äänenvoimakkuuden vaihteleva luonne tekee äänestä häiritsevämpää kuin esimerkiksi tasainen liikennemelu. Ääntä kuvataan jyskyttäväksi, suhahtelevaksi ja

hakkaavaksi, ja siksi siihen on vaikeampi tottua. (Turunen & Lanki 2015) Erityisen luonteen tuulivoimalan äänille antaa myös se, että äänitaso on korkein yöllä -toisin kuin esimerkiksi liikenteen (Hongisto 2014).

Jotkut ihmiset kokevat tuulivoimaloiden äänien aiheuttavan unihäiriöitä. Jopa 3 km päästä on valitettu uniongelmistä. 300m etäisyydeltä on kokemuksia jo vakavammista univaikeuksista ja muista terveysongelmista, jotka johtuvat voimakkaamman äänitason ajoittumisesta yöaikaan. Unihäiriöt korostuvat, kun äänitasot voimistuvat 40–45 dB ylöspäin (Kamperman & James 2009). Äänellä on myös suoria vaikutuksia terveyteen, jotka liittyvät äänenpainetasoihin. Yli 75 dB ääni voi jo aiheuttaa kuulovaurioita, riippuen altistumisen kestosta ja yksilön herkkyydestä (The potential health impact of wind turbines 2010). Tämä on otettu huomioon valtioneuvostossa, joka asetti 31.8.2015 asetuksen, jossa säädetään tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvot asutusalueille. Ulkomelutason ohjearvojen ylärajat vaihtelevat 40–45 dB välillä riippuen vuorokauden ajasta ja asutusalueesta. (www.finlex.fi)

Infraäänit ovat olleet voimakkaasti esillä mediassa viime aikoina. Infraäänit ovat alle 20 Hz ääntä ja näissä taajuuksissa tuulivoimaloiden äänipainetasot jäävät lähes aina ihmiskorvan kuulokynnyksen alapuolelle. Tästä johtuen infraääniä ei kuule ja ne ovat vaikea havaita. Inframelu saattaa olla helpompi havaita sisätiloissa huoneresonanssien takia, jossa se ilmenee epäsuorasti rakenteiden värinän kautta (Uosukainen 2010).

Tämä infraäänien aiheuttaman värinän välittyminen kehoon ja päähän on ehdotettu olevan mahdollisena syynä erilaisiin oireisiin. Esimerkiksi ihmisen tasapainoelimet tunnistavat ihmisen liikettä ja asentoja karvasolujen avulla ja välittävät tiedon aivoille. Värinä voi häiritä näitä tasapainoelimiä ja niiden yhteistoimintaa aivojen kanssa (Colby ym. 2009). Eräs portugalilainen tutkimusryhmä on ehdottanut, että pitkäkestoinen altistuminen matalataajuisen ääniaallon aiheuttamalle värinälle voi aiheuttaa koko elinjärjestelmän häiriintymisen. Tätä havaintoa ei ole tunnustettu kansainvälisessä tiedeyhteisössä, sillä tutkimus on ollut osittain puutteellinen. Myöskään Colby ym. (2009) eivät tieteellisissä tutkimuksissaan löytäneet tieteellistä pohjaa tuulivoimaloiden aiheuttaman värinän terveysvaikutuksille unihäiriöitä lukuun ottamatta.

Tuulivoimaloiden lähellä asuvien huolta on herättänyt pelkoa myös voimaloiden lapiihin kerääntyvästä jää- ja lumilohkareista. Vuonna 2007 ryhmä tutkijoita tarkkaili jäämiötä 600 kW tuulivoimalan avulla Sveitsissä Alpeilla. Tutkijat kartoittivat

voimalaitoksen ympäristön aina otollisten sääolosuhteitten jälkeen kahtena peräkkäisenä talvena ja dokumentoivat lentäneet jäälohkareet. He löysivät 94 kpl jäälohkareita yhden talven aikana ja erään lohkareen pituus oli peräti 100 cm ja paino 1,8 kg.

Kylmissä olosuhteissa jäänkerääntymisen ongelma korostuu, mutta riittävät suojaetäisyydet asutukseen ja rakennuksiin on helpoin tapa ratkaista ongelma. Jo olemassa olevia tuulivoimaloita on sijoitettu liikenneyhteyksien ja asutusten läheisyyteen vaaravyöhykkeelle. Lapoihin on nykyään kehitetty sensoreita, joilla pystytään seuraamaan jäätilannetta ja tarvittaessa reagoimaan siihen (Rule 2014).

Muita ihmisten terveyteen liittymättömiä vaikutuksia ovat elinympäristön muutoksista johtuvat haitat. Esimerkiksi metsästyks on suosittu harrastus maalaisalueilla ja sitä on usein harrastettu vuosikymmeniä samoilla alueilla. Tuulivoimalaitoksien tulo alueelle voi aiheuttaa suurta vastustusta näiden harrastajien piireissä. Tuulivoimalat rajoittavat metsästämistä voimaloiden läheisyydessä lisääntyvällä turvallisuusriskillä. Lisäksi ampuminen vaikeutuu, koska harhaluodit voivat aiheuttaa vaurioita osuessaan voimaloihin. Tämä voitaisiin ottaa huomioon jo maanvuokraussopimuksissa ostamalla alueiden metsästysoikeudet väliaikaisesti pois (Rule 2014). Merituulivoimaa rakennettaessa syntyy usein myös kalastukseen liittyviä vaikutuksia. Kalastuksen harjoittaminen alueella voi vaikeutua alueella usein määrättävien liikkumisrajoitteiden vuoksi. Myös porotalous voi kärsiä tuulivoimarakentamisesta. Muutokset porolaitumissa, porojen käyttäytymisessä ja esimerkiksi kuljetusreiteissä saattavat vaikuttaa negatiivisesti poronhoitoon ja elinkeinon kannattavuuteen. Erityisesti keväisin laidunalueiden rauhallisuuden tärkeys korostuu, jotta vasonta voisi onnistua hyvin. *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu* (2012).

Yhteiskunnan infrastruktuuri

Tutkajärjestelmät havaitsevat kohteita ja lähettävät dataa sähkömagneettisen aaltojen avulla. Suuren kokonsa ja heijastavan pintansa takia tuulivoimalat häiritsevät sähkömagneettisten aaltojen kulkua -ja siten tutkien toimintaa. Voimalat aiheuttavat tutkissa ei-toivottuja heijastuksia tai ne näkyvät itse kohteina ja varjostavat samalla haluttuja kohteita. Tuulivoimaloilla on havaittu häiriövaikutuksia myös

sähkömagneettisen datan pienemmissä vastaanottimissa, kuten radiossa, televisiossa ja puhelimissa (Rule 2014).

Säätukat, meriliikenteen sekä puolustusvoimien tutkajärjestelmät kärsivät paikoin tuulivoimaloiden aiheuttamista häiriöistä. Säätutkissa voi esiintyä virheellisiä sade- ja tuulikenttiä, jolloin ne vaikuttavat sääennustusrakenteisiin. Häiriöt saattavat vaikuttaa Ilmatieteenlaitoksen sääennustus- ja varoituspalveluun. Meriliikenteessä voimat voivat aiheuttaa vääristymiä tai tutkasignaalien blokkauksia liikenteenohjaus- ja valvontatutkille ja siten vaikeuttaa navigointia erityisesti talvisaikaan. Meriliikenteelle aiheutuvat häiriöt voivat olla jopa turvallisuusriski. Puolustusvoimat kärsivät tuulivoimaloista ilma- ja merivalvonnassa, jotka ovat puolustusvoimien lakisääteisiä tehtäviä. Tällöin häiriöillä voi olla kauaskantoisia vaikutuksia. Jos jollain alueella arvellaan olevan vaikutuksia puolustusvoimien tutkajärjestelmiin, niin siitä teetetään erillinen tutkavaikutus selvitys Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy toimesta.

Muita infrastruktuuria häiritseviä vaikutuksia ovat esimerkiksi meriliikenteelle aiheutuva törmäysriski sekä lentoliikenteelle muodostuva lentoeste. Tieliikenteelle aiheutuva haittaa on vain silloin, jos tuulivoimala on sijoitettu lähelle tietä. Tällöin on olemassa mahdollisuus jäälohkareen lentämiseen ajoradalle. Myös sähköverkot voivat häiriintyä, jos tuulivoimala on sijoitettu liian lähelle kantaverkkoa (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu 2012).

TAPAUSTUTKIMUKSET

Suomessa tuulivoimarakentamista ohjaavat eniten kaavoitukset, jotka määrittelevät tuulivoimarakentamiselle soveltuvia alueita. Nykyisen lainsäädännön mukaan yleiskaavan perusteella voidaan myöntää rakennuslupa tietyin edellytyksin tuulivoimarakentamiselle. On silti hyvä muistaa, että kaavoitukseen ei yllä erityislainsäädännön piiriin kuuluviin asioihin. Esimerkiksi ilmailulaki, vesilaki, ympäristönsuojelulaki ja ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annettu laki ohjaavat tuulivoimarakentamista kaavoituksesta riippumatta. Lähtökohtaisesti tuulivoimalat tulisi pyrkiä sijoittamaan sellaisille paikoille, ettei ympäristölupa olisi tarpeen.

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyllä (YVA-menettely) pyritään ehkäisemään hankkeiden negatiivisia ympäristövaikutuksia. Lisäksi sillä pyritään luomaan kokonaiskuva ympäristövaikutuksista suunnitteluvaiheeseen ja päätöksentekijöille, sekä lisätä informaatiota ja osallistumismahdollisuuksia kansalaisille. YVA-menettely on hankkeesta vastaavan ja elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY-keskus) yhteistyössä tekemä selvitys. Siinä arvioidaan toteuttamisvaihtoehtoja ja -vaikutuksia, suunnitellaan miten hanke etenee ja miten arviointi tehdään ja lopulta näiden pohjalta laaditaan ympäristövaikutusten arviointiselostus. ELY-keskus valvoo, että YVA-menettely on laadultaan ja laajuudeltaan asetusten mukainen (Tuulivoimarakentamisen suunnittelu 2012).

Käyn esimerkkeinä tuulivoimaloiden ympäristövaikutuksista Suomessa kaksi YVA-raporttia, jotka ovat valittu hyvin erilaisista ympäristöolosuhteista. Pohjoispohjanmaan Oulunsalo-Hailuodosta ja Lapista Sodankylän Joukahaiselältä. Näissä tulevat hyvin ilmi, miksi alueita on tarkasteltava aina yksilöllisesti. Ympäristössä, elinkeinoissa, maisemallisissa piirteissä ja muissa tekijöissä on huomattavia eroja.

YVA Oulunsalo-Hailuoto

Oulunsalon ja Hailuodon väliselle merialueelle suunniteltiin 43–75 voimalan tuulipuisto. Hanketta lähdettiin kehittämään hyvien tuuliolosuhteiden sekä sähkönsiirtomahdollisuuksien takia.

Rakentamisesta ja ruoppaamisesta aiheutuisi alueen vesistöihin sameutta, kiintoaineen lisääntymistä, sekä haitallisten aineiden leviämistä. Hankkeen toteuttamiseksi pitäisi tehdä imuruoppausaltaita 50 hehtaaria, telakka-allas 14 000 m², sekä tukisatama. Myös väylä ruoppauksia jouduttaisiin tekemään. Olosuhteet kuitenkin pitäisivät haittavaikutukset kohtuullisina ja melko lyhytaikaisina.

Tuulipuiston maisemallinen vaikutus olisi huomattava. Merellisten olosuhteitten takia voimalat näkyisivät selkeästi sekä Oulusta, että Lumijoelta. Läheltä katsottuna tuulipuisto hallitsisi kokonaisvaltaisesti maisemaa sekä päivällä, että yöllä. Puiston arveltaisiin heikentävän alueen maisemallista- ja virkistysarvoa.

Oulunsalon ja Hailuodon alue on linnustollisesti erittäin tärkeää aluetta, minkä johdosta lintujen törmäysriski korostui suunnitteluvaiheessa. Alueen tiedetään olevan erittäin tärkeä lintujen muuttoreitti, jossa muuttaa myös uhanalaisia lajeja kuten Kiljuhanhia. Vaikutukset linnustoon olisivat häiritseviä, mutta eivät populaatiotasolle vaikuttavia.

Vaikutukset kalakantoihin painottuisivat lähinnä alueella esiintyvään karisiikaan. Karisiian poikaset kuoriutuvat keväällä, jolloin rakennustyöt alkaisivat ja siitä jatkuisivat kolmevuotta. Karisiian mäti ja poikaset ovat herkkiä kiintoaineelle, jolloin kolmenvuoden poikastuotanto häiriintyisi ja mahdollisesti vaikuttaisi koko alueen karisiikapopulaatioon. Vaikutuksen merkittävyys riippuisi siian muista lisääntymisalueista.

Melu ja vilkkuminen olisivat merkittävien haittojen alueella. Täysin hyödynnettynä valtioneuvoston ohjeavot ylittyisivät sekä Natura-alueilla, että joillain asuinalueilla molempien tekijöiden osalta.

Kesällä 2015 ELY-keskuksen lausunnossa hankkeella todettiin olevan vaikutuksia Natura-alueiden suojeluarvoihin ja tästä johtuen hankkeen kehitys keskeytettiin (Oulunsalo-hailuoto tuulipuiston ympäristövaikutusten arviointiselostus).

YVA Sodankylä, Joukahaiselkä

Sodankylän kuntaan Joukahaiselän ja Tuore Kulvakkoselän alueelle suunniteltiin 8–10 tuulivoimalan tuulipuistoa. Hankealue olisi noin 20 km² pinta-alaltaan ja alue sijoittuisi suurimmaksi osaksi valtion omistamille maille. Lapin ELY-keskus päätti vuonna 2010, että Joukahaiselän tuulipuistohankkeen täytyisi soveltaa ympäristövaikutusten arviointimenettelyä, koska hankkeen koko on merkittävä ja vaikutusalue laaja. Tällöin (2010) YVA-menettelyyn eivät välttämättä joutuneet Joukahaiselän kokoiset tuulipuistot. Asetusta muutettiin vuonna 2011.

Melu- ja vilkkumisvaikutukset jäisivät vähäisiksi vähäisen asutuksen vuoksi. Tuulivoimaloiden aiheuttama ääni voisi kuulua ajoittain läheisellä Palselän alueella, mutta alittaisi silti voimassa olevat ohjearvot. Vilkkumisvaikutusta kohdistuisi ainoastaan yhdestä voimalasta ja se olisi siitäkin ajallisesti hyvin vähäistä. Ohjearvot alittuisivat reilusti.

Poronhoitoon tuulivoimalla olisi maltillisia vaikutuksia. Maankäyttö veisi hieman laidunalueita porotaloudelta ja voimalat myös haittaisivat helikopterin käyttöä porojen kokoamisessa. Myös maltillinen melu- ja välkevaikutus ylittäisi vasomisalueelle.

Maisemallisesti alue edustaa Peräpohjolan-Lapin maisemamaakuntaa ja sen Aapa-Lapin seutua. Sen piirteisiin kuuluvat laajat aapasuot ja vaara-alueet. Joukahaiselän alue onkin metsäalueiden hallitsemaa maaseutumaisemaa. Alueella on muutama kylä ja niiden välinen tiestö. Tuulipuisto aiheuttaisi voimakkaan maisemallisen vaikutuksen lähimmälle kylälle lyhyen etäisyyden ja tuulivoimaloiden ilmansuunnan vuoksi, mutta lähimpään taajamaan Sodankylään tuulivoimaloiden näkyvyys olisi kuitenkin selvästi rajoittuneempi. Tuulipuisto muuttaisi alueen luonnetta erämaisestä uutta tekniikkaa sisältäväksi, mutta etäisyyksien ollessa verrattain suurina vaikutukset jäisivät vähäisiksi.

Vaikutukset maaperään, kallioperään ja kasvillisuuteen jäisivät vähäisiksi, koska alueella ei esiinny harvinaisia ja suojeltuja luontotyyppisiä. Paikallinen linnusto saattaisi kärsiä elinympäristömuutoksista ja voimaloiden häiriötekijöistä pesinnässä. Myös vähäistä törmäyskuolleisuutta saattaisi esiintyä.

Ympäristövaikutusten arvioinnin yhteydessä ei tullut ilmi mitään mikä olisi estänyt hankkeet toteuttamisen. Alueelle rakennettiin vuoden 2014 lopussa 9 tuulivoimalaa (*Joukahaiselän ja Tuore Kulvakkoselän tuulipuistohanke*).

JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Suomessa energiaa tarvitaan moneen. Pohjoisen pimeät, kylmät talvet vaativat energiaa valaistukseen ja lämmitykseen. Häiriötön lämmön- ja sähköntuotto ovat perusedellytyksiä elämässämme. Myös liikenne tarvitsee osansa. Harvaan asuttuna maana etäisyydet ovat pitkiä ja välimatkat lisäävät liikkumiseen kuluva energiaa. Ei teollisuuskkaan pyörisi ilman suuria energiamääriä. Mikä on energian rooli tulevaisuudessa? Energiantuotanto on avainasemassa tulevaisuuden maapalloa ajatellen, koska sillä on merkittävä rooli ilmastonmuutoksen hillitsemisessä. Energian tuottaminen, kuluttaminen ja liikenne synnyttävät Suomessa suurimman osan ilmaston lämpenemistä aiheuttavista kasvihuonekaasuista ja Suomi on valtiona sitoutunut lisäämään uusiutuvan, vähäpäästöisemmän energian määrää.

Onko tuulivoima kokonaisvaikutuksiltaan puhdasta uusiutuvaa energiaa? Kasvihuonekaasujen vähentämisessä tuulivoima on toimiva valinta, koska vertailtaessa eri energiantuotantovaihtoehtojen ympäristöpäästöjä Suomessa tuulivoima sijoittuu vähäpäästöisimpien energianlähteitten joukkoon (Lahtinen 2014). Lahtisen (2014) mukaan ydinvoima on selkeästi vähäpäästöisin energianmuoto suhteutettuna energiantuotantomääriin, mutta ydinvoiman ongelmat löytyvät muualta. Ydinvoiman suuronnettomuusherkyys ja sen tuottama ydinjäte ovat ongelmallisia ja sisältävät suuren ympäristöriskin. Tuulivoiman heikkous energianlähteenä on sen epätasainen saatavuus. Tuuliolosuhteet ovat hyvin vaihtelevia ja vaikeasti ennustettavia, joten tuulivoima tarvitsee varaenergianlähteen rinnalle. Varaenergia on yleensä helposti varastoitavissa olevaa energiaa, kuten hiiltä tai esimerkiksi biomassaa. Varaenergian ympäristövaikutukset usein heikentävät tuulivoiman puhtaita ominaisuuksia kokonaisenergiantuotannon näkökulmasta. Eri energianlähteitä vertaillen tuulienergia on silti kasvihuonekaasujen suhteen vähäpäästöistä.

Tulevaisuuden energiahaasteita tuulivoimalla tuskin ratkaistaan. Tuulivoiman tämänhetkisellä kapasiteetilla on vaikea korvata tarpeeksi uusiutumattomia energianlähteitä, mutta se toimii muiden energialähteiden rinnalla ja siirtymäajassa tulevaisuuden energiantuotantoon. Jos tulevaisuudessa onnistutaan kehittämään sähköenergian varastointia sähköverkostotasolla, voivat tuulivoiman kaltaiset tuottavuudeltaan epäsäännölliset energianlähteetkin korvata laajempia kokonaisuuksia.

Toisaalta, jos kehitys mahdollistaa esimerkiksi fuusioenergian tehokkaan käyttöönoton maailmassa, voi tuulivoiman merkitys energianlähteenä kadota nopeallakin aikataululla. Tuulivoimateknologia on nopeasti kehittyvää, joka aiheuttaa jo rakennettujen voimaloiden tekniikan nopeaa vanhenemista. Tämä voi johtaa vanhentuneen tekniikan hylkäämiseen ja tuulivoimapuistojen elinkaarien lyhenemiseen, mikä ei ympäristökannalta ole kestävä tapa toimia.

Tuulivoiman vähäpäästöisyys ja ilmastoystävällisyys eivät silti ole johtaneet tuulienergiaa valtaisaan suosioon kansan keskuudessa. Miksi tuulivoimaa myös vastustetaan? Monet tuulivoiman vastustukseen liittyvät tekijät ovat jollain tavalla sidoksissa ihmiseen. Luontoa tuulipuistot häiritsevät suhteellisen vähän ja vaikutukset luontoon usein myös hyväksytään kansan keskuudessa, vaikkakin osittain hammasta purren. Vaikutukset ihmisiin ovat nousseet esille uutismedioita myöten. Suurin osa tuulivoiman vaikutuksista ihmisiin liittyvät jollain tavalla ihmisten terveyteen tai viihtyvyyteen. Esimerkiksi visuaaliset- ja äänienvaikutukset ovat hyvin subjektiivisia ja ne ovat riippuvaisia ihmisten kokemuksista. Kuinka ihmisiin kohdistuvien ympäristövaikutusten subjektiivisuus vaikuttaa niiden suuruuteen?

Pedersenin (2011) mukaan tuulivoimamelun ja -valon häiritsevä vaikutus saattaa aiheuttaa ihmisessä stressitilaa, jolla on yhteys esimerkiksi verenpaineautiin. Jatkuva stressitila saattaa myös estää fysiologista palautumista, jolla on luultavasti yhteys sisäelintauteihin. Terveyden määritelmän huomioon ottaessa jo häiritsevät ja haitalliset vaikutukset tulisi minimoida, jotta hyvinvointi voitaisiin säilyttää. Suoria terveydellisiä tuulivoiman aiheuttamia vaikutuksia on vaikea konkreettisesti tuoda esiin, mutta epätasapaino stressijärjestelmässä voi johtaa korkeaan verenpaineeseen ja esimerkiksi sydän- ja verisuonitauteihin. Melun häiritsevän vaikutuksen osalta nämä oireet on vahvistettu esimerkiksi tieliikenne- ja lentomelua tutkittaessa.

Ihminen on psykofyysinen kokonaisuus ja psyykinen pahoinvointi voi näkyä fyysisinä oireina. On vaikea asettaa rajaa mitkä mahdollisesti tuulivoiman aiheuttamat oireet ja reaktiot voidaan laittaa tuulivoiman syyksi. Esimerkiksi asenteet tuulivoimaa kohtaan vaikuttavat siihen miten ne koetaan. Kokemus tuulivoimasta taas vaikuttaa reaktioon ja mahdollisiin psyykkisiin ja sen myötä fyysisiin oireisiin. On siis erittäin oleellista, että vaikutusalueella olevien ihmisten tiedottaminen projektista toimii ja heille luodaan kokemus, että heidän mielipiteitä kuunnellaan. Myös yleinen tietoisuuden

lisääminen tuulivoiman ja uusiutuvan energian tarpeellisuudesta parantaisi asenteita tuulivoimaa kohtaan. Tämä muutos on jo onneksi käynnissä, mutta konkretisoituu todennäköisesti vasta kasvavan sukupolven tietämyksen kautta.

Oma kokemukseni tuulivoimaprojektista kotiseudulla avautui tämän projektin ja kandiseminaarikeskustelun myötä. Kotiseutuni rauhallisessa maalaismaisemassa asuvat ihmiset ovat rauhaa ja luontoa arvostavia ihmisiä. Metsästys, metsänhoito, maatalous, marjastaminen ja monet arkiset asiat liittyvät hyvin läheisesti luontoon ja siihen mitä he elämältä odottavat. Kun tällaiseen kontekstiin alettiin suunnitella tuulivoimalaprojektia hyvin nopealla aikataululla, unohtuivat puhtaat pelisäännöt ja asukkaiden huomioonottaminen yritykseltä. Painostaminen maanvuokraussopimukseen, virheelliset korvaussummat ja ylimielinen suhtautuminen projektin eteenpäinviemiseen maanomistajia kuuntelematta loivat negatiivista asennetta lähiasukkaisiin. Ei ihme, että lähiasukkaat suhtautuvat nyt vilkkuviin ja suhiseviin tuulivoimaloihin erittäin varauksellisesti ja ahdistuvat kenties ihan aidosti niiden läsnäolosta. Tämä voi aiheuttaa ylimääräistä stressiä ja sen aiheuttamia terveysongelmia. Täytyy muistaa, että syy tällaisissa tapauksissa ei ole tuulivoiman, vaan yritysten, jotka eivät toimi hyvien toimintaperiaatteitten mukaisesti.

Tuulivoiman ihmisiin vaikuttavien ympäristövaikutusten subjektisuus vaikuttaa mielestäni vahvasti niiden saamaan huomioon. On harmillista, jos huonot kokemukset ja toimintatavat tietyissä projekteissa saavat liikaa huomiota esimerkiksi mediassa ja leimaavat kokonaiskuvan tuulivoimasta negatiiviseksi. Tämä syö pohjaa ja luottamusta myös niiltä toimijoilta, jotka kunnioittavat vaikutusalueen ihmisiä ja ympäristöä. Ilmiöön vaikuttaa todennäköisesti myös NIMBY (”not in my back yard”) ilmiö, jossa suunniteltavan projektin negatiiviset vaikutuksen korostuvat lähialueen asukkaissa. Hyvä suunnittelu, kanssakäyminen lähiasukkaiden kanssa, tietoisuuden lisääminen ja rehelliset toimintatavat antavat hyvän pohjan tuulivoimarakentamisen lisäämiselle tulevaisuudessa. Vaikka useimmilla oireilla ei ole tieteellistä pohjaa, on negatiivisia kokemuksia ollut paljon. Riippumattomat tutkimukset ja niiden myötä kenties positiivinen uutisointi olisivat tarpeen. Myös Hongiston (2014) mukaan tuulivoiman terveysvaikutuksia koskevia tutkimuksia on julkaistu vähän ja niihin liittyy useita epävarmuustekijöitä liittyen muun muassa äänitasoihin, kyselymenetelmiin, aineistojen laajuuteen ja tulosten tulkintoihin. Uudelle tasokkaalle tutkimukselle olisi tilaa.

Kuinka puolueettomasti ympäristövaikutuksia sitten tutkitaan ja arvioidaan? Uusiutuva energia ja tuulivoima ovat Euroopan Unionin energiapolitiikan myötä kovassa myötätulessa. Kun rahoittajana ja energiamuodon tukijana ovat kokoluokaltaan Euroopan Unioni ja sen jäsenvaltiot niin voisi olettaa, että myös tietopohjaa hankkeen kannattavuudesta pidetään yllä. Tarkoittaako tämä sitä, että tuulivoimamyönteisiä tutkimustuloksia rahoitetaan ja negatiiviset äänet hiljennetään? Mielestäni ei. Suomen ympäristöministeriön raportteja tutkiessani tutkimusaineistot olivat monikansallisia ja laajoja, eikä niissä ollut tiedonvalikoinnin makua. Asiat käsiteltiin niin kuin ne riippumattomien tutkimusten valossa ilmenevät nykytietämyksen mukaan. Suomen tuulivoima yhdistyksen raporteissa taas oli nähtävillä mielestäni lievää tuulivoimamyönteisyyttä ja negatiivisten puolien vähättelyä. Tahot, joilla on omia intressejä tuulienergiassa vaativat selviä ja konkreettisia tuloksia negatiivisista asioista. Negatiivisten asioiden myöntäminen voi vaikuttaa heidän hankkeidensa onnistumiseen. Mitään tietoa ei saisi kuitenkaan pimittää, vaan aina pitäisi pelata avoimilla korteilla. Tutkimusta suunnitellessani arvioin myös oman mielipiteeni vaikutusta tutkimuksen onnistumiseen. Tutkimus antoi faktapohjaa mielessäni pyörineille asioille ja ne eivät häirinneet omaa työskentelyäni.

Jatkotutkimusideana mieleeni nousi ajatus monialaisesta yhteistutkimuksesta. Erilaisia henkilöitä ”altistettaisiin” tuulivoimalle vakio olosuhteissa, joissa henkilöt eivät voi tietää pyörivätkö tuulivoimalat vai eivät. Samalla terveysalan ammattilaiset seuraisivat ja keräisivät faktaa henkilöiden terveyteen liittyvistä tekijöistä, joita on yhdistetty tuulivoimaloiden läsnäoloon. Teknisenalan ammattilaiset tallentaisivat kerättävissä olevan informaation äänen, värinän, ja muun muassa visuaalisuuden ominaisuuksista ja tasoista. Näin saataisiin konkreettista faktaa tuulivoimaloiden vaikutuksista ihmisiin. On eriasia, onko kenelläkään intressejä tällaiseen tutkimukseen?

LÄHTEET

Kirjalliset lähteet:

- Arnett, B., D. Inkley, D. Johnson, R. Larkin, S. Manes, A. Manville, J. Mason, M. Morrison, M. Strickland, R. Thresher. (2007). *Impacts of wind energy facilities on wildlife and wildlife habitat*. The Wildlife Society, Maryland.
- Colby, D., R. Dobie, G. Leventhall, D. Lipscomb, R. McCunney, M. Seilo, B. Sondergaard (2009). *Wind turbine sound and health effects*. AWEA & CWEA.
- Denholm, P., M. Hand., M. Jakckson, S. Ong (2009). *Land-Use Requirements of Modern Wind Power Plants in the United States*. 46 s. National Renewable Energy Laboratory, Colorado.
- Hongisto, V. (2014). *Tuulivoimalamelun terveystvaikutukset*. 64 s. Työterveyslaitos, Turku.
- Huttunen, S., J. Kohl, N. Wessberg (2013). *Kirjallisuuskatsaus - Tuulivoiman terveystvaikutukset* 11 s VTT.
- Irjala, A., T. Heikkilä, P. Lukkarinen, K. Nuuja, K. Outinen, N. Pesu, J. Palomäki, L. Ruokanen, M. Torkkeli (2011). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu*. 64 s. Ympäristöministeriö, Helsinki.
- Kamperman, G. & James, R. *Guidelines for selecting wind turbine sites. Sound and Vibration*. (2009). 8–12. Kamperman Associates, Wisconsin.
- Koellner, T. & R. W. Scholz (2008). *Land Use in LCA*. 48 s. ETH-Zentrum, Zurich.
- Kriikkula, I. (2013). *Tuulivoimaloiden geotekninen suunnittelu* 61 s. Oulu seudun AMK, Oulu.
- Kuvlesky, W., L. Brennan, M. Morrison, K. Boydston, B. Ballard, F. Bryant. (2007). *Wind energy development and wildlife conservation: challenges and opportunities*. Journal of wildlife management.
- Lahtinen, M. (2014). *Suomen energianlähteiden riskianalyysi* 111 s. Helsingin yliopisto, Helsinki.
- Magoha, P. (2002). *Footprints in the Wind?* 33 s. Refocus.
- Newton, D. (2015). *Wind Energy: A Reference Handbook*. ABC-CLIO, California.

- Pedersen, E. (2011). *Health aspects associated with wind turbine noise-Results from three field studies*. Institute of Noise Control Engineering.
- Rule, T. (2015). *Solar, wind, and land*. 232 s. Routledge, New York.
- Saidur, R., N. Rahim., M. Islam., K. Solangi (2011). *Renewable and sustainable energy reviews*. 8 s. Elsevier, Malaysia.
- Turunen, A. & T. Lanki (2015). *Tuulivoimamelun terveys- ja hyvinvointivaikutukset* Ympäristö ja Terveys-lehti 5/2015 46 vsk.
- Uosukainen, S. (2010). *Tuulivoimaloiden melun synty, eteneminen ja häiritsevyys*. 35 s. VTT, Finland.
- Weckman, E. (2006). *Tuulivoimalat ja maisema* 41 s. Ympäristöministeriö, Suomen ympäristö 5/2006, Helsinki.
- Joukahaiselän ja Tuore Kulvakkoselän tuulipuistohanke*. (2012). Lapin vesitutkimus Oy.
- Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa*. (2016). Ympäristöministeriö, Suomen ympäristö 1/2016, Helsinki.
- Oulunsalo-hailuoto tuulipuiston ympäristövaikutusten arviointiselostus*. (2010). WSP Environmental Oy.
- The potential health impact of wind turbines* (2010). Chief Medical Officer of Health Report, Queen's Printer, Ontario.
- Tuulivoimarakentamisen suunnittelu* (2012). Ympäristöministeriö, Ympäristöhallinnon ohjeita 4 /2012, Helsinki.

Sähköiset lähteet:

www.tuulivoimayhdistys.fi 14.11.2016

www.ymparisto.fi 14.11.2016

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151107> 18.11.2016