

Onko tuulivoiman infraäänellä terveysvaikutuksia?

INFRAÄÄNI on hyvin matalataajuista ääntä. Ihminen voi kuulla infraäänen, jos se on voimakkuudeltaan tarpeeksi kovaa, noin 100 - 120 desibeliä. Tuulivoimaloiden tuottamaa infraääniä on 50 - 70 desibelin tasoa, eikä ihminen voi kuulla sitä.

ALTISTUMME infraäänille väistämättä joka päivä, sillä sitä esiintyy niin luonnossa, omissa kehossamme kuin erilaisissa teollisissa prosesseissakin. Infraääntä tuottavat esimerkiksi tuuli, aallot, liikenne, pyykinpesukone, keinuminen, kävely ja niin edelleen. Tuulivoimaloiden infraääni ei eroa mitenkään muusta ei-kuultavasti infraäänestä, eikä siinä ei ole mitään mystistä tai poikkeavaa.

NYKYISEN tutkimustiedon valossa ei-kuultavalla infraäänellä ei ole yhteyttä terveysvaikutuksiin. Myytti siitä, että ei-kuultavat infraäänit voivat vaikuttaa resonoinnin kautta kehoon tai hermostoon haitallisesti ei myöskään pidä paikkaansa, sillä infraäänit eivät aiheuta elimistön resonansseja ilman, että sitä edeltäisi kuuloaistimus.

Suomalainen tutkimus

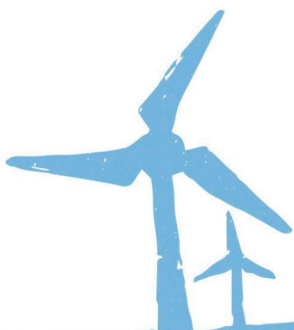
SUOMESSA tuulivoiman infraäänen terveysvaikutuksia on tutkittu valtioneuvoston rahoittamassa hankkeessa* (2020), jossa infraäänen vaikutusta selvitettiin kattavasti äänen pitkäaikaismittauksen, tuulivoima-alueille suunnattujen kyselytutkimusten sekä kuuntelu- ja fysiologisten kokeiden avulla. Tutkimustulokset vahvistavat aiempia tieteellisten tutkimusten tuloksia, joiden mukaan tuulivoiman infraäänellä ei ole vaikutuksia terveyteen.

LABORATORIOSSA toteutettujen kuuntelukokeiden tulosten mukaan koehenkilöt eivät pystyneet havaitsemaan infraääntä ääninäytteissä, eikä infraääni vaikuttanut koettuun äänen häiritsevyyteen. Fysiologisissa mittauksissa ei myöskään havaittu eroa stressi-indikaattoreissa eri ryhmien tai ääninäytteiden välillä. Vaikka osa tuulivoima-alueiden lähiasukkaista yhdisti kyselytutkimuksessa tuulivoimalat oireisiinsa, tutkimustulokset eivät tue väitteitä siitä, että tuulivoiman infraääni aiheuttaisi terveyshaittaa.

TUTKIMUSTULOSTEN mukaan tuulivoimaloiden infraääni ei siis selitä tuulivoimaloihin liitettyä oireilua. Tulosten mukaan oireilua voi selittää tuulivoimaloiden kokeminen häiritseväksi ja niiden pitäminen terveysriskinä. On myös mahdollista, että oireet ja sairaudet, jotka eivät liity tuulivoimaloiden infraääneseen, tulkitaan niistä johtuviksi. Tulkintoihin vaikuttaa myös käynnissä oleva julkinen keskustelu, tästä syystä tieteellisesti tutkitun ja vertaisarvioidun tiedon jakaminen on tärkeää.

Tutkimukset maailmalla

MAAILMALLA on tehty tutkimuksia, joissa on tutkittu tuulivoima-alueiden äänitasoja ja tuulivoima-alueella asuvien kokemuksia ja terveydentilaa. Esimerkiksi Japanissa tutkittiin noin 3 vuoden aikana ääntä 29 tuulipuistossa ja 164 eri pisteessä. Kyseessä olivat pääasiassa 1 - 3 MW voimalat 100 - 1000 metrin etäisyydellä mittauspisteistä. Mittaustulosten mukaan infraäänien tasot jäivät merkittävästi alle kuulokynnyksen. Tutkimus edustaa tähän saakka laajinta

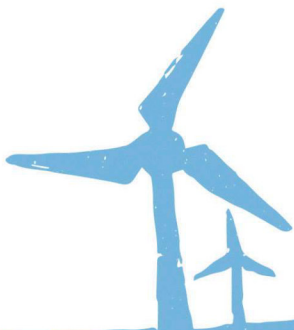


tuulivoimaloiden ääntä mittaavaa tutkimusta, jonka tulokset ovat erityisesti infraäänien mittausten osalta kattavimmat. Saksassa tehdyissä mittauksissa havaittiin, että esimerkiksi pyykinpesukoneen käyttö ja autossa matkustaminen altistavat voimakkaammalle infraäänelle kuin tuulivoimalat.

KANADAN terveysviranomaisen (Health Canada) on toteuttanut laajan mittaluokan epidemiologisen tutkimusprojektin, jonka tavoitteena oli selvittää tuulivoimaloiden äänen yhteyttä raportoituihin oireisiin tuulivoimaloiden lähialueilla. Oirehtimisen yleisyyttä tuulivoima-alueilla mitattiin keräämällä itseraportoitua aineistoa sekä objektiivista terveydentilan mittaustietoa (hiusten kortisolipitoisuus, verenpaine, leposyke, unimonitorointi). Lisäksi äänitasot mitattiin ja mallinnettiin, jotta yhteys äänitason ja oirehtimisen välillä pystyttiin toteamaan. Laajan tutkimuksen tulokset eivät osoita yhteyttä tuulivoimaloiden äänelle altistumisen ja terveysvaikutusten välillä.

NÄYTTÖÄ infraäänien haitallisista vaikutuksista ihmisen hyvinvointiin ei ole saatu mutta tutkimukset ovat osoittaneet, että huoli mistä tahansa asiasta voi aiheuttaa todellisia oireita. Ilmiötä kutsutaan nocebo -efektiksi, ja sitä on tutkittu myös tuulivoimaloiden infraäänien osalta (esim. Crichton et al. 2013).

* <https://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=34903>



Suomen
Tuulivoimayhdistys
www.tuulivoimayhdistys.fi

Tuulivoima ja mikromuovi

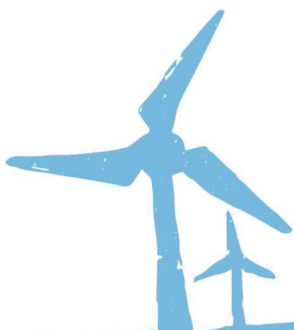
Yhteiskunnassamme käytetään valtavasti muovia, josta syntyy mikromuovipäästöjä luontoon. Mikromuovia syntyy paljon etenkin monesta arkielämän hyödykkeestä, kuten käyttämämme juomapulloista, muovipusseista sekä muusta muoviroskasta, jota ei kierrätetä asianmukaisesti. Meillä on myös tonneittain muovia polyesterina ja akryylina vaatteissamme, joista sitä irtoaa pesujen yhteydessä.

RUOTSALAISEN Naturskyddsföreningenin mukaan maan tuulivoimapuistot vapauttavat vuodessa yhteensä noin 0,6 tonnia mikromuovia. Luku on vuodelta 2022, jolloin Ruotsissa oli 2,5-kertainen määrä tuulivoimaa Suomeen verrattuna. Ruotsin ympäristönsuojeluviraston laskelmien mukaan esimerkiksi tieliikenne, mukaan lukien renkaiden kuluminen, tuottaa mikromuovia 8 190 tonnia, pikamuodissa paljon käytettyjen synteettisten vaatekuitujen pesu 8–950 tonnia, rakennusten maalaus 130–250 tonnia ja hygienia tuotteet 66 tonnia vuodessa.

Lapojen pinta suunnitellaan kestävämmän

TUULIVOIMALAN lapa on lujitemuovia eli siinä on montaa eri ainetta yhdistelmänä, kuten muovikomposiiteissa yleensäkin. Lujitemuovit on kehitetty, kun on tarvittu erittäin kevyitä, kestäviä ja muotoiltavia materiaaleja. Tuulivoimalan lapa koostuu pääasiassa lasi- ja hiilikuiduista, epoksi- tai polyesterihartsista sekä kerroslevyrakenteen ydinaineista kuten balsapuusta ja muovivaahdoista. Tuulivoimalan lavat altistuvat koville olosuhteille monen vuosikymmenen ajan, sillä tuulivoimaloiden käyttöikä on uusimmilla voimaloilla yli 35 vuotta. Lavat on suunniteltu kestävämmän niihin kohdistuvat olosuhteet, kuten sade, eroosio, UV-säteily, jäätävät olosuhteet ja ilman epäpuhtaudet.

LAPOJEN pinnalla on suojaavana kerroksena maalipinta tai gelcoat-pintakerros, joiden alla saattaa olla kerros tasoitetta. Nykyään on tyypillistä, että lavan kärkialueen johtoreuna on käsitelty erittäin kulutuksenkestävällä polyuretaanimateriaalilla (leading-edge protection). Vasta näiden kerrosten alla on rakenteellinen epoksilaminaatti, joka on lujitemuovia. Lapojen kärkialueen johtoreunalta päällimmäisestä kerroksesta voi irrota hyvin pieniä määriä pölymäistä inerttiä* materiaalia, joka on peräisin pääasiassa lapojen



maalista ja päättyy varsin lähelle irtoamisaluetta. Irtoava aines on ilmaa ja vettä raskaampaa pientä partikkelia, joka vähitellen mineralisoituu voimaloiden lähiympäristöön siirtymättä eliöiden elimistöön. Lavat tarkastetaan säännöllisesti ja ne korjataan, jos pintakerrokseen on tullut kulumia.

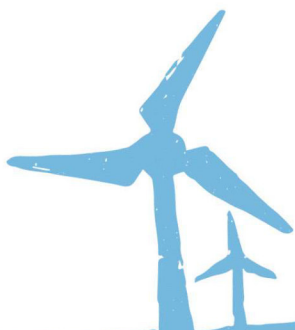
LÄHTÖKOHTAISESTI epoksilujitteiset hiili- ja lasikuidut (tai kuituvahvisteiset lujitemuovit) ovat todella kestävä materiaalia ja siksi keskustelun keskiössä niiden osalta tulisi olla enemmän kierrätys ja hyödyntäminen kuin materiaalin kuluminen. Suomessa kerätään ja murskataan tuulivoimaloiden lapoja ja muuta yhteiskunnassa isoissa määrin syntyvää muuta muovikomposiitti- ja lujitemuovijätettä hyödynnettäväksi sementinvalmistuksessa. Sementinvalmistuksessa lujitemuovi- ja muu muovikomposiittimurske rinnakkaisprosessoidaan eli puolet käytetään energiana korvaamaan fossiilisia polttoaineita ja puolet sitoutuu valmistetavan sementin raaka-aineeksi. Tuulivoimaloiden lavat ovat suuria ja painavia eli niissä on paljon muovikomposiittimateriaalia, mutta hyötykäytön näkökulmasta ne tulevat helposti pistemäisistä lähteistä yrityskentän piiristä. Esimerkiksi kuluttajatuotteiden, kuten soutuveineiden, keräys on vaikeampaa järjestää.

MIKROMUOVEISSA erityistä huomiota on kiinnitetty bisfenoli A:han (BPA). BPA on laajalti käytetty pehmitin, jota käytetään polykarbonaattimuovien, epoksihartsien ja monien tavallisten tavaroiden valmistuksessa, mukaan lukien lelut, vesiputket, juoma-astiat, silmälasien linssit, urheiluturvavarusteet, lääketieteelliset laitteet ja letkut sekä kulutuselektronikka. Sitä siis käytetään monissa tuotteissa, mutta sen turvallisuus on nykytiedon valossa laajalti kyseenalaistettu ja sen käyttöä siksi rajoitetaan Euroopassa. Tuulivoimaloista luontoon tai ihmiseen mahdollisesti päätyvät BPA-päästöt ovat vähäiset.

Miksi laboratoriotutkimus lavan eroosiosta ei vastaa todellisuutta?

TUULIVOIMAAN liittyvässä mikromuovikeskustelussa viitataan usein skotlantilaiseen laboratorionkokeeseen ja sen perusteella tehtyihin norjalaisiin tuulivoimaan kriittisesti suhtautuvien tahojen laskelmiin. Skotlantilaisessa tutkimuksessa materiaalien irtoamista lavasta tutkittiin pienestä lavan palasesta käyttäen lavan kärkinopeutta ja skotlantilaisia ja irlantilaisia sademääriä. Valtaosa lavasta kulkee kuitenkin huomattavasti hitaampaa kuin kapea lavan kärki.

TUULIVOIMALAT eivät myöskään käy täydellä teholla ympäri vuoden eli lavan kärkikään ei altistu jatkuvasti suurimmille mahdollisille rasituksille, ja lisäksi nykyvoimaloiden materiaalit ovat kehittyneet merkittävästi vanhempiin verrattuna.



LAVAN täyttä kärkinopeutta käyttäen ei siten voi vetää johtopäätöksiä koko lavan eroosiosta. Tutkimuksessa myös oletettiin, että lapoja suojaavat pinnoitteet ja maali olisivat kuluneet pois. Tällöin sade ja tuuli kuluttaisivat suoraan lavan rakenteita. Näin ei todellisuudessa tapahdu, sillä lavat pidetään hyvässä kunnossa säännöllisellä huollolla. Myös sademäärät ovat olleet tutkimuksessa sellaisissa ääriolosuhteissa, joita Suomessa harvoin koetaan. Myös artikkelissa käytetty menetelmä eroosion toteamiseksi (lavan paino ennen ja jälkeen kokeen ilman kosteusprosentin määrittämistä ja varsinaisten mikropartikkelien keräämistä ja punnitsemista) on kyseenalainen. Tutkimuksen tuloksia ei voi siten käyttää laskemaan tuulivoimaloista todellisuudessa syntyvää mikrohiukkasten määrää.

EU rajoittaa mikromuovipäästöjä

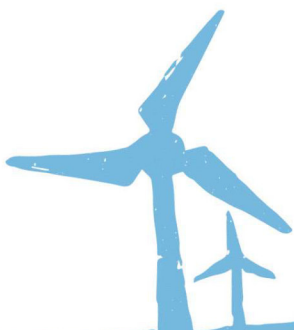
EU:N jäsenmaiden edustajat hyväksyivät 26.4.2023 komission ehdotuksen mikromuovien rajoittamiseksi. Rajoituksen arvioidaan vähentävän mikromuovien päästöjä noin 500 000 tonnia seuraavan 20 vuoden aikana. Esimerkiksi kumirouheen käyttö tekonurmikentillä ja muilla urheilualueistoilla on lopetettava kahdeksan vuoden kuluessa. Myös kosmetiikan valmistajien on korvattava tuotteidensa sisältämiä mikromuoveja ympäristölle turvallisemmilla vaihtoehdoilla.

RAJOITUKSEN myötä EU:ssa kielletään tarkoituksellisesti lisättyjen polymeerimikropartikkelien eli mikromuovien markkinoille saattaminen. Mikromuoveilla tarkoitetaan kaikkia alle 5 mm:n partikkeleita ja kuitumaisia alle 15 mm:n partikkeleita. Myös nanokokoiset (alle 0,1 µm) mikropartikkelit kuuluvat rajoituksen piiriin.

SEN lisäksi, että mikromuovia syntyy suurempien muovituotteiden rapautuessa, niitä on lisätty muun muassa kosmetiikkatuotteisiin, lannoitteisiin, maaleihin sekä pesu- ja puhdistusaineisiin. Mikromuovia lisätään tuotteisiin paksuntamaan niiden koostumusta, parantamaan levitettävyyttä tai tuotteen ulkonäköä, tuomaan elastisuutta tai keventämään tuotetta. EU:n laajuisen rajoituksen myötä näistä mikromuoveista pyritään eroon.

LAPAVALMISTAJIEN tuotekehitys on johtanut koko ajan kestävämpiin, lujempiin ja siten myös huoltovapaampiin pintamateriaaleihin. Tiedon lisääntymisen ja ympäristötietoisuuden kasvun myötä esimerkiksi PFAS-yhdisteiden käyttöä tasoitteissa ei enää suosita. Myös EU on rajoittamassa PFAS-yhdisteiden käyttöä.

** inertti = kemian termi, jolla tarkoitetaan ainetta, usein kaasua, joka ei reagoi kemiallisesti muiden aineiden kanssa eli on reaktiokyvytön, kykenemätön muodostamaan kemiallisia yhdisteitä.*



Lähteet

Totta vai tarua? Tuulivoimalan lavat tuottavat keskimäärin 50 kilogrammaa mikromuovipäästöjä vuodessa. Vinkka 2022.

Windpower, Microplastics & Bisphenol-A – Time to Bust the Myths and Discuss the Facts. Carstairs 2021.

Mikroplaster - Redovisning av regeringsuppdrag om källor till mikroplaster och förslag på åtgärder för minskade utsläpp i Sverige. Naturvårdsverket 2017.

Faktaark Vindkraft, Plast og Bisfenol A, Norwea.

Klare faktafeil fra motvind om vindkraftsforurensning, Norwea.

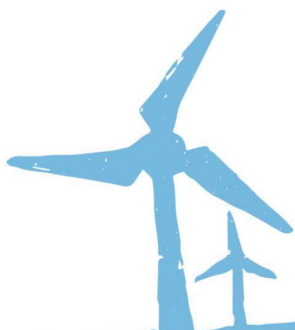
Rain Erosion Maps for Wind Turbines Based on Geographical Locations: A Case Study in Ireland and Britain, Journal of Bio- and Tribo-Corrosion volume 7, 2021.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s40735-021-00472-0>

Leading Edge erosion and pollution from wind turbine blades.

Solberg, Rimereit & Weinbach 2021.

http://docs.wind-watch.org/Leading-Edge-erosion-and-pollution-from-wind-turbine-blades_5_july_English.pdf



Tuulivoimaloiden purku ja kierrätys

TUULIVOIMALAN käyttöikä on noin 25 vuotta - uusimpien voimaloiden kohdalla puhutaan jo yli 30 vuoden käyttöiästä. Tuulivoimalan tullessa elinkaarensa päähän se puretaan ja osat kierrätetään. Käytetyille tuulivoimaloille on olemassa myös jälkimarkkina eli ne voidaan myydä ja pystyttää uudelleen toisaalla. Pääsääntöisesti käytöstä poistetut voimalat kuitenkin puretaan ja kierrätetään.

PURETTUJEN tuulivoimaloiden paikalle voidaan kunnan ja voimaloiden omistajan niin halutessa rakentaa uudet tuulivoimalat. Paikka sinänsä on arvokas, koska sinne on jo rakennettu tiet ja sähköverkko. Alueen etu on myös ennen kaikkea alueen tuulisuudesta saatavilla olevat tarkat tiedot pitkältä ajanjaksolta. Niin kutsuttuna repowering-hankkeena purettujen voimaloiden paikalle rakennettavat uudet tuulivoimalat luvitetaan aina alusta alkaen uudelleen. Vanha sähköverkko voidaan hyödyntää, mutta perustukset joudutaan aina uusimaan kokonaan.

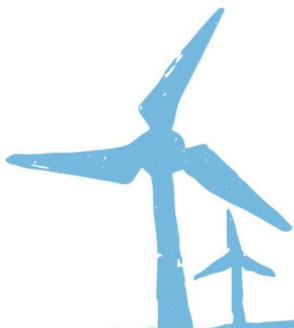
TUULIVOIMALOISSA on paljon arvokkaita metalleja, jotka ovat rahanarvoista materiaalia. Purettavan voimalan arvo riippuu monista tekijöistä, kuten torniratkaisusta ja voimalan koosta. Purkukustannuksiin vaikuttavat myös purettavien voimaloiden kokonaismäärä alueella ja purkutapa, kuten se, kuljetetaanko lavat kokonaisina pois vai paloitellaanko tai murskataanko ne purkupaikalla. Vaikutuksensa on myös sillä, puretaanko perustus pois alueen erityispiirteiden tai uuden voimalan vuoksi vai maisemoidaanko se paikalleen.

TÄLLÄ hetkellä tuulivoimaloiden lavat ovat kierrätyksen ja uusiokäytön näkökulmasta haastavin osuus purettavaa voimaa. Lasikuitumuovin lisäksi lavoissa on monia erilaisia materiaaleja, kuten metallia, eikä materiaaleja voida erottaa toisistaan. Lasikuitumuovijätettä syntyy tuulivoimaloiden lapojen lisäksi monista muistakin lähteistä, kuten veneteollisuudesta, mutta tuulivoimaloiden ikääntymisen myötä jätemäärät tulevat kasvamaan. Euroopan tuulivoima-ala itse on asettanut itselleen tiukan kaatopaikkakiellon. Suomessa vastaava kielto on jo voimassa.

TÄLLÄ hetkellä useimmat eurooppalaiset tuulivoimalavat päätyvät sementin valmistuksen raaka-aineeksi ja energialähteeksi. Suomen tuulivoima-ala on mukana ympäristöministeriön rahoittamassa KiMuRa-projektissa, jossa luodaan komposiittimuovijätteelle keräys- ja käsittelyverkosto. Tällä hetkellä kerätty ja murskattu komposiittiruouhe toimitetaan Finnsementille sementinvalmistusprosessiin. Maailmalla on myös useita muita teknologioita, jotka voivat hyödyntää lasikuitumuovijätettä. Esimerkiksi orimattilalainen Conenor Oy on kehittänyt teknologian, jolla valmistetaan lapajätteestä rakennusteollisuuden komposiittimateriaalia. Tuote on ominaisuuksiltaan erinomainen, mutta odottaa vielä kaupallistumistaan.

KYMMENEN tuulivoimalan puistossa yhden tuulivoimalan purkukustannus on tällä hetkellä tapauskohtaisesti vaihdellen noin 60 000 – 120 000 euroa, kun kaikki voimalat puretaan samalla kertaa ja perustus maisemoidaan paikoilleen. Toisaalta tulevaisuudessa purkutoiminnan ammattimaistumisen odotetaan laskevan kustannuksia. Samaa aikaa voimalakoon kasvu kuitenkin nostaa kustannuksia. Tuulivoimaloiden purku vaatii nosturin, jonka kuljetuskustannukset ovat yksi syy sille, miksi purettavien voimaloiden kokonaismäärä vaikuttaa yhden voimalan purkukustannuksiin. Epätavallisissa tapauksissa, kuten tuulivoimalan palotapauksissa, voimala voidaan purkaa hallitusti räjäyttämällä. Myös tässä tapauksessa materiaali saadaan kerättyä tehokkaasti talteen.

TUULIVOIMALOIDEN purusta vastaa aina voimaloiden omistaja. Tuulivoimahankkeen yhteydessä voidaan perustaa rahasto tai asettaa vakuus, josta purkukustannukset katetaan, jos omistaja ajautuisi konkurssiin tai tapahtuisi jotakin muuta odottamatonta. Omistajayritysten konkurssit ovat kuitenkin Suomen markkinoilla epätodennäköisiä. Esimerkiksi kunnallisten sähkölaitosten tai suurten sähkön käyttäjien yhdessä omistamien, niin kutsuttujen mankala-toimintamallin yhtiöiden tapauksessa konkurssia ei tyypillisesti pidetä mahdollisena omistajayhtiöiden merkittävän koon vuoksi.



Miksi kunnan kannattaa kiinnostua tuulivoimasta?

KUNNAN tehtävissä korostuu entistä voimakkaammin alueen elinvoiman turvaaminen. Tuulivoima on hajautettua sähköntuotantoa, joten useat kunnat voivat hyötyä tuulivoiman mukanaan tuomista miljoonainvestoinneista ja muista positiivisista vaikutuksista. Suomessa onkin lukuisia kuntia, jotka suhtautuvat hyvin positiivisesti tuulivoimahankkeisiin ja voimaloiden rakentamiseen. Monissa kunnissa, kuten Iissä, Simossa ja Kankaanpäässä, positiiviset kokemukset ensimmäisistä tuulivoimapuistoista ovat rohkaisseet kannustamaan uusienkin hankkeiden sijoittumista kuntaan.

SELVITYKSEN (Ramboll 2019) mukaan Suomeen tähän mennessä rakennetun 2000 megawatin tuulivoimakapasiteetin taloudelliset vaikutukset ovat merkittävät: 5,5 miljardin investoinnit tuulivoimahankkeisiin tuovat koko 20 vuoden elinkaarensa aikana muun muassa miljardien liikevaihdon yrityksille ja mittavat verokertymät kunnille. Suoria ja kerrannaisia työpaikkoja Suomeen nyt rakennettu tuulivoima tuo elinkaarensa aikana kymmeniä tuhansia.

TUULIVOIMARAKENTAMISESSA erityisesti maanrakennustöiden osalta käytetään mahdollisuuksien mukaan paikallista työvoimaa, eikä suuren perustuksen betoniakaan tuoda matkojen takaa. Moni paikallinen maanrakennusalan yritys onkin voinut kasvattaa toimintaansa tuulivoimatyömaiden myötä. Koko tuulipuiston elinkaaren ajan on paljon kysyntää majoitus-, ravintola- ja muille tuulivoima-alan ulkopuolisille palveluille. Etenkin rakennusaikana tuulivoimaloiden pystyttämiseen erikoistuneet työmiehet piristävät paikallista elinkeinoelämää huomattavasti. Esimerkiksi Iissä ja Sodankylässä majoituskapasiteetti on ollut kovassa käytössä vuosien ajan tuulivoimahankkeiden ansiosta.

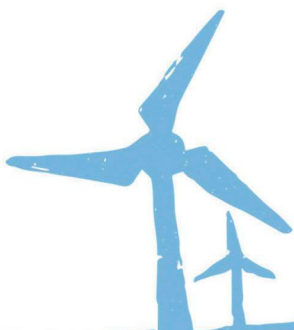
TUULIVOIMAN suurin työllistävä vaikutus tulee kuitenkin käytöstä ja kunnossapidosta. Nyrkkisäännön mukaan kymmenisen voimalaa vaatii kaksi huoltajaa työssäkäyntialueelle. Voimalatoimittajat ovat perustaneet kattavan huoltoverkoston ympäri maata Sodankylästä Hyrynsalmelle, Iistä Luhankaan ja Haminaan. Voimalavalmistajat ovat rekrytoineet kymmeniä ja kymmeniä huoltoteknikoita viime vuosina, ja moni onkin voinut palata kotiseudulleen saatuaan töitä tuulivoima-alalta.

KUNTA saa tuulivoimasta kiinteistöverotuloa. Verokertymän suuruus vaihtelee monista tekijöistä riippuen, mutta karkeasti voi sanoa, että yksittäisestä voimalasta veroa kertyy ensimmäisenä vuonna hieman alle 10 000 euroa, tuulipuistossa noin 24 000 euroa voimalalta. Verokertymä pienenee iän myötä, mutta tuulivoimalan kiinteistöveroon muutamia vuosia sitten tehtyjen muutosten myötä kertymä alenee entistä hitaammin, eikä voimala saavuta elinkaarensa aikana minimiverotusarvoa.

ETENKIN pienelle kunnalle, jossa tuulivoimaloita on paljon, verokertymä on merkittävä lisä kuntatalouden tulopuolelle. Esimerkiksi Suomen suurin tuulivoimakunta Kalajoki sai noin 60 tuulivoimalastaan 1,7 miljoonan euron kiinteistöverotulot vuonna 2019. Suomeen vuoden 2018 loppuun mennessä rakennettu tuulivoima tuo selvityksen (Ramboll 2019) mukaan kunnille koko 20 vuoden elinkaarensa aikana yhteensä yli 400 miljoonan euron kiinteistöverotulot.

TUULIVOIMASTA maksetaan tyypillisesti korvausta laajemmalle alueelle kuin vain tuulivoimalan sijaintikohdan maanomistajalle. Suomessa onkin jo suuri joukko maanomistajia, jotka saavat lisätuloa tuulivoimasta. Tuulivoima sijoittuu Suomessa tyypillisimmin ennestään muokattuun metsätalousmaastoon. Maanomistajan näkökulmasta tuulivoiman tuoma tuotto on parempi kuin saman alueen tuotto metsätalouksikäytössä. Tuulivoimalan välitön lähiympäristö raivataan puustosta vapaaksi, mutta pääsääntöisesti alue säilyy metsätalouden, virkistystoiminnan ja muun toiminnan käytössä. Sen lisäksi, että tuulivoima tuo maanomistajalle vuokratuloja, helpottaa se myös metsänhoitoa: tuulivoimaloita varten rakennetut ja parannetut tiet helpottavat myös puukuljetuksia.

VUOTUISEN Energia-asenteet tutkimuksen mukaan ilmastonmuutos huolestuttaa suomalaisia enenevässä määrin ja Energiategollisuus ry:n toteuttaman tutkimuksen (2018) mukaan 80 prosenttia suomalaisista toivoisi Suomeen lisää tuulivoimaa. Tuulivoimapaikkakunnilla tehtyjen tutkimusten mukaan alueen asukkaat ovat pääsääntöisesti sopeutuneet tuulivoimaan hyvin ja vain harvat kokevat siitä haittaa. Myös kuntapäätäjille syksyllä 2016 tehdyn kyselyn mukaan valtaosa kuntapäätäjistä, 64 %, on tyytyväisiä kunnassaan toteutettuihin tuulivoimahankkeisiin (Aula Research 2017).



Miksi tuulivoimaa voidaan rakentaa nykyään ilman tukia?

TUULIVOIMARAKENTAMISTA on aiemmin tuettu meillä Suomessa valtion myöntämän syöttötariffin ja uusiutuvan energian kilpailutuksen kautta. Syöttötariffijärjestelmä käynnisti tuulivoimarakentamisen Suomessa ja sen ansiosta Suomessa on vahva tuulivoimahankekanta. Kesästä 2018 asti tuulivoimaa on Suomessa rakennettu myös markkinaehtoisesti eli ilman valtion tukea. Syöttötariffia maksetaan viimeisille sen piiriin päässeille hankkeille vuoteen 2029 asti.

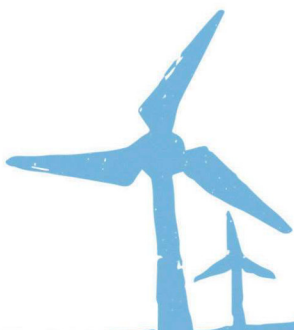
KESKEINEN syy sille, että tuulivoimaa voidaan rakentaa ilman tukea on se, että yksi voimala tuottaa asennettua megawattia (MW) kohden enemmän megawattitunteja (MWh) kuin vanhemmat voimalat. Tämä tarkoittaa, että tuotetun sähkön kustannus megawattituntia kohden (€/MWh) on laskenut nopeasti. Esimerkiksi Suomeen vuonna 2009 rakennettu 3 MW tuulivoimala tuotti noin 9 000 MWh vuodessa, kun taas vuonna 2019 rakennettu 4,2 MW tuulivoimala tuottaa vuosittain huimat 19 000 MWh. Uuden voimalan tuotanto vastaa noin 1000 sähkölämmitteisen omakotitalon vuosikulutusta.

TUULIVOIMATEKNOLOGIAN kehitys on siis ollut vauhdikasta. Kehitys näkyy etupäässä tuulivoimaloiden aiempaa korkeammassa torneissa ja pidemmissä lavoissa. Korkeampi tuulivoimala pääsee kiinni voimakkaampiin ja tasaisempiin tuuliin, koska tuulusuus kasvaa nopeasti kun mennään metreissä ylöspäin. Pienikin muutos keskimääräisessä tuulennopeudessa lisää tuotantoa huomattavasti. Korkeampi torni mahdollistaa myös pidempien lapojen käyttämisen, jolloin tuulivoimala kerää tuulen sisältämää energiaa talteen aiempaa isommalta alalta.

SÄHKÖN markkinahintaa on vaikea ennustaa pitkän ajan päähän, ja pankki ei myönnä hankkeelle rahoitusta luottaen vain siihen, että lainanottaja saa sähköä pohjoismaisella sähkömarkkinalla myymällä tarpeeksi tuloja lainojen takaisin maksamiseksi. Tuulivoimaa rakentava yritys voikin myydä sähkön ennalta sovittuun hintaan pitkäaikaisen sopimuksen (power purchase agreement) avulla. PPA-sopimuksessa sähköä myyvä yritys saa tuulivoimaloiden rakentamisen vaatiman rahoituksen vakavaraisen ostajayrityksen kanssa tehtyä sopimusta vastaan. Sopimuksessa sovitaan, että ostaja ostaa sähkön pidemmän ajanjakson ajan tiettyyn hintaan. Ostaja varmistaa näin uusiutuvan energian saatavuuden ennakoitavaan hintaan, ja luo vakautta liiketoimintansa kuluihin pitkälle tulevaisuuteen. Toisessa mallissa vakavarainen ostajayritys sitoutuu ostamaan rakennetut voimalat omakseen sen sijaan, että ostaisi vain voimaloiden tuottaman sähkön.

SUOMEN energiatoimijoissa on paljon niin kutsuttuja mankalatoimintamallin yrityksiä. Mankalan ajatus on, että suuret sähkönkäyttäjät omistavat yhdessä tuotantolaitoksia ja saavat niiden tuottaman energian käyttöönsä tiettyyn hintaan, joka voi olla markkinahintaa halvempi tai kalliimpi sähkön markkinahinnasta riippuen. Mankaloiden taustalla olevat emoyhtiöt ovat niin vakavaraisia, että hankkeet saavat rahoituksen omistajayhtiöiden varakkuuden perusteella.

MYÖS nykyinen lainojen erittäin matala korkotaso suosii tuulivoimahankkeita, sillä tuulivoiman tapauksessa rahoituskustannukset tuotettua megawattituntia kohden pysyvät kohtuullisina. Monet suomalaiset ja kansainväliset sijoittajat haluavat nykyisin sijoittaa vastuullisesti ja ilmastoystävällisesti, mikä tekee tuulivoimasta houkuttelevan sijoituskohteen. Suomi on poliittisesti vakaa maa, jossa päätöksenteko on läpinäkyvää ja ennakoitavaa. Lisäksi Suomi on maailman vähiten korruptoituneita maita, mikä lisää osaltaan sijoittajien kiinnostusta sijoittaa suomalaisiin hankkeisiin.



Onko tuulivoimaloiden kuultavalla äänellä terveysvaikutuksia?

TUULIVOIMALOIDEN ääni on uudenlainen elementti suomalaisten äänimaisemassa. Ympäristöön tullut uusi ääni voi herättää luulon siitä, että ääni olisi jotenkin haitallisempaa kuin muut äänet. Tuulivoimarakentamisen päästyä kunnolla vauhtiin huoli tuulivoimaloiden äänen terveysvaikutuksista onkin lisääntynyt.

TUULIVOIMALOIDEN äänen vaikutuksia asuinympäristössä on tutkittu Suomessa ja kansainvälisesti. Nykyisen tutkimustiedon mukaan tuulivoimaloiden äänellä ei ole havaittu terveysvaikutuksia. Ääni voi ärsyttää ollessaan hyvin kuultavaa, mutta erot kokemusten suhteen ovat hyvin yksilöllisiä. Suomessa ääniohjearvot ovat tasolla, jolla häiritsevyyden on tutkimuksissa osoitettu olevan pientä.

Ärsyttääkö vai sairastuttaako?

TUULIVOIMALOIDEN tuottamat äänitasot asutuksen luona ovat yleisesti selvästi pienempiä kuin äänitasot esimerkiksi vilkkaiden teiden ja katujen läheisyydessä. Tutkimusten mukaan tuulivoimaloiden äänen häiritsevyyteen vaikuttavat äänitasoa enemmän erilaiset välilliset muuttujat, kuten voimalan näkyminen asuntoon tai pihamaalle, asenteet maisema-vaikutuksia kohtaan, taloudellinen hyötyminen tuulivoimaloista, se kuinka kauan voimalat ovat olleet toiminnassa sekä luottamus paikallisiin viranomaisiin.

TUULIVOIMALOIDEN sijoittaminen tapahtuu viranomaisten antamia selkeitä ohjeita noudattaen. Ympäristöministeriö on laatinut tuulivoimaloiden äänelle omat mallinnus- ja mittausohjeensa (2014) ja tuulivoimaloiden ulkoäänentaso on määriteltä lainsäädännössä (2015). Lisäksi määräykset sisätiloissa sallituista äänitasoista koskevat tuulivoimaa siinä missä muitakin äänilähteitä.

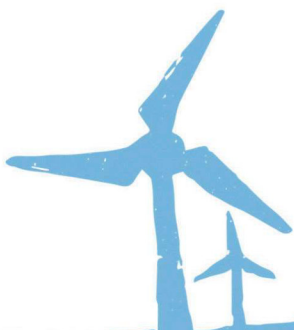
TUULIVOIMALOIDEN ääni on luonteeltaan vaihtelevaa, mistä syystä ihminen voi kokea sen helposti muita samatasoisia ääniä häiritsevämpänä. Äänen vaihtelevuus on myös huomioitu valtioneuvoston asettamissa tuulivoiman ääniohjearvoissa, ja tuulivoiman ääntä säädelläänkin Suomessa muita äänilähteitä tiukemmin. Mallinnusohjeita on testattu Suomessa myös käytännössä ja ohjeen mukaisten äänimallinnusten on todettu vastaavan hyvin käytännön mittaustuloksia.

TUTKIMUSTEN perusteella noin 10 % väestöstä kokee tuulivoimaloiden äänen häiritseväksi asunnon sisäpuolella, kun äänitaso ulkona ylittää 40 dB(A). Tiedeyhteisö on kuitenkin yksimielinen siitä, että yhteyttä esimerkiksi tuulivoimalamelun äänitason ja unenlaadun välillä ei ole löytynyt puhuttaessa alle 45 desibelin ulkoäänitasosta. Valtioneuvoston asetus (2015) tuulivoimaloiden ääniohjearvoista linjaa, että Suomessa tuulivoimaloiden ääni ei saa talojen tai loma-asuntojen välittömässä läheisyydessä ylittää päivällä 45 desibeliä ja yöllä 40 desibeliä.

VAIKKA ääni ei itsessään ongelmaa aiheuttaisikaan, voivat kielteiset odotukset ja uskomukset äänen terveysvaikutuksesta itsessään aiheuttaa tai lisätä oirekokemuksia. Koska pelko äänen terveysvaikutuksista aiheuttaa ihmisissä huolta, on lisätutkimukselle tarvetta. Vuonna 2018 valtioneuvoston rahoituksella käynnistyneessä hankkeessa mitataan pitkäkestoisesti äänitasoja (sisältäen myös infraäänimittaukset) tuulivoimaloiden välittömässä läheisyydessä sekä asuntojen pihamaalla ja sisätiloissa, sekä toteutetaan kuuntelukokeita laboratoriossa. Tutkimuksesta odotetaan tuloksia vuonna 2020.

Lähteet:

- *Hongisto. V. 2014. Tuulivoimalamelun terveysvaikutukset. Työterveyslaitos.*
- *Turunen. A. & Lanki. T. 2015. Tuulivoimamelun terveys- ja hyvinvointivaikutukset. Ympäristö- ja Terveys-lehti nro 5.*
- *Janhunen, S., Hynynen, K., Grönman, A., Hujala, M., Kuisma, M., Härkönen, P., Rantonen, J. & Kolari, P. 2016. Tuulivoimamelun häiritsevyyttä kahdella tutkimuspaikkakunnalla Suomessa. LUT School of Business and Management.*



Tuulivoimatuotanto on turvallista

TUULIVOIMA on turvallinen tapa tuottaa puhdasta sähköä. Hiilidioksidivapaa sähköntuotanto auttaa vähentämään ilmastonmuutosta aiheuttavien kasvihuonekaasujen määrää ilmakehässä. Ilmastonmuutos on tällä hetkellä suurimpia globaaleja uhkia, koska sen elinympäristölle aiheuttamat muutokset, kuten kuivuus, kasvitaudit ja sään ääri-ilmiöt lisäävät turvattomuutta monin tavoin.

TUULIVOIMALAT ovat yksittäisiä tuotantoyksiköitä, ja niiden aiheuttamat riskit ovat erittäin paikallisia rajoitusten muutamien satojen metrien säteelle itse voimalasta. Ylipäänsä tuulivoimalan aiheuttamat riskit ovat mittakaavaltaan pieniä. Lisäksi voimalat sijaitsevat etenkin Suomessa yleensä verrattain etäällä liikenneväylistä, asutuksesta ja muista ihmistoiminnoista. Muuta maankäyttöä, kuten marjastusta, metsästystä tai metsätaloutta, ei tyypillisestä jouduta rajoittamaan tuulivoimaloiden normaalin toiminnan aikana millään tavalla. Leiriytymistä ja tarpeetonta oleskelua voimalan nostoalueella on toki syytä välttää, koska kyseessä on turvallisuudesta huolimatta sähköntuotantolaitos.

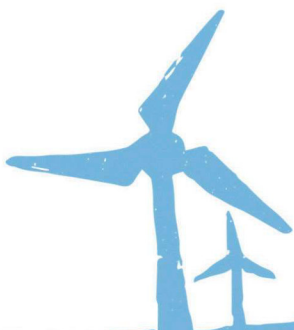
NYKYISSÄ moderneissa tuulivoimaloissa ei ole osia, jotka voisivat irrota vanhan voimalasukupolven kärkijarrujen tavoin. Jäätävien olosuhteiden aikana lapoihin voi kertyä jäätä tai kuuraa, joka voi irrota. Tyypillisesti mahdollisesti kertynyt jää irtoaa voimalan käynnistymisvaiheessa ja putoaa voimalan lapojen alle. Jään lentäminen useamman sadan metrin päähän on tutkimusten ja kokemusten mukaan erittäin harvinaista.

VOIMALOISSA on aina anturit, jotka tunnistavat mm. jään aiheuttaman epätasapainon roottorissa. Voimala pysäytetään, mikäli jäätä muodostuu lapoihin. Suomessa alueilla, joilla liikkuu talviaikaan paljon ihmisiä voimaloiden lähellä, on asennettu varoituskyltit ja -valot, joissa kehoitetaan valojen vilkkuessa erityiseen varovaisuuteen. Voimalan lapoihin voidaan asentaa lämmitysjärjestelmä, mikäli alueen erityispiirteet sitä vaativat. Voimalan huoltoalueella on kuitenkin jäätävien olosuhteiden aikaan, eli talvikuukausina, syytä välttää tarpeetonta oleilua. Huoltohenkilökunnan tulee käyttää suojarusteita turvallisuusmääräysten mukaisesti.

TUULIVOIMALOIDEN tulipalot ovat erittäin harvinaisia mutta mahdollisia tapahtumia. Tulipalojen todennäköisyyttä voidaan pienentää aktiivisella huollolla ja muulla ennakkoinnilla. Mikäli voimalassa syttyy suuri tulipalo, on pelastuslaitoksen rooli turvata ympäristöä ja estää palon leviäminen ympäröivälle alueelle. Tuulivoimaloihin on olemassa sammutusjärjestelmiä, mutta palojen harvinaisuus, voimaloiden tyypillisesti syrjäinen sijainti ja muut tekijät huomioiden niitä ei yleensä pidetä tarpeellisina. Sammutusjärjestelmät siinänsä voivat olla riski tuulivoimaloissa työskenteleville, koska ne perustuvat erilaisiin kaasuihin ja voivat mahdollisen aiheuttoman aktivoitumisen seurauksena aiheuttaa henkilövahinkoja.

TUULIVOIMALOISSA on kemiallisia aineita, kuten hydrauliikkaöljyä ja jäähdytysnestettä. Näitä on yhteensä satoja litroja, mutta kuitenkin pieniä määriä vaikkapa kemikaalikuljetuksiin verrattuna. Oikein käsiteltyinä aineet eivät pääse luontoon. Pohjavesialueet huomioidaan tuulivoimaloiden suunnitteluvaiheessa erikseen.

TUULIVOIMALAT eivät ole sen enempää meillä kuin maailmallakaan aiheuttaneet ulkopuolisille onnettomuuksia. Myös työntekijöille vaaraa on aiheutunut harvoin. Työturvallisuuteen on alalla panostettu erittäin paljon, koska työskentely tapahtuu vaativissa olosuhteissa: työntekijöiltä vaaditaan paljon ja jatkuvaa koulutautumista mm. korkealla työskentelyyn ja sieltä pelastautumiseen. Lisäksi tuulivoimaloiden huoltotyö tehdään turvallisuussyistä aina pareittain.



Tuulivoiman ympäristövaikutukset

KAIKELLA energiantuotannolla on ympäristövaikutuksia, niin myös tuulivoimalla. Tärkein tuulivoiman ympäristövaikutus on energiantuotannon hiilidioksidi- ja hiukkaspäästöjen väheneminen. Tuulivoima on päästötön energiantuotantomuoto, joka ei saastuta ilmaa, vettä tai maaperää. Tuulivoimaloiden kuljetusten ja rakentamisen aikaiset hiilidioksidipäästöt ovat noin 10 g/kWh. Suurin päästövähennys saadaan aikaan, kun tuulivoimalla korvataan esimerkiksi hiililauhdevoimaloiden sähköntuotantoa.

Alueelliset vaikutukset

TUULIVOIMAN alueelliset vaikutukset liittyvät muutokseen maisemassa, ääneen, välkkeeseen, lentoestevaloihin sekä mahdollisiin vaikutuksiin eläimille. Vaikutukset ja niiden merkittävyys riippuvat monista tekijöistä, kuten hankkeen koosta ja toteutustavasta, sijoituspaikan olosuhteista sekä alueen muista käyttömuodoista. Siten ainoa tapa arvioida vaikutuksia, on suunnitella ja mallintaa jokainen hanke erikseen.

TUULIVOIMALAT ovat näkyvä elementti maisemassa ja niiden esteettisyys jakaa mielipiteitä. Osa pitää voimaloita kauniina ja osa ei haluaisi niitä maisemaan. Tutkimusten mukaan voimaloihin kuitenkin sopeudutaan yleensä hyvin. Käytännössä näkyvyyttä rajoittavia tekijöitä on paljon. Näkyvyyteen vaikuttavat muun muassa maanpinnan korkeuden vaihtelut sekä maanpinnan kasvillisuus. Esimerkiksi täysikasvuinen puusto estää tehokkaasti tuulivoimaloiden näkymisen lähellä voimala-aluetta.

TUULIVOIMALOIDEN ääntä säännellään Suomessa tarkasti. Ympäristöministeriö on laatinut tuulivoimaloiden äänelle omat mallinnus- ja mittausohjeensa (2014) ja Valtioneuvosto on antanut asetuksen tuulivoimaloiden ulkoäänentasoista (2015). Mallinnusohjeita on testattu Suomessa myös käytännössä, ja ohjeen mukaisten äänimallinnusten on todettu vastaavan hyvin käytännön mittaustuloksia. Lisäksi ohjeavot ovat meillä tasolla, jonka mukainen ääni häiritsee tutkimusten mukaan vain harvoin.

TUULIVOIMAHANKKEIDEN suunnittelun aikana selvitetään aina alueen sen hetkinen tila ja suojeltavien eläinten ja kasvien esiintyminen. Esimerkiksi lalueen linnusto ja lintujen muuttoreitit selvitetään aina osana tuulivoimahankkeiden suunnittelua. Oikealla sijoittelulla tuulivoimaloiden riskit linnuille voidaan minimoida ja hyvin sijoitetut voimalat eivät lisää merkittävästi lintukuolemien määrää. Tuulivoimaa suurempia lintukuolemien aiheuttajia ovat liikenne, sähkölinjat, lasirakenteet, rakennukset ja metsästys.

TUULIVOIMALOIDEN lentoestevalot takaavat voimaloiden näkymisen lentäjille ja näkyvät maisemassa etenkin öiseen aikaan. Lentoestevalojen kirkkaudesta säättävät viranomaiset. Lentoestevalovaatimuksia on lievennetty vastaamaan lähemmin muiden maiden vastaavia vaatimuksia. Lievennyksen myötä yöllä salitaan lähiasukkaita vähemmän häiritsevä tasaisesti palava punainen valo välähtävän kirkkaan valon sijaan.

EDELLÄ mainittuja ympäristövaikutuksia voidaan merkittävästi vähentää tuulivoimaloiden sopivalla sijoittamisella. Tuulivoimarakentamiseen sovelletaan pääsääntöisesti samoja säännöksiä kuin muuhunkin rakentamiseen. Suurten tuulivoimaloiden toteutus perustuu lähtökohtaisesti maankäyttö- ja rakennuslain mukaiseen kaavoitukseen mutta myös suunnittelutarveratkaisu tai kaavapoikkeama voivat tulla tapauskohtaisesti kyseeseen. Tuulivoimalan rakentaminen edellyttää aina rakennus- tai toimenpidelupaa sekä lentoestelupaa. Tuulivoimalan toteuttaminen voi sijainnista riippuen edellyttää esimerkiksi ilmailulain, vesilain tai ympäristön-suojelulain mukaisia lupia tai ympäristövaikutusten arviointimenettelyä.

