

An aerial photograph of a landscape at sunrise. The sun is low on the horizon, casting a warm glow over the scene. Two wind turbines are visible in the distance. The foreground shows green fields and a road. The sky is filled with soft, wispy clouds. Several large, pink, abstract oval shapes are overlaid on the right side of the image. The text 'Tuulivoima ja ääni' is written in white, bold, sans-serif font across the center of the image.

Tuulivoima ja ääni



Suomen
uusiutuvat

Tuulivoima ja ääni

Elämme maailmassa, joka hiljenee harvoin. Lähes kaikki modernin ajan ihmistoiminnot aiheuttavat ääntä. Jokapäiväiseen arkeemme vakiintuneita äänilähteitä ovat esimerkiksi liikenne, kodinkoneiden äänet ja koneellinen ilmanvaihto. Näitä ääniä emme välttämättä enää edes huomaa, niin tuttu ja hyväksytyt osa arkipäivää ne ovat. Ympäristömme uudet äänilähteet sen sijaan huomioimme helpommin. Yksi uusiutuvan energian käytön lisääntymisen mukanaan tuoma uusi, mutta koko ajan vakiintuva elementti äänimaisemassamme on tuulivoima. Tässä esitteessä tutustutaan tarkemmin tuulivoimaloiden ääneen ja siihen, millaisia vaikutuksia äänellä on.



Tuulivoimaloiden ääni

TUULIVOIMALOISTA syntyy ääntä aerodynaamisesti ja mekaanisesti.

Aerodynaaminen ääni syntyy, kun tuulivoimalan lavat liikkuvat ilmakerroksen läpi, ja mekaanista ääntä syntyy tuulivoimalan konehuoneessa. Tuulivoimalat tuottavat kuultavan äänen lisäksi myös infraääntä, joka on niin matalaa, ettei se ole kuultavissa.

TUULIVOIMALOIDEN tuottamaan äänen voimakkuuteen vaikuttavat monet tekijät, kuten voimalatyyppejä, tuulen voimakkuus ja suunta sekä maaston muoto ja kasvillisuus. Isompi ja tehokkaampi voimala ei kuitenkaan tarkoita kovempaa ääntä, vaan uusi ja tehokkaampi voimala on usein vanhempaa voimalaa hiljaisempi.

TUULIVOIMALAN ääni on voimakkaimmillaan sen napakorkeudella (uusimmilla voimaloilla n. 150 – 175 m), jossa voimalan äänitaso vastaa lehtipuhaltimen tai iskuporakoneen tuottamaa äänitason. Tuulivoimalan juurella äänentaso on kuitenkin jo paljon alhaisempi, noin 60 dB. Tämä vastaa keskustelua tai esimerkiksi pyykinpesukoneen ääntä. Asutus on aina kauempana voimaloista, jolloin ääni pääsee vaimenemaan ennen asutusta.

YLEISESTI ottaen tuulivoimaloiden aiheuttamat äänitasot lähimmän asutuksen luona ovat selvästi pienempiä kuin äänitasot esimerkiksi vilkkaiden teiden ja katujen läheisyydessä. Tutkimusten mukaan tuulivoimalan äänessä ei myöskään ole mitään sellaista komponenttia, jota ei jo olisi meitä ympäröivissä äänilähteissä.



Onko tuulivoimaloiden äänellä vaikutusta terveyteen?

TUULIVOIMALOIDEN äänen terveystaikutuksia asuinympäristössä on tutkittu sekä kansainvälisesti että Suomessa, ja nykyisen tutkimustiedon mukaan tuulivoimaloiden äänellä ei ole havaittu suoria terveystaikutuksia. Kuultavan äänen häiritsevyys on ainoa tuulivoiman äänen terveystaikutus, kertoo asiasta tehty tutkimus lähes yksimielisesti (mm. Michaud ym. 2016) mikäli ääni kuuluu sisätiloihin, asukkaat voivat kokea äänen häiritsevänä. Yksilölliset erot kokemusten suhteen ovat kuitenkin suuria - myös hiljainen ääni voi ärsyttää, oli äänilähde mikä tahansa.

YHTEYTTÄ esimerkiksi tuulivoimaloiden äänitason ja unenlaadun välillä ei ole löytynyt. Tutkimusten perusteella noin 10 prosenttia väestöstä kokee tuulivoimaloiden äänen häiritseväksi asunnon sisäpuolella, kun A-painotettu äänitaso ulkona ylittää 40 dB. (Hongisto 2014.) Valtioneuvoston tuulivoimaloiden ääniohjeista antaman asetuksen mukaan tuulivoimaloiden ääni ei saa ylittää päivällä 45 desibeliä ja yöllä 40 desibeliä talojen tai loma-asuntojen välittömässä läheisyydessä.

TUULIVOIMALOIDEN äänen häiritsevyyteen vaikuttavat tutkimusten mukaan äänitasoa enemmän erilaiset ei-akustiset tekijät, kuten huolestuneisuus äänen terveystaikutuksista, ääniherkkyys, asenteet äänen tuottajaa kohtaan, voimalan näkyminen asuntoon tai pihamaalle, asenteet maisemavaikutuksia kohtaan, taloudellinen hyötyminen tuulivoimaloista, tai se kuinka kauan voimalat ovat olleet toiminnassa sekä luottamus paikallisiin viranomaisiin. (Hongisto ym. 2020; Hongisto ym. 2015.)



Suomalainen tutkimus äänen vaikutuksista

SUOMESSA on tutkittu laajasti tuulivoimaloiden äänen vaikutusta terveyteen. Turun ammattikorkeakoulun 2021 julkaiseman tutkimuksen mukaan tuulivoimaloiden lähellä asuvilla ihmisillä ei esiintynyt sairauksia tai oireita enempää kuin vertailualueella. Tutkimustulos vahvistaa kansainvälisten ja aiemmin kotimaassa tehtyjen tieteellisten tutkimusten tuloksia, joissa on todettu, ettei tuulivoima aiheuta terveyshaittaa, kun voimalat on sijoitettu ohjearvojen mukaisesti eikä melutaso ylitä 40 dB (A). Tutkimustuloksen voi tulkita myös niin, että nykyiset tuulivoimaloiden äänen ohjearvot ovat riittävät eikä niitä ole tarpeen kiristää nykyisestään. (Radun ym. 2021.)

TUTKIMUS on kansainvälisestikin ottaen ainutlaatuinen terveystutkimus, sillä siinä verrattiin tuulivoimaloiden ja tieliikenteen häiritsevyyttä samalla äänenpainetasolla. Tulosten mukaan tuulivoimaloiden ja tieliikenteen äänen häiritsevyys olivat samalla tasolla, kun äänialtistus näillä äänilajeilla on luokkaa 30-40 dB. Tuulivoimaloista kuuluvan ääntä ei siis koettu häiritsevämpänä kuin tieliikenteestä syntyvää ääntä. (Radun ym. 2021.)

TERVEYDEN ja hyvinvoinnin laitos (THL) taas julkaisi vuonna 2022 tutkimuksen lääkkeiden käytön yleisyydestä tuulivoima-alueilla. Tutkimuksen mukaan lääkkeiden käyttö tuulivoimaloiden läheisyydessä ennen ja jälkeen tuulivoimatuotannon alkamisen ei ollut yleisempää kuin vertailualueilla samana ajanjaksona. Reseptilääkkeille ei myöskään ilmaantunut uusia käyttäjiä tuulivoimatuotannon käynnistymisen jälkeen sen enempää kuin

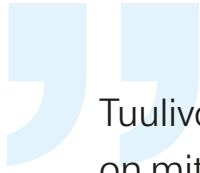
vastaavana aikana ennen tuotannon alkamista. Tuulivoimaloiden lähellä asumiseen ei siis havaittu liittyvän sellaista terveyshaittaa, joka näkyisi lääkehoitoa vaativina oireina tai sairauksina. (Turunen ym. 2022.)

TUTKIMUKSESSA mukana olivat diabeteslääkkeet, sydän- ja verisuonitautilääkkeet, hermostoon vaikuttavat lääkkeet sekä tulehduskipu- ja reumalääkkeet. Sydän- ja verisuonitautilääkkeistä erityisen kiinnostuksen kohteena olivat rytmihäiriölääkkeet ja hermostoon vaikuttavista lääkkeistä uni- ja rauhoittavat lääkkeet, masennuslääkkeet, kipulääkkeet ja huimauslääkkeet. (Turunen ym. 2022.)

SUOMESSA on näiden tutkimusten lisäksi tutkittu tuulivoimaloiden ääntä useassa muussakin tutkimuksessa. (mm. Lanki ym. 2017, Maijala ym. 2020) Yleisesti voidaan todeta, että tuulivoimaloiden äänen sääntely toimii Suomessa hyvin, sillä viitteitä terveysvaikutuksista ei ole tutkimuksissa löydetty.

Tuulivoima ja infraääni

INFRAÄÄNI voi olla yleisesti voimakkuuden mukaan joko kuultavaa tai jäädä kuulokynnyksen alapuolelle. Kovat, ja niin ollen kuultavat, infraäänit ovat ympäristössämme harvinaisia. Niitä muodostuu esimerkiksi tykistön laukauksissa ja ajettaessa autolla yli 100 kilometriä tunnissa auton ikkuna auki. Alle kuulokynnyksen olevia, eli ei-kuultavia, infraääniä esiintyy joka puolella ympäristössämme. Niitä syntyy esimerkiksi ilmakehän paineenvaihtelusta, tuulesta, rakenteiden värähtelystä, keinumisesta tai vaikkapa juoksuaskelista tietynlaisella alustalla. Tuulivoimalat tuottavat infraääntä, joka jää selkeästi kuulokynnyksen alapuolelle. (mm. Hongisto & Oliva 2017; Lanki ym. 2017.; H. Tachibana ym 2014.)



Tuulivoimaloiden infraäänien äänenpainetasoja on mitattu ympäri maailmaa, myös meillä Suomessa. Mittaustulokset osoittavat poikkeuksetta, että tuulivoimaloiden tuottama infraääni jää selkeästi alle kuulokynnyksen. (mm. Hongisto & Oliva 2017; Lanki ym. 2017; H. Tachibana ym 2014) Tutkimusten mukaan infraäänien pitäisi olla korvin kuultavissa, jotta sillä olisi vaikutuksia terveyteen. (mm. Lanki ym. 2017; Leventhall 2007)

INFRAÄÄNTÄ koskevat samat lainalaisuudet kuin mitä tahansa muuta ääntä, ja myös sen mahdolliset terveysvaikutukset syntyvät samoissa tilanteissa kuin muunkinlaisen äänen. Nykytutkimustiedon mukaan infraääni voi aiheuttaa terveyshaittaa ainoastaan, mikäli se on kuultavissa. (mm. Lanki ym. 2017; Hongisto & Oliva 2017)



Tuulivoimaloiden infraääntä on tutkittu myös Suomessa

SUOMESSA tuoreinta tuulivoimaloiden infraääneen liittyvää tutkimusta edustaa valtioneuvoston rahoittama tutkimus, jossa selvitettiin, onko tuulivoimaloiden infraäänellä haitallisia vaikutuksia ihmisten terveyteen. Tutkimus koostui kolmesta osiosta: pitkäaikaismittaukset, kyselytutkimus ja kuuntelukokeet. Hankkeen toteuttivat monitieteellisenä yhteistyönä Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, Työterveyslaitos, Helsingin yliopisto ja Terveyden ja hyvinvoinnin laitos.

TUTKIMUKSET kohdistettiin alueille, joilla asukkaiden tiedettiin yhdistäneen oireitaan tuulivoimaloiden infraääneen. Tuulivoimaloiden infraäänen pitkäaikaismittauksin selvitettiin, millaista ääntä tuulivoimalat aiheuttavat lähellä sijaitseviin asuntoihin. Asunnoista mitatut infraäänitasot ja A-painotetut keskiäänitasot olivat samaa suuruusluokkaa kuin kaupunkiasunnoissa esiintyy. Tuulivoimatuotantoalueella tehty pitkäaikaismittaustulos vahvisti myös aiempien, lyhyempien mittauskampanjoiden tulokset: tuulivoimaloiden aiheuttama infraäänen keskiäänitaso on samaa suuruusluokkaa kaupunkiympäristön infraäänitasojen kanssa.

TUTKIMUSTULOSTEN mukaan infraäänialtistus ei selitä tuulivoimaan liitettyä oireilua. Altistustaso, jolla ei ole tunnettuja terveysvaikutuksia, oireiden

laaja kirjo, sekä se, että altistuskokeessa ei voitu osoittaa tuulivoimaloiden infraäänellä olevan suoria elimistövaikutuksia viittaavat siihen, että oireilua selittävät muut tekijät kuin tuulivoimaloiden infraääni.

TUTKIMUKSEN johtopäätösten mukaan oireilua voi selittää tuulivoimaloiden kokeminen häiritseväksi ja niiden pitäminen terveysriskinä. Toisaalta on mahdollista, että oireet ja sairaudet, jotka eivät liity tuulivoimaloiden infraääneen, tulkitaan niistä johtuviksi. Tulkintoihin vaikuttaa myös julkinen keskustelu. Samanlaisia monimuotoisia oireita hyvin pienillä altistustasoilla on liitetty myös muihin ympäristötekijöihin, kuten sähkömagneettisiin kenttiin, jolla ei ole tunnettuja terveysvaikutuksia. (Maijala ym. 2020.)

Tuulivoimaloiden ääntä säännellään kattavasti

SUOMALAISET viranomaiset ovat luoneet laadukkaat ja kattavat ohjeistukset voimaloiden äänen sääntelyyn. Tuulivoimaloiden äänen mallintamiseen ja mittaamiseen on olemassa ympäristöministeriön yksityiskohtainen ohjeistus (ympäristöministeriö, 2014), joiden avulla äänen leviäminen lähiympäristöön mallinnetaan suunnitteluvaiheessa. Mallinnustulosta verrataan valtioneuvoston asetukseen tuulivoimaloiden ulkomelutason ohjearvoista (1107/2015), jossa määritetään sallittu kuultava äänentaso asunnon piha-alueella. Lisäksi ohjeissa edellytetään mallintamaan erikseen matalataajuisen äänen leviäminen.

SUOMESSA käytössä oleva valtioneuvoston asetus (1107/2015) määrittää sallitun kuultavan äänentason piha-alueilla, ja tuulivoimaloille on säädetty asetuksessa 5-10 dB tiukemmat ohjearvot kuin muille ympäristömelun lähteille (valtioneuvoston päätös 993/1992). Tämän lisäksi myös sosiaali- ja terveysministeriön sisätiloissa sallittuja ääniä koskeva ohjearvoasetus (545-2015) koskee tuulivoimaa siinä missä muitakin äänilähteitä.

MALLINNUSOHJEITA on testattu Suomessa käytännössä ja ohjeen mukaisten äänimallinnusten on todettu vastaavan hyvin käytännön mittaustuloksia. Ääntä on esimerkiksi vuosina 2014-2015 mitattu usealla käynnissä olevalla tuulivoima-alueella ja voimaloiden ääni on samalla mallinnettu edellä mainittua ohjeistusta käyttäen. Tulokset osoittavat, että mallinnustulokset vastaavat erittäin hyvin mittaustuloksia, mallinnuksen hieman liioitellessa matalia taajuuksia. (Hongisto, Keränen & Oliva 2017.) Ääntä on mitattu useassa mittauskohteessa myös sisällä. Mittaukset osoittivat kaikissa kohteissa, että myös sosiaali- ja terveysministeriön asuntojen sisätiloille asettamat raja-arvot alittuivat.

SUURIN osa Suomeen rakennetuista hankkeista on toteutettu hyvässä yhteisymmärryksessä lähiasukkaiden kanssa, eikä tuulivoimaloista ole koettu häiriötä. Huoli minkä tahansa äänen tai asian terveysvaikutuksista voi kuitenkin tuottaa oirekokemuksia ja stressiä. Onkin tärkeää, että luotettavasta vertaisarvioidusta tieteellisestä tutkimuksesta viestitään ymmärrettävästi ja kansantajuisesti, jotta oikeaa tietoa olisi helposti saatavilla.

Lähteet

- Hongisto, V., Radun, J., Rajala, V., Maula, H., Keränen, J. & Saarinen, P. 2020. *Miksi ympäristömelu häiritsee? Anojanssi-projektin loppuraportti*. Turun ammattikorkeakoulu.
- Hongisto, V., Suokas, M., Varjo, J. & Yli-Kätkä, V-M. 2015. *Tuulivoimamelun häiritsevyys kahdella tuulivoima-alueella*. Ympäristö ja terveys -lehti 6, 2015, 46. vsk.
- Hongisto, V. 2014. *Tuulivoimamelun terveysvaikutukset*. Työterveyslaitos.
- Hongisto, V. & Oliva, D. 2017. *Tuulivoiman infraäänien ja terveysvaikutukset*. Turun ammattikorkeakoulu.
- Hongisto V, Keränen J, Oliva D. 2017. *Indoor noise annoyance due to 3-5 MW wind turbines - an exposure-response relationship*. J. Acoust. Soc. Am. Accepted for publication 27 September 2017.
- Lanki, T., Turunen, A., Majjala, P., Heinonen-Guzejev, M., Kännälä, S., Toivo, T., Toivonen, T., Ylikoski, J. & Yli-Tuomi, T. 2017. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. 28/2017. *Tuulivoimaloiden tuottaman äänen vaikutukset terveyteen*.
- Leventhall, G. 2007. *What is infrasound*. Progress in Biophysics and Molecular Biology, vol 93.
- Majjala, P., Turunen, A., Kurki, I., Vainio, L., Pakarinen, S., Kaukinen, C., Lukander, K., Tiittanen, P., Yli-Tuomi, T., Taimisto, P., Lanki, T., Tiippana, K., Virkkala, J., Stickler, E., Sainio, M. 2020. *Infrasound Does Not Explain Symptoms Related to Wind Turbines*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta.
- Michaud, D.S., Feder, K., Keith, S.E., Voicescu, S.A., Marro, L., Than, J., Guay, M., Denning, A., McGuire, D., Bower, T., Lavigne, E., Murray, B.J., Weiss, S.K. & van den Berg, F. 2016. *Exposure to wind turbine noise: Perceptual responses and reported health effects*. J. Acoust. Soc. Am. 139 (3).
- OH 2/2014 Tuulivoimaloiden melun mallintaminen
- OH 3/2014 Tuulivoimaloiden melupäästön todentaminen mittaamalla
- Radun, J., Maula, H., Saarinen, P., Keränen, J., Alakoivu, R., Hongisto, V. 2021. *Health effects of wind turbine and road traffic noise on people living near wind turbines*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 157 112040 (13 pp).
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista (545-2015)
- Tachibana, H., Yano, H., Fukushima, A. & Sueoka, S. 2014. *Nationwide field measurements of wind turbine noise in Japan*. Noise Control Engr. J 62 (2).
- Turunen, A., Tiittanen, P., Yli-Tuomi, T., Lanki, T., Korhonen, M J. 2022. *Reseptilääkkeiden käyttö tuulivoimatuotantoalueiden ympäristössä*.
Valtioneuvoston asetuksella tuulivoimamelun ohjeistoista (1107/2015)

Lyhyesti tuulivoiman äänestä

- Tuulivoimaloiden äänen voimakkuuteen vaikuttavat monet tekijät, kuten voimalatyyppi, tuulen voimakkuus ja suunta sekä maaston muoto ja kasvillisuus. Isompi ja tehokkaampi voimala ei tarkoita kovempaa ääntä, vaan uusi ja tehokkaampi voimala on usein vanhempaa voimalaa hiljaisempi.
- Tuulivoimaloiden äänen terveysvaikutuksia asuinympäristössä on tutkittu sekä kansainvälisesti että Suomessa, ja nykyisen tutkimustiedon mukaan tuulivoimaloiden äänellä ei ole havaittu suoria terveysvaikutuksia. Kuultavan äänen häiritsevyys on ainoa tuulivoiman äänen terveysvaikutus.
- Suomessa on viime vuosien aikana tutkittu laajasti tuulivoimaloiden äänen vaikutusta terveyteen. Tutkimuksissa on selvinnyt mm. seuraavaa:
 - tuulivoimaloiden lähellä asuvilla ihmisillä ei ole esiintynyt sairauksia tai oireita enempää kuin vertailualueella, kun voimalat on sijoitettu ohjearvojen mukaisesti eikä melutaso ylitä 40 dB (A) (Radun ym. 2021)
 - tuulivoimaloiden lähellä asumiseen ei ole havaittu liittyvän sellaista terveyshaittaa, joka näkyisi lääkehoitoa vaativina oireina tai sairauksina (Turunen ym. 2022)
- Tuulivoimaloiden infraäänien äänenpainetasoja on mitattu ympäri maailmaa, myös meillä Suomessa. Mittaustulokset osoittavat poikkeuksetta, että tuulivoimaloiden tuottama infraääni jää selkeästi alle kuulokynnyksen (mm. Hongisto & Oliva 2017; Lanki ym. 2017.; Tachibana ym 2014). Tutkimusten mukaan infraäänien pitäisi olla korvin kuultavissa, jotta sillä olisi vaikutuksia terveyteen. (mm. Lanki ym. 2017; Leventhall 2007)