



# Tuulivoimaloiden infraäänien terveysvaikutukset

# Työ- ja elinkeinoministeriön selvitys 2017:

## *Tuulivoimaloiden tuottaman äänen vaikutukset terveyteen*

- Taustalla kansallinen energia- ja ilmastostrategia (2016):
  - ”Työ- ja elinkeinoministeriö teettää riippumattoman ja kattavan selvityksen tuulivoiman terveys- ja ympäristöhaitoista ennen tuotantotukea koskevan lain valmistelua.”
- Rahoittajat TEM ja STM
- Tekijät THL, VTT Oy, STUK, HY, Helsinki Ear Institute
- Tuulivoimaloiden kuuluvan äänen tai infraäänen yhteydestä oireiluun (esim. päänsärky ja muut säryt, pahoinvointi, huimaus, uupumus, unihäiriöt, paineen tunne korvassa, tinnitus sekä rytmihäiriöt) **ei ole tieteellistä näyttöä.**
- Tutkimuksia erityisesti pitkäaikaisen altistumisen vaikutuksista on varsin vähän, joten **lisätutkimukset ovat perusteltuja.**

# VN TEAS -hanke 2018–2020:

*Tuulivoimaloiden ääni, sen fysiologiset vaikutukset, häiritsevyys ja yhteys sairauksiin*

- Jatkoa työ- ja elinkeinoministeriön 2017 rahoittamalle selvitykselle
- Rahoittaja Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta
- Tekijät VTT Oy, HY, TTL, THL
- Tavoitteena on selvittää, **onko tuulivoimaloiden tuottamalla äänellä haitallisia vaikutuksia ihmisten terveyteen**
  - millainen altiste tuulivoimaloiden tuottama ääni on erityisesti sisätiloissa
  - miten yleistä tuulivoimaloiden infraääneen yhdistetty oireilu on tuulivoimaloiden läheisyydessä ja mitkä tekijät ovat yhteydessä oireiluun
  - miten tuulivoimaloiden tuottama ääni vaikuttaa ihmiseen (äänen havaitseminen, fysiologiset vasteet, vasteita ja oireilua selittävät tekijät)



# Pitkäaikaismittaukset 1/2



- Asumaton hirsitalo Kurikassa 1,6 km:n etäisyydellä Ilmajoen Santavuoren lähimmästä tuulivoimalasta
  - 17 kpl Vestas (3,3 MW) tuulivoimaloita
- Asumaton tiiliverhoiltu talo 1,5 km:n etäisyydellä Raahen Kopsan lähimmästä tuulivoimalasta
  - 7 kpl Siemens (3,0 MW) ja 10 kpl Vestas (3,3 MW) tuulivoimaloita
- Ääntä tallennettiin yhteensä 308 vuorokautta
  - tuulivoimatuotantoalueelta ja samanaikaisesti lähellä sijaitsevien rakennusten sisä- ja ulkopuolelta
  - taajuusalueella 0,05–20 000 Hz
  - mittauksissa myös sääasema
  - tuulivoimaloiden tuotantotiedot käytettävissä



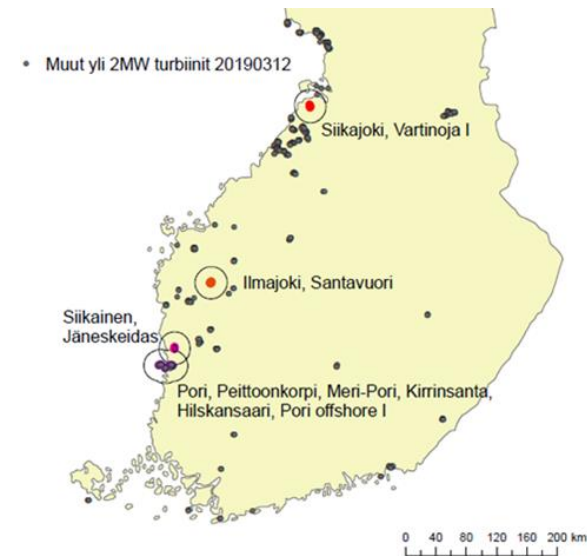
## Pitkäaikaismittaukset 2/2



- Tuulivoimatuotantoalueella keskiäänitaso oli 74 dB (A-painotettuna 52 dB), mikä on
  - samaa suuruusluokkaa kuin kaupunkiympäristöissä ja aiemmissa mittauksissa
- Talojen sisällä keskiäänitaso oli Kopsassa 67 dB (A-painotettuna 35 dB) ja Kurikassa 75 dB (A-painotettuna 37 dB).
- Talojen sisällä ja pihalla infraäänen (0–20 Hz) keskiäänitaso oli 42–97 dB (A-painotettuna 29–55 dB), mikä on
  - enemmän kuin luonnontilaisessa metsässä ja samaa suuruusluokkaa kuin kaupunkiasunnoissa
- Alle 2 Hz:n taajuusalueella 10 minuutin keskiäänitason maksimit olivat Kopsassa 84 dB ja Kurikassa 102 dB
  - tunnetut havaitsemiskynnykset ulottuvat taajuuteen 4 Hz, jossa kynnyks on 107 dB

# Kyselytutkimus 1/3

- Valittiin 4 tuulivoimatuotantoaluetta, joilla tiedettiin ennakkokyselyn perusteella olevan eniten tuulivoimaloiden tuottamaan infraääneen liitettyjä ongelmia
  - Ilmajoki (Kurikka), Santavuori
  - Siikainen (Merikarvia), Jäneskeidas
  - Pori, Peittoonkorpi + 4 pienempää aluetta
  - Siikajoki, Vartinoja I
    - Turbiinien nimellisteho alueilla 2,7–4,5 MW
- Digi- ja väestötietoviraston satunnaisotanta
  - yksi aikuinen henkilö 400 kotitaloudesta jokaiselta etäisyysvyöhykkeeltä ( $\leq 2,5$  km,  $> 2,5$ –5 km,  $> 5$ –10 km,  $> 10$ –20 km) ja kultakin tuulivoimatuotantoalueelta
    - otanta 4 847 henkilöä



# Kyselytutkimus 2/3

- Vastausaktiivisuus 28 % (n=1 351)
  - lisäksi 10 % ei-vastanneista haastateltiin puhelimitse
- Omat oireensa tuulivoimaloiden infraääneen yhdisti
  - 15 % (34 henkilöä 227:stä) lähimmällä etäisyysvyöhykkeellä ( $\leq 2,5$  km) asuvista
  - 5 % (70 henkilöä 1 293:sta) koko tutkimusalueella ( $\leq 20$  km)
- Infraääneen liitettyjen oireiden kirjo oli hyvin laaja.
  - korvaoireet kuten tinnitus ja paineen tunne korvassa 49 %
  - unihäiriöt 45 %
  - sydänoireet kuten rytmihäiriöt 26 %
    - muutamia/yksittäisiä: ahdistuneisuus, uupumus, korkea verenpaine, nivel- tai muut kivut, pahoinvointi, keskittymisvaikeudet, silmävaivat, ihoärsytys, mahavaivat, matala ruumiinlämpö, stressi, ärtyneisyys, masennus, raajojen puutuminen, aivosumu, paineen tunne aivoissa, astma, aivohalvaus, ärtyvän suolen oireyhtymä, fibromyalgia ja kaihi
  - päänsärky 24 %
  - huimaus 21 %

# Kyselytutkimus 3/3

- Tuulivoimaloiden infraääneen oireitaan liittävästä
  - puolet ilmoitti oireilevansa usein (vähintään useamman kerran viikossa)
  - kolmasosa luokitteli oireensa vakaviksi
  - lähes 70 % koki häiriötä myös kuuluvan äänen vuoksi
  - lähes puolet yhdisti oireensa myös tuulivoimaloiden tuottamaan tärinään ja sähkömagneettiseen kenttään
- Tuulivoimaloiden infraääneen oireitaan liittävät mm.
  - asuivat keskimäärin lähempänä tuulivoimaloita
  - raportoivat yleisemmin kroonisia sairauksia sekä toiminnallisia oireita ja häiriöitä
  - kokivat tuulivoimalat yleisemmin häiritseviksi
  - pitivät tuulivoimaloita yleisemmin terveysriskinä

kuin henkilöt, jotka eivät liittäneet oireitaan tuulivoimaloiden infraääneen.





# Kuuntelukokeet 1/4

- 27 osallistujaa, joista
  - 10 ilmoitti saavansa oireita tuulivoimaloiden infraäänestä
  - 1 ilmoitti saavansa oireita tuulivoimaloiden kuuluvasta äänestä
  - 16 henkilöllä ei ollut oireita tuulivoimaloihin liittyen
- Rekrytointi oli haastavaa (kysely, järjestöt, paikallismediat)
- Käytettiin pitkäaikaismittauksissa tallennettuja ääninäytteitä tuulivoimatuotantoalueilta, asuntojen pihoilta ja asuntojen sisältä.



# Kuuntelukokeet 2/4

- Kuulotesti
- Infraäänen havaitsemiskoe: onko näytteissä eroa
- Infraäänen häiritsevyyuskoe: onko näyte häiritsevempi kuin meren kohina
- Erilliset koeosiot
  - 7 min. ääninäyte jossa tuulivoimaloiden infraääntä + luontovideo ja 7 min. ääninäyte ilman infraääntä + luontovideo
  - 5 min. ääninäyte ilman infraääntä + väittämä, että infraääntä esitetään ja 5 min ääninäyte ilman infraääntä + väittämä, että infraääntä ei esitetä
- Kylmärasitusko (cold pressure test)
- Fysiologiset mittaukset
  - rekisteröitiin tahdosta riippumattoman hermoston stressivasteita, muun muassa sydämen sykkeen, sykevälivaihtelun ja ihon sähköjohtavuuden muutosten avulla
- Tutkimuksen eri osioiden jälkeen osallistujia pyydettiin arvioimaan tehtävänäikaista stressitasoaan asteikolla 0–10 ja kirjattiin muistiin mahdolliset tutkittavien raportoimat oireet.



# Kuuntelukokeet 3/4

- Osallistujat
  - eivät kyenneet havaitsemaan infraäänen esiintymistä tuulivoimaloiden äänessä
  - eivät kokeneet tuulivoimaloiden ääntä häiritsevämpänä, vaikka se sisälsi infraääntä
    - häiritsevyyttä lisäsi suurempi äänenpainetaso ja merkityksellinen sykintä
- Tahdosta riippumattoman hermoston stressiä ilmentävissä vasteissa ei nähty eroa sen suhteen, oliko esitetyssä ääninäytteessä infraääntä vai ei, tai annettiinko väittämä, että infraääntä oli läsnä.

## Kuuntelukokeet 4/4

- Osallistujat, jotka ilmoittivat saavansa oireita tai sairautentunnetta tuulivoimaloiden infraäänestä
  - ilmoittivat koepäivän edetessä kuormittuvansa muita enemmän
  - ilmoittivat haittaoireista, mutta oireilu liittyi luontovideoihin ja tuulivoimaloiden ääni, joista oli poistettu infraääni
  - ilmoittivat haittaoireista, kun näytteessä väitettiin olevan infraääntä
- Fysiologisten vasteiden osalta pieni osallistujamäärä sekä suuri yksilöllinen vaihtelu kokeen aikana ja yksilöiden välillä heikentävät niiden hyödyllisyyttä stressireaktioiden arvioimisessa.

# Pohdintaa 1/2

- Hankkeessa ei saatu näyttöä tuulivoimaloiden infraäänien terveysvaikutuksista.
- Oireilua selittävät todennäköisesti muut tekijät kuin tuulivoimaloiden infraääni, koska
  - altistustaso on pieni ja eikä terveysvaikutuksia tunneta niin pienillä altistustasoilla
  - näin monen tyyppiset ja eri elinjärjestelmiin liittyvät oireet eivät ole selitettävissä fyysikaalisen altistumisen suorilla elimistövaikutuksilla
  - altistuskokeessa ei voitu osoittaa tuulivoimaloiden infraäänellä olevan suoraa elimistövaikutuksia
- Esimerkiksi sähkömagneettisiin kenttiin liittyen on raportoitu samanlaisia monimuotoisia oireita hyvin pienillä altistustasoilla tai tilanteissa, joissa henkilö kokee altistuvansa.



## Pohdintaa 2/2

- Henkilöillä, jotka yhdistävät oireensa tuulivoimaloiden infraääneen on **todellisia, elämänlaatua heikentäviä oireita**, joiden lieventämiseksi tarvitaan toimenpiteitä.
- Oireilun aiheuttajasta riippumatta
  - Tuulivoimaloiden kuuluvan äänen, valojen ja vilkkuvan varjostuksen aiheuttama häiriö tulisi olla mahdollisimman vähäistä, kun tavoitteena on vähentää oireita ja haittaa.
  - Lähialueiden asukkaita tulee kuulla jo tuulivoimantuotantoalueen suunnitteluvaiheessa.

- Suomenkielinen Policy Brief  
<https://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=34903>
- Englanninkielinen loppuraportti:  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-907-3>
- <https://tietokayttoon.fi/en/-/tuulivoimaloiden-aani-sen-fysiologiset-vaikutukset-hairitsevyys-ja-yhteys-sairauksiin>
- Tieteelliset artikkelit:
  - Turunen et al. 2021. Symptoms intuitively associated with wind turbine infrasound. *Environmental Research* (192), 110360.
  - Maijala et al. 2021. Annoyance, perception, and physiological effects of wind turbine infrasound. *Journal of the Acoustical Society of America* (in press).

## Tulossa maailmalta 1/2

- National Health and Medical Research Council of Australia (NHMRC) rahoitti vuonna 2016 tuulivoimaloiden terveysvaikutusten tutkimusta (3,3 milj. AUD)
  - Woolcock Institute of Medical Research & University of New South Wales: tuulivoimaloiden infraäänen vaikutukset uneen, kognitiiviseen suorituskyykyyn, psyykkiseen terveyteen, stressiin ja sydän- ja verisuoniterveyteen (kaksi kokeellista tutkimusta, yksi tutkittavien kotona ja yksi laboratorio-olosuhteissa)
    - arvioitu saatavan päätökseen lokakuussa 2020
  - Flinders University: tuulivoimaloiden tuottaman äänen ja liikenteen äänen vaikutukset uneen (laboratorio-olosuhteissa)



## Tulossa maailmalta 2/2

- Nguyen et al. 2020. Human perception of wind farm vibration. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control* 39(1),17–27.
  - Tuulivoimaloiden aiheuttama tärinä oli mitattavissa 2,4–5 km:n etäisyydellä olevien asuinrakennuksien ikkunoissa, mutta se oli niin pientä, että se ei todennäköisesti heikennä asuinviihtyvyyttä.
- Hansen et al. 2019. Prevalence of wind farm amplitude modulation at long-range residential locations. *Journal of Sound and Vibration* 455, 136–149.
  - Amplitudimoduloitunut tuulivoimaloiden ääni oli havaittavissa 16 % ajasta päivällä ja 22 % ajasta yöllä 3,5 km:n etäisyydellä lähimmästä tuulivoimalasta.
- Liebich et al. 2020. A systematic review and meta-analysis of wind turbine noise effects on sleep using validated objective and subjective sleep assessments. *Journal of Sleep Research*.
  - Tuulivoimamelu ei vaikuttanut muusta melusta poikkeavasti objektiivisiin unen laatuun kuvaaviin paremetreihin.



# Kiitos!

<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/melu/tuulivoima-ja-melu>

