

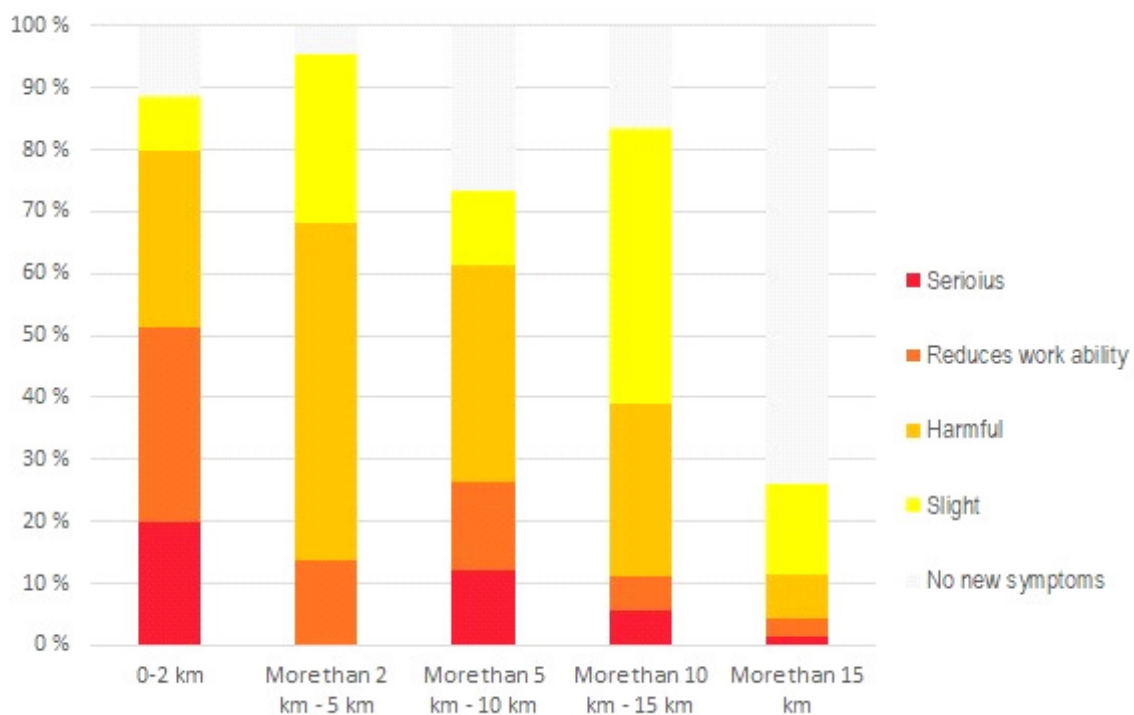


Tutkimuksen otos tehtiin kahdesta (2) eri rekisteristä yksinkertaisella satunnaisotannalla. Toinen rekisteri oli erään yrityksen asiakasrekisteri Pohjois-Pohjanmaalta, toinen erään yhdistyksen jäsenrekisteri Satakunnasta. Tutkimusaineiston keruumenetelmänä käytettiin haastattelua. Kyselytutkimuksessa oli mukana yhteensä 193 ihmistä 46 perheestä. He olivat alueilta, joille oli rakennettu ja otettu käyttöön tuulivoimaloita 0,5–3 vuotta ennen haastatteluhetkeä. Altistumisajan rajana pidettiin kolme vuotta, eikä otokseen hyväksytty perheitä, joiden altistumisaika oli ollut tätä pidempi. Haastattelua varten selvitettiin kunkin perheen etäisyys lähimpään voimalaan tai voimaloihin ja voimalan rakentamis-/käyttöönottoaika-kohta. Osa haastatelluista asui lähellä voimaloita, osa useiden kymmenien kilometrien päässä.

Lisäksi muodostettiin karttamallinnus tuulivoimaloiden infraäänien leviämisestä, jatkuvuudesta ja voimakkuudesta, ts. altistusvyöhykkeistä Suomen karttapohjalle (ks. kuvio 1).

The study was sampled from two (2) different registers by simple random sampling. One register was the customer register of a company in Northern Ostrobothnia, the other was a register of members of an association in Satakunta. An interview method was used as a method for collecting research material. A total of 193 people from 46 families participated in the survey. They came from areas where the wind turbines had been built and started 0.5–3 years before the interview. As the limit of the exposure time was kept three years, and no family with a longer exposure time was accepted to the sample of the study. The distance of each family to the nearest wind turbine(s) as well as the building and starting time of the wind turbine(s) were found out for the interview. Some of the interviewees lived near wind turbines, some at a distance of tens of kilometers.

In addition to that, a map model was developed to describe the exposure zones, in other words the propagation, continuity and magnitude of the wind turbine infrasound, on a map of Finland (see Figure 1).



Kuvio 2. Oireet suoran etäisyyden mukaan alle tai noin 15 km:n etäisyydellä lähimmästä tuulivoimalasta sekä kauempana, yli 15 km:n etäisyydellä.

Figure 2. Symptoms according to the direct distance less than or about 15 kilometers to the nearest wind turbine and further away, more than 15 kilometers to wind turbines.

Tilastollisena tutkimusmenetelmänä oli lineaarinen sekamalli, jota käytettiin aineiston tilastollisen merkitsevyyden testaamiseen. Ihmisten oireita selitettiin joko suoralla etäisyydellä (km) lähimpään tuulivoimalaan tai karttamallinnuksen altistusvyöhykkeellä. Selittäjinä olivat lisäksi käytetty rekisteri, henkilön sukupuoli, ikä ja ennakkotietoisuus tuulivoimaloiden mahdollisesta terveyshaitasta.

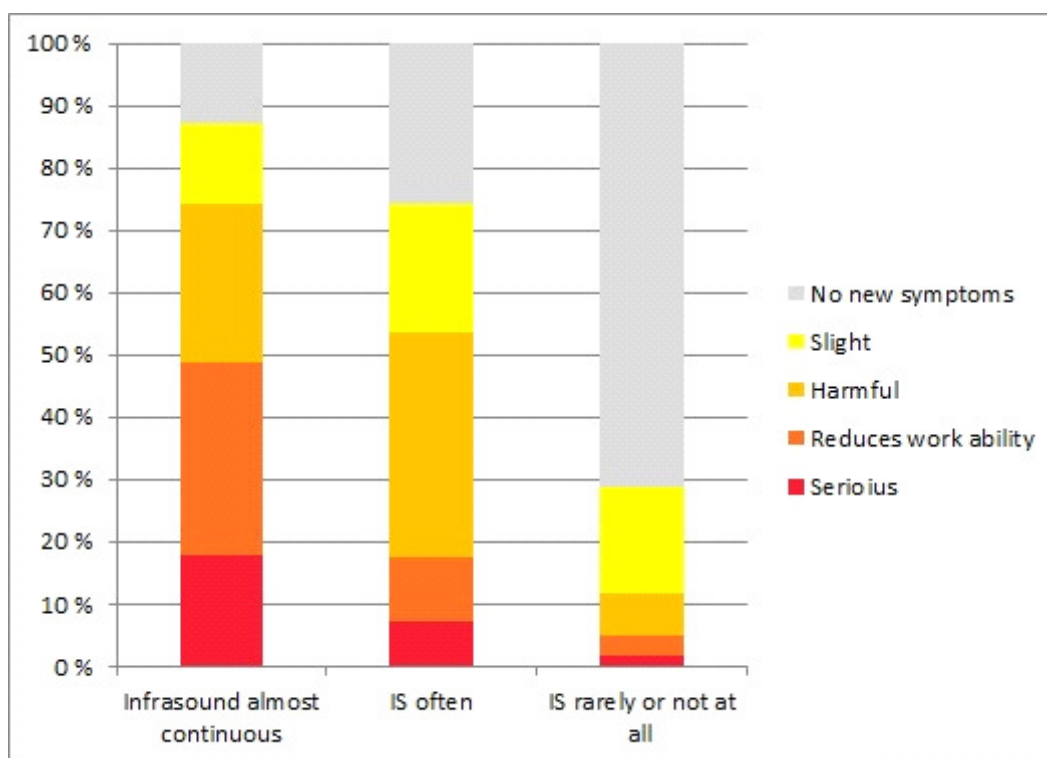
Alle 15 km:n etäisyys voimaloista oli jaettu visuaalisen tarkastelun vuoksi neljään (4) eri etäisyysluokkaan. Vastausten erot näiden kesken olivat pieniä ja poikkesivat selvästi vasta seuraavassa luokassa, jossa etäisyys lähimpään tuulivoimalaan oli yli 15 km (ks. kuvio 2). Haitallista tai vakavampaa oireilua oli selvästi enemmän alle tai noin 15 km:n etäisyydellä voimaloista kuin kauempana niistä.

Karttamallinnuksessa oli käytössä kolme (3) eri altistusvyöhykettä (ks. kuvio 3). Ensimmäisellä vyöhykkeellä lähimpänä voimaloita oli tuulivoimaloiden infraääntä kaikilla tuulen

As the statistical method of the study was used the linear mixed model to test the statistical significance of the research material. The symptoms of the people were explained either by the direct distance (km) to the nearest wind turbine or by the exposure zone of the map model. Other explanatory variables included the register used, the gender and age of the person and his or her awareness in advance of potential harmful health effects from wind turbines.

The distance less than 15 kilometers from wind turbines was divided in four (4) distance classes for a visual observation. The differences in answers between them were small and varied clearly only in the next class where the distance to the nearest wind turbine was more than 15 kilometers (see Figure 2). The harmful or severe symptoms were clearly more common less than or about 15 kilometers from wind turbines than further away.

The map model included three (3) different exposure zones (see Figure 3). In the first



Kuvio 3. Oireet lähes jatkuvassa tai usein kestävässä infraäänialtistuksessa karttamallinnuksen altistusvyöhykkeillä (alle tai noin 15 km tuulivoimaloista sekä kauempana, yli 15–20 km:n etäisyydellä voimaloista).

Figure 3. Symptoms of almost continuous or often persistent infrasound exposure in the exposure zones of the map model (less or about 15 km from wind turbines and further, more than 15–20 km from wind turbines).

suunnilla melko voimakkaana. Toisella vyöhykkeellä voimaloiden aiheuttamaa infraääntä oli usein, tuulen suunnasta johtuen. Kolmannen vyöhykkeeseen ei infraääntä voimaloista laskentamallin mukaan juuri tullut. Karttamallinnus selitti oireita paremmin kuin suora etäisyys lähimpään tuulivoimalaan.

Tilastollisissa analyysissä ei muodostunut merkitsevää p-arvoa suoraan etäisyyden mukaan (km) kasvavalle haitalle. Merkitsevä p-arvo saatiin kokonaisaltistusta kuvaavan karttamallinnuksen mukaiselle haitalle. Lisäksi oireita selittivät henkilön sukupuoli ja ikä. Muut taustamuuttujat eivät selittäneet oireita tilastollisesti merkitsevästi.

Tyypillisimpiä oireita olivat unen häiriintyminen tai yöunen tarpeen muuttuminen, väsymys ja erilaiset säröt.

Tutkimustulosten mukaan tuulivoimaloiden infraäänien aiheuttamaa terveyshaittaa oli huomattavasti enemmän karttamallinnuksen altistusvyöhykkeillä 1–2 kuin kauempana. Tutkimuksen tärkein tulos on, että riskietäisyys kasvaa voimaloiden korkeuden, määrän tai tehon kasvaessa tai ajan kuluessa pitkäaikaisaltistuksessa, ts. riskietäisyys vaihtelee olosuhteiden mukaan. Alueilla, joissa voimaloita oli eri puolilla asuinpaikkaa, terveyshaittoja ilmeni tämän pilottitutkimuksen tekoaikaan vallinneissa olosuhteissa 15–20 km:n etäisyydelle asti voimaloista.

Mahdollisen haitan syntyminen tulee siten tutkia riittävän pitkällä säteellä tuulivoimaloista ja huomioida kaikki ympäristössä olevat tuulivoimalat sekä tyypillisimmät tuulen suunnat. Tämä tutkimus vahvistaa Cerannan ja Pilgerin pitkäaikaistutkimuksen (2004–2016) tulokset koskien tuulivoimaloiden infraäänien leviämistä.

**Avainsanat:** tuulivoima, infraääni, terveys, terveyshaitta, Pohjois-Pohjanmaa, Satakunta, Suomi

zone nearest wind turbines there was quite strong infrasound in all wind directions. In the second zone there was wind turbine infrasound often, due to the wind directions. In the third zone there was almost no wind turbine infrasound according to the computational model. The map model explained symptoms better than the direct distance to the nearest wind turbine.

There was no significant p-value for the damage increasing directly according to the distance (km) in the statistical analysis. The significant p-value was reached for the damage according to the map model describing the total exposure. In addition to that, symptoms were explained by person's gender and age. Other background variables did not explain the symptoms statistically significantly.

The most typical symptoms were sleep disturbance or change in the need for night's sleep, fatigue and various pains.

The results of the study show that there were remarkably more harmful health effects caused by the wind turbine infrasound in the exposure zones 1–2 of the map model than further away. The most important result of this study is that the risk distance grows if the height, amount or efficiency of the wind turbines increases or with time in a long-term exposure. This means that the risk distance depends on the circumstances. In the areas with wind turbines around the residential area there were harmful health effects as far as about 15–20 kilometers from wind turbines under the circumstances when this pilot study was conducted.

Thus, the potential damage should be investigated within a sufficiently long radius of the wind turbines, taking into account all wind turbines in the vicinity as well as the most typical wind directions. This study confirms the results of a long-term study of Ceranna and Pilger (2004–2016) about the propagation of the wind turbine infrasound.

**Keywords:** wind power, infrasound, health, harmful health effect, Northern Pohjanmaa, Satakunta, Finland

**Kirjallisuus: / Literature:**

Ceranna, L. & Pilger, C. (2016). Der unhörbare Schall von Windkraftanlagen. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). [https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Erdbeben-Gefaehrdungsanalysen/Seismologie/Kernwaffenteststopp/Projekte/abgeschlossen/hufe\\_wka.html](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Erdbeben-Gefaehrdungsanalysen/Seismologie/Kernwaffenteststopp/Projekte/abgeschlossen/hufe_wka.html)

**Lisätietoja: / Additional information:**

Suomen ympäristöterveys ry [Finnish Association for Environmental Health]. <https://syte.fi>

Regions of Finland. (2019). [https://en.wikipedia.org/wiki/Regions\\_of\\_Finland#/media/File:Current\\_Regions\\_in\\_Finland\\_\(locations\).png](https://en.wikipedia.org/wiki/Regions_of_Finland#/media/File:Current_Regions_in_Finland_(locations).png)