Mitä tiedetään tuuli- ja aurinkovoiman monimuotoisuus- ja ympäristö-vaikutuksista?

Anne Tolvanen, Johanna Routa, Pasi Rikkonen

3.12.2025

Luke



Lisäselvitys Eduskunnan tulevaisuus-valiokunnalle: tuuli- ja aurinkovoiman ympäristö- ja monimuotoisuus-vaikutukset ja kesällä 2026 REPower-hankkeesta tulevat tarkastelut

- Tähän yhteenvetoon on koottu Luken tutkimustuloksia tuuli- ja aurinkovoiman ympäristö- ja monimuotoisuusvaikutuksista
- Luken REPower hankkeen lisäksi (https://www.luke.fi/fi/projektit/repower) käynnissä on SYKEN koordinoima ‘Puhtaan energiajärjestelmän siirtymä (REPower-CEST)’
  - REPower-CEST hankkeessa luodaan tietoperusta ja etsitään keinot puhtaan, kestävän ja oikeudenmukaisen energiasiirtymän toteuttamiseksi.
  - https://hiilineutraalisuomi.syke.fi/projektit/repower-cest/



Tuulivoiman monimuotoisuusvaikutukset

Vaikutusmekanismit:

- Ääni, valo, rakentamisen aikainen häiriö, näkyvyys
- Elinympäristöjen pirstoutuminen, heikkeneminen, tuhoutuminen

Miten vaikutukset näkyvät eläimistössä:

- Soidinkäyttäytyminen vähenee, alueiden välttäminen, pakeneminen, törmäykset
- Muutokset esiintymisessä, eloonjäämisessä, poikastuotossa

Kv. koostejulkaisu

- 63 % linnuista, 72 % lepakoista, 67 % maanisäkkäistä osoitti “siirtymistä” tuulivoiman läheisyydestä
- Vaikutukset ulottuivat keskimäärin 500 m – 5000 m etäisyydelle

- Huomattava vaihteluväli
  - Sama laji voi tilanteesta riippuen välttää ja suosia tuulivoima-alueita
  - Jos laji ei vältä, törmäysriski turbiineihin kasvaa

→ Muutoksia populaatiokoossa, lisäävät lajien uhanalaistumisriskiä



Tolvanen ym. 2023
https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110382

Aurinkovoiman monimuotoisuusvaikutukset

Hyvin vähän tieteellistä tutkimusta, Suomesta ei lainkaan

- Vaikutukset lähinnä maankäytön kautta
  - Elinympäristöjen häviäminen, pirstoutuminen, kulkuesteet
- Vaikutukset mikroilmaston muuttumisen kautta: kuumat saarekkeet paneelien välissä / varjostus ja sateettomuus niiden alla
- Suon kuivatus rakennettaessa turvemaille → vesistökuormitus kasvaa
- Mitä suljetumpi on ympäristön lähtötilanne (metsä), sen suurempi muutos lajistossa
- Törmäykset: linnut, hyönteiset voivat erehtyä luulemaan vesiympäristöksi (vähän tietoa)



Muhonen ym. 2024
https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-419-003-9

Voimalinjat säätelevät tuulivoimarakentamisen maankäytön hiilitasevaikutuksia ja kustannustehokkuutta

Voimalinjojen maankäyttövaikutus on suurempi kuin turbiinien vaikutus

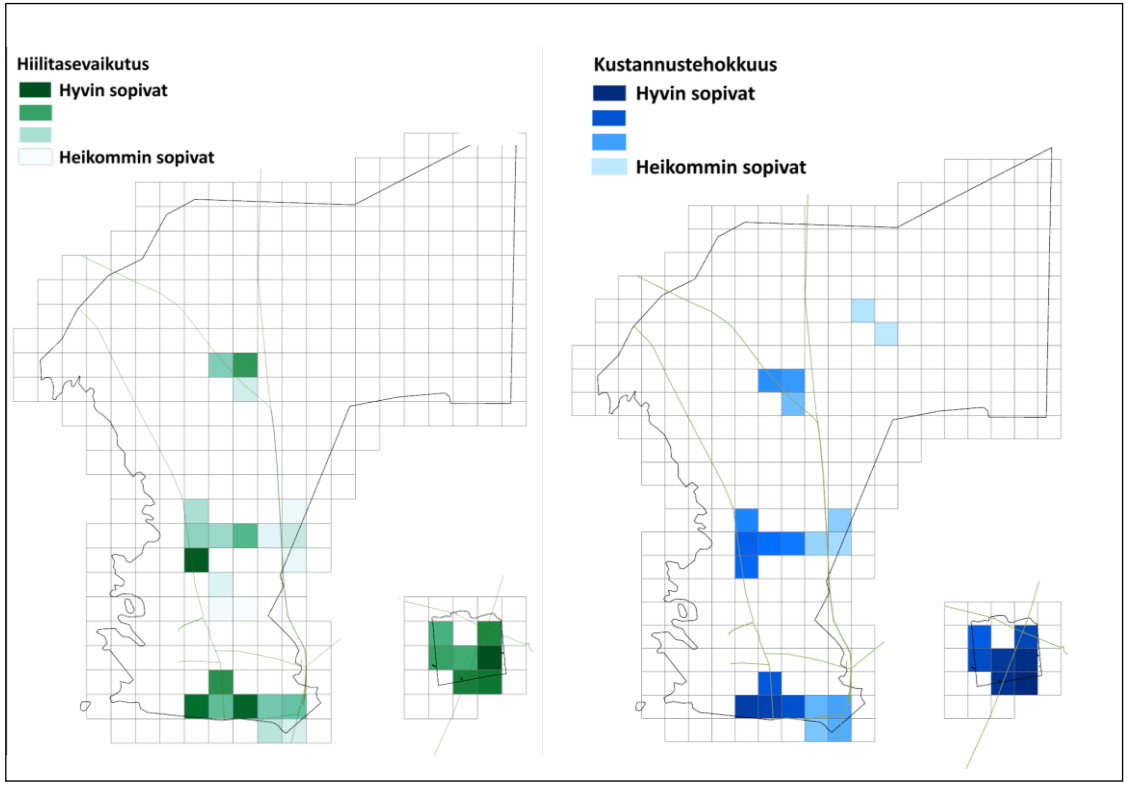
Jos alueella ei ole valmiiksi voimalinjoja ja tiestöä, maankäyttövaikutus kasvaa lisää

Kasvavan maankäytön myötä myös muut ympäristövaikutukset kasvavat, mm. monimuotoisuuteen

Optimaalinen tuulivoiman sijoitus Iin kunnassa, kun:

Turbiinien ja voimalinjojen maankäytön hiilivaikutus minimoitu

Rakentamisen kustannustehokkuus maksimoitu



Huom! Sijoittuvat samoihin paikkoihin. Jos voimalinjoja ei huomioida laskelmissa, turbiinien optimaaliset sijainnit ovat eri paikoissa.

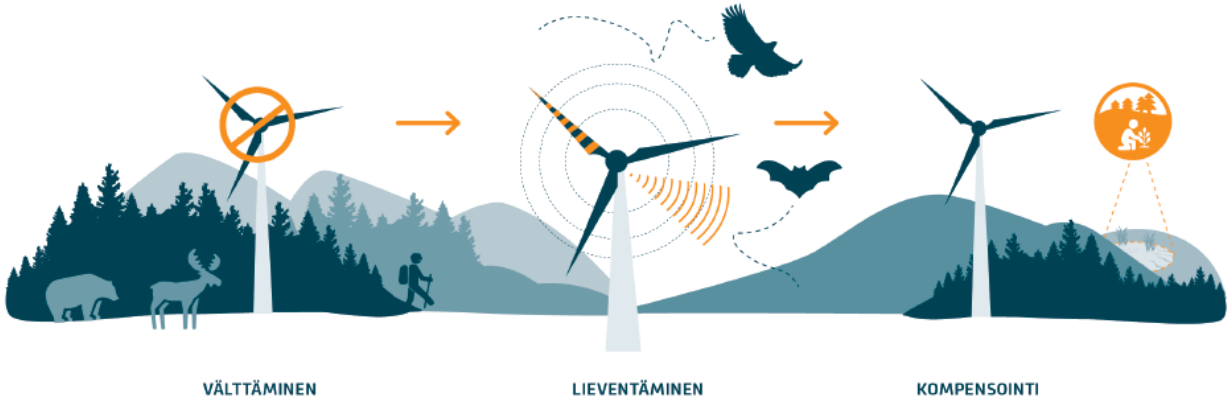
Tolvanen et al. 2025:
https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-419-049-7

© Luke

Miten voidaan vähentää haitallisia ympäristö- ja monimuotoisuusvaikutuksia?

© Luke

- Sijainninohjaus ja varovaisuusperiaate: rakennetaan taantuneille alueille ja kauas suojelualueista
  - Nyt projekteja myös suojelualueiden välittömässä läheisyydessä
- Lieventämishierarkia ja no-net-loss:
  - Arvokkaiden alueiden välttäminen, haittojen lievennys, kompensointi suojelemalla tai ennallistamalla



- Aurinkovoiman osalta mahdollisuuksia myös win-win-tilanteisiin
- Uusia avoimia elinympäristöjä → mahdollisuus harvinaistuneille kulttuuriympäristöjen lajeille (perhoset?)
- Yhteiskäyttö: kukkakasveja, mehiläistarhaus, lampaat jne.
- Agrovoltaics: aurinkovoimaa ja maataloutta



Aurinkopaneelien alla köllivät lampaat voivat olla tulevaisuutta: ne tekevät öisin tärkeää työtä

Aurinkomaatalous yhdistää sekä sähkön- että alkutuotannon. Suomessa alan pioneerityötä tehdään Etelä-Savossa.

Lampaiden mukana aurinkopuistoon on tullut lisää lintuja ja pörriäisiä.

SARI URSIN

25.8. 13:58

https://yle.fi/a/74-20106019

Vaikutukset ihmisiin ja luontoon ovat tärkeä tekijä hyväksyttävyyden kannalta

© Luke

Hyväksynnän kuusi elementtiä
Soveltuvat tuulivoiman ohella myös muuhun laajamittaiseen maankäyttöön



Tolvanen et al. 2024
https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-965-9

Vaikutuksia ihmisiin voidaan lieventää, ja sillä voi olla myös edullisia luontovaikutuksia

- Vältetään rakentamista syrjäisen loma-asutuksen läheisyyteen, jossa tuulivoiman hyväksyntä alhaisempaa kuin taajamissa (Pouta ym. 2024)
- Metsäiset ”maisemakilvet” asutuksen ympärillä eristävät ääntä (Heinonen ym. 2024, Selkimäki ym. 2024)
- Asukkailla kiinnostusta osallistua maisema-arvokauppaan maksamalla metsänomistajille peitteisestä metsänkasvatuksesta (maisemakilpi) (Mäntymaa ym. 2024)

Luke

Luken REPower hanke 2024-2026



WP1
Anne Tolvanen



Tuotetaan kattava vaikutusanalyysi tuuli- ja aurinkovoimainfrastruktuurin rakentamisen haitallisten vaikutusten minimoimiseksi sekä tuotetaan spatiaalisen optimoinnin avulla arvio siitä, missä tuuli- ja aurinkovoima aiheuttavat pienimmät kustannukset luontoarvojen menetyksen osalta. Lisäksi tutkitaan vastuullista uusiutuvan energian rakentamista, sosiaalista hyväksyttävyyttä ja eri maankäytön alueellisten erityispiirteiden yhteensovittamista (2 väitöskirjatutkijaa).

WP2
Lauri Sikanen



Tutkittua tietoa tuotetaan päätöksenteon tukemiseksi datapohjaisesta, energialähteiden käytön optimoinnista, jonka perustana on erilaisten tietolähteiden yhdistelmä. Tarkastellaan puupolttoaineiden käyttöä ja merkitystä Suomen energiantuotannossa , biogeenisen hiilen tarjontaa ja sen tulevaa kehitystä. Analysoidaan puupolttoaineiden roolia ja vaihtoehtoisten energialähteiden mahdollisuuksia sekä mahdollisuuksia vakauttaa Suomen energiajärjestelmää kysynnän ja tarjonnan heilahdellessa. (1 väitöskirjatutkija).

WP3
Jussi Lintunen



Arvioidaan uusiutuvan energian tuotannon ja tuotteiden taloudellista kilpailukykyä, niiden synergistä integrointia olemassa oleviin energiajärjestelmiin ja mahdollisuuksia parantaa resurssitehokkuutta. Vihreää siirtymää arvioidaan sektorimallin avulla, arvioidaan kannustimien soveltuvuutta ja kansantaloudellisia ja aluetaloudellisia vaikutuksia sekä arvonlisää. Tämä toteutetaan korostaen toimitusvarmuutta ja avointa strategista omavaraisuutta (1 väitöskirjatutkija).

Laaditaan tiekartta uusiutuvan energian kehittyvistä järjestelmistä osana Suomen energia-järjestelmää (2 Postdocia).

WP4
Mikko Weckroth

Ennakointityöpaketti kokoaa yhteen tulevaisuuspolkuja globaaleista, kansallisista ja alueellisista liikkeellepanevista voimista, joilla pyritään kilpailukykyiseen, teknis-taloudellisesti toteuttamiskelpoiseen ja sekä ekologisesti että sosiaalisesti kestävään tulevaisuuteen (1 väitöskirjatutkija).

WP5
Johanna Routa

Hallinto, raportointi ja viestintä

Luken REPower hankkeen tilanne:

- *Estimating future consumption of forest chips based on insights from energy producers: A case study for Finland Energy wood flows and the operational environment of supply chains in Finland: insights from a supplier survey*

- *Trade-offs and synergies between conservation and human values in the spatial placement of wind power plant*
- *Values and decision making of young forest owners*
- *A review of renewable energy scenarios in Europe: methodological approaches and societal elements amid geopolitical tensions*
- *The energy transition shaping the world order: Russia and Finland's geopolitical positioning*

- *Green Hydrogen Plant Investment and Electricity Market Impacts*
- *Developing a typology for regime-landscape dynamics in the interplay of geopolitics and energy transitions*
- *The role of multi-scalar agency in shaping regional energy transition pathways*
- *Energy Wood Procurement Potential of Untended Young Commercial Forests in Finland*
- *Biogenic CO_2 Supply and Forest Carbon Sink Development under KEITO LTS Scenarios*

TIETEELLISET ARTIKKELIT:

- Julkaistu **2** kpl
- Vertaisarvioinnissa **4** kpl
- Työn alla **5** kpl
- Suunniteltava na **4** kpl

TIEKARTTA:

- kirjoitetaan tällä hetkellä intensiivisesti
- valmistuu kesäkuussa 2026



Mitä seuraavaksi: tuulivoiman sijoittuminen ihmis- ja luontovaikutusten näkökulmasta

Väitöskirja: tuuli- ja aurinkovoiman sijainninohjaus

- Miten tuulivoima sijoittuu eri sähköntuotantoskenaarioissa ympäristöön, kun huomioidaan sekä ihmis- että luontovaikutukset? (Luukkonen ym. 2025 käsikirjoitus)
- Onko mahdollista sijoittaa tuuli- ja aurinkovoimaa eri skenaarioissa heikentämättömyysperiaatteen mukaisesti?
- Mihin saakka luontokompensaatio riittää?
- Mikä on heikentämättömyysperiaatteen hinta?



Luke

RePower

Euroopan unionin rahoittama
NextGenerationEU

Aiheesta tuotettuja julkaisuja ja käsikirjoituksia

© Luke

- Heinonen T, Selkimäki M, Rana P, Tokola T. (2024). How can optimized forest management plan regulate noise levels from wind turbines? European Journal of Forest Research, 143:1513-1524. https://doi.org/10.1007/s10342-024-01707-8 1.
- Luukkonen S, Räsänen A, Koivula M, Tolvanen A (2025). Synergies and trade-offs between biodiversity and social acceptance in the spatial allocation of wind power. Käsikirjoitus
- Muhonen T (toim.) 2024. Aurinkometsä -hankkeen loppuraportti 2. painos. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 108/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 52 s. http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-419-003-9
- Mäntymaa et al. 2024. People are willing to pay for climate- and biodiversity-friendly policies in Finland: Opportunities of wind power, forest management, and peatland restoration. Journal of Environmental Planning and Management https://doi.org/10.1080/09640568.2024.2364763
- Pouta E, Rajala T, Mäntymaa E, Kangas K, Hiedanpää J (2024) Does multidimensional distance matter? Perceptions and acceptance of wind power. Journal of Environmental Policy & Planning 26:47-59. https://doi.org/10.1080/1523908X.2023.2279053
- Selkimäki M, Riippi J, Rana P, Lamula L, Antila M, Heinonen T, Tokola T (2024) Forest landscape shield models for assessing audio-visual disturbances of wind turbines. Journal of Environmental Management 352: 120070. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120070
- Tolvanen et al. 2023. How far birds, bats, and terrestrial mammals displaced from onshore wind power development? – A systematic review. Biological Conservation https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110382
- Tolvanen A, Holttinen H, Aston J, Lampela M, Mathiesen KE, Merilä P, Peltonen L, Pouta E, Rudolph DP, Schmidt H, Tegen S, Tokola T, Hübner G (2024). Näin rakennat luottamusta: Kuusi tapaa vahvistaa tuulivoiman hyväksyntää. Luke Policy Brief 8/2024. Luonnonvarakeskus, 8 s. https://jukuri.luke.fi/handle/10024/555308