

VIHREÄ SIIRTYMÄ JA KULTTUURIYMPÄRISTÖT -SEMINAARI 23.10.2025
TIETEIDEN TALO, HELSINKI

SÄHKÖISTYVÄ YHTEISKUNTA JA UUSIUTUVAN ENERGIAN MAANKÄYTTÖ – REUNA-EHTOJA JA MAHDOLLISUUKSIA

Hanna Paulomäki
Energia ja yhteiskunta –tutkimusryhmä
Energiajärjestelmien tiedekunta
LUT yliopisto



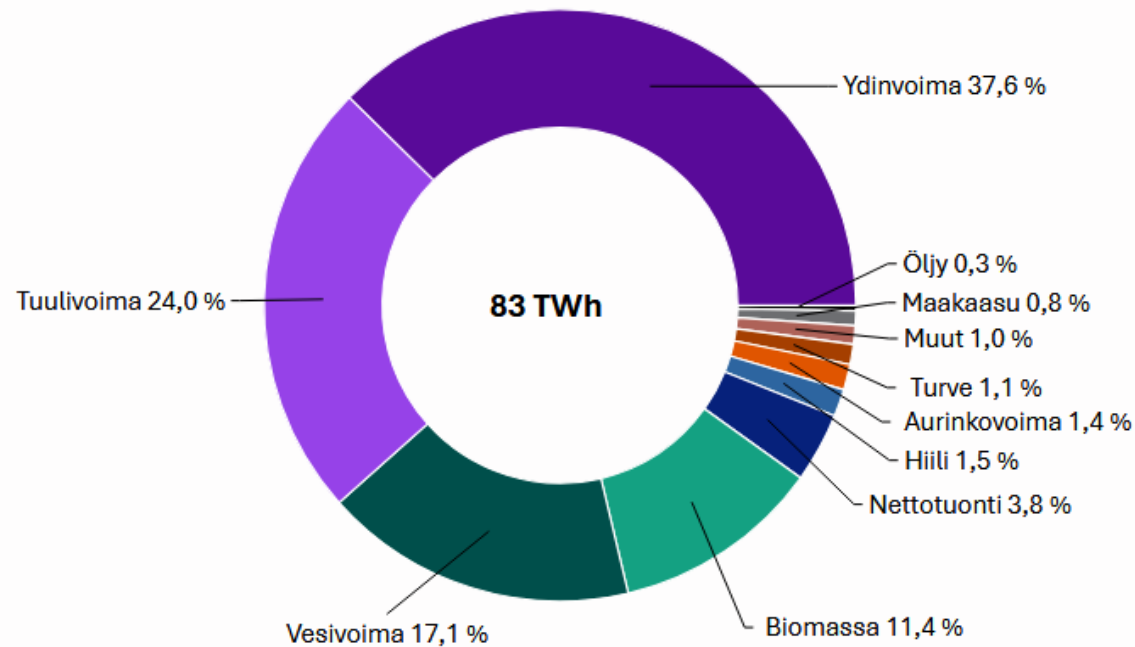
TAUSTA

- » Vähähiilinen sähkö ja sähköistäminen ovat keskeisiä keinoja saavuttaa päästövähennystavoitteet.
- » Sähkön tarve kasvaa nopeasti: mm. vetytalous, datakeskukset, liikenne ja lämmitys lisäävät kulutusta.
- » Uusiutuva energia vaatii suuria pinta-aloja, voi pirstoa elinympäristöjä ja muuttaa maisemia, mutta tarjoaa myös yhteensovittamismahdollisuuksia.
- » Olemme uudenlaisen teollistumisen äärellä, on tarve kokonaisvaltaiselle suunnittelulle, joka huomioi maankäytön, maiseman ja kestävyuden.

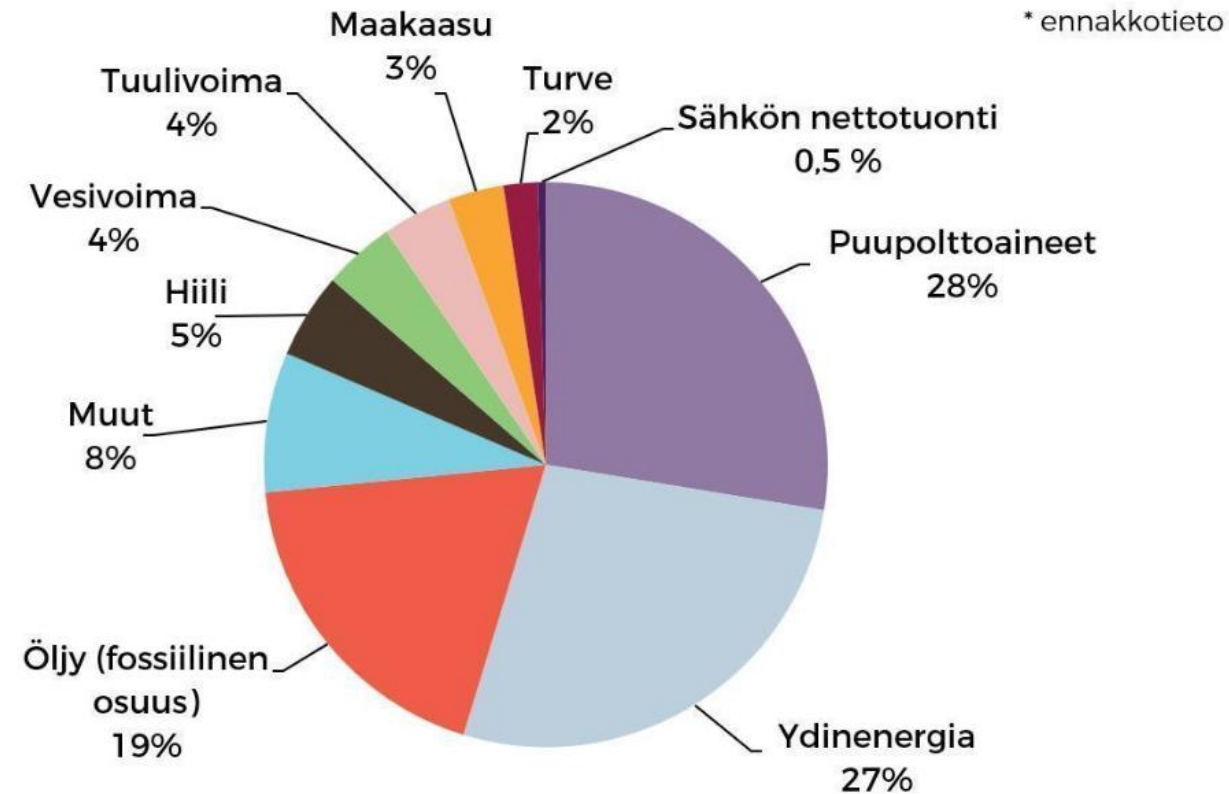


SÄHKÖN TUOTANTO JA ENERGIAN KOKONAISKULUTUS 2024

Sähkön tuotanto 83 TWh



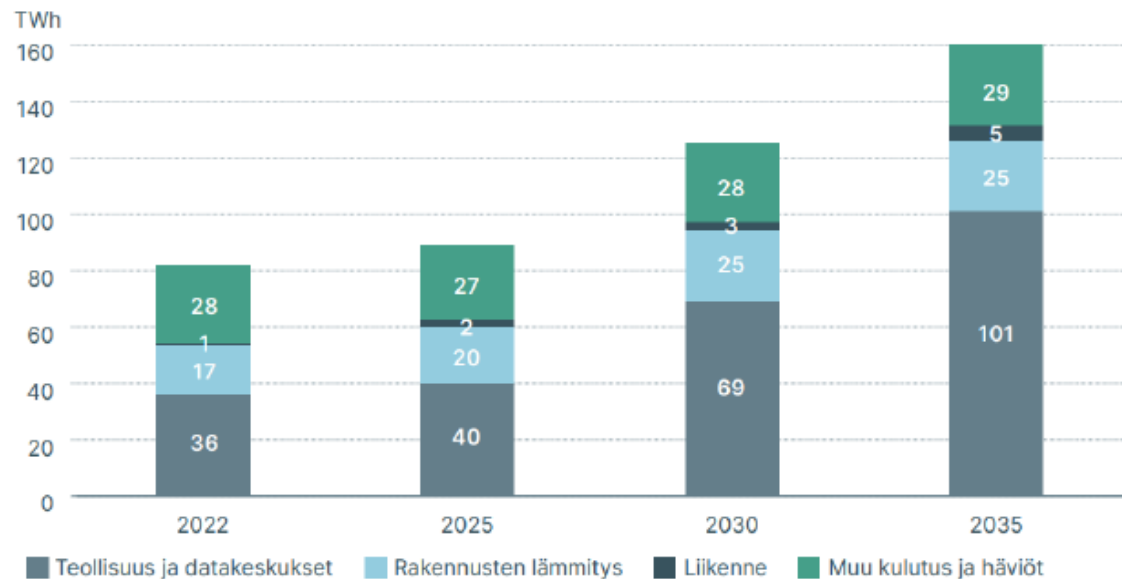
Energian kokonaiskulutus 359 TWh



Sähkön kulutuksen kehitys (TWh)

Fingridin ennuste, syyskuu 2024.

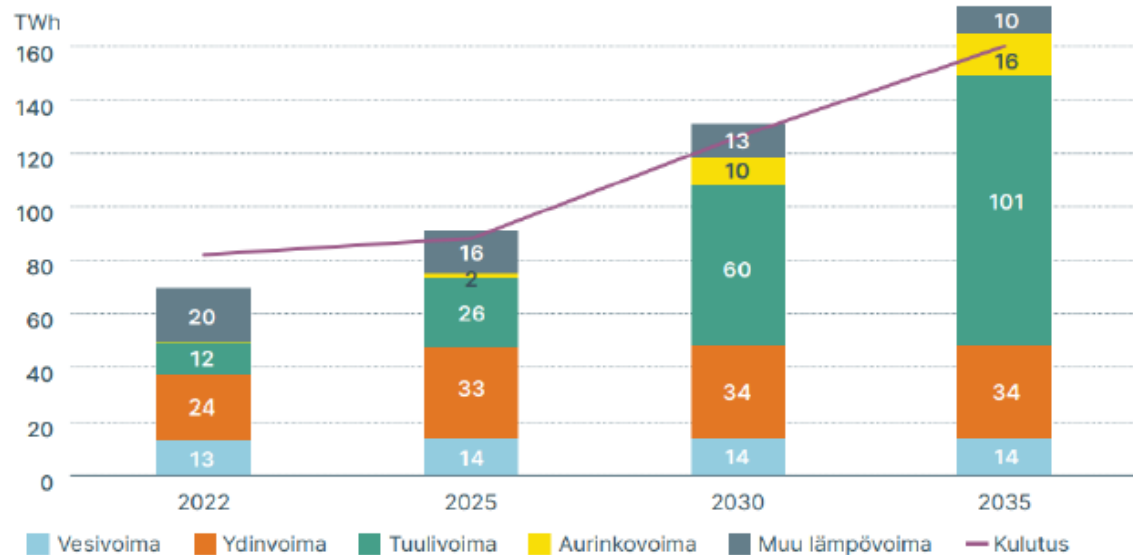
FINGRID



Sähkön tuotannon ennustettu kehitys (TWh)

Fingridin ennuste, syyskuu 2024.

FINGRID



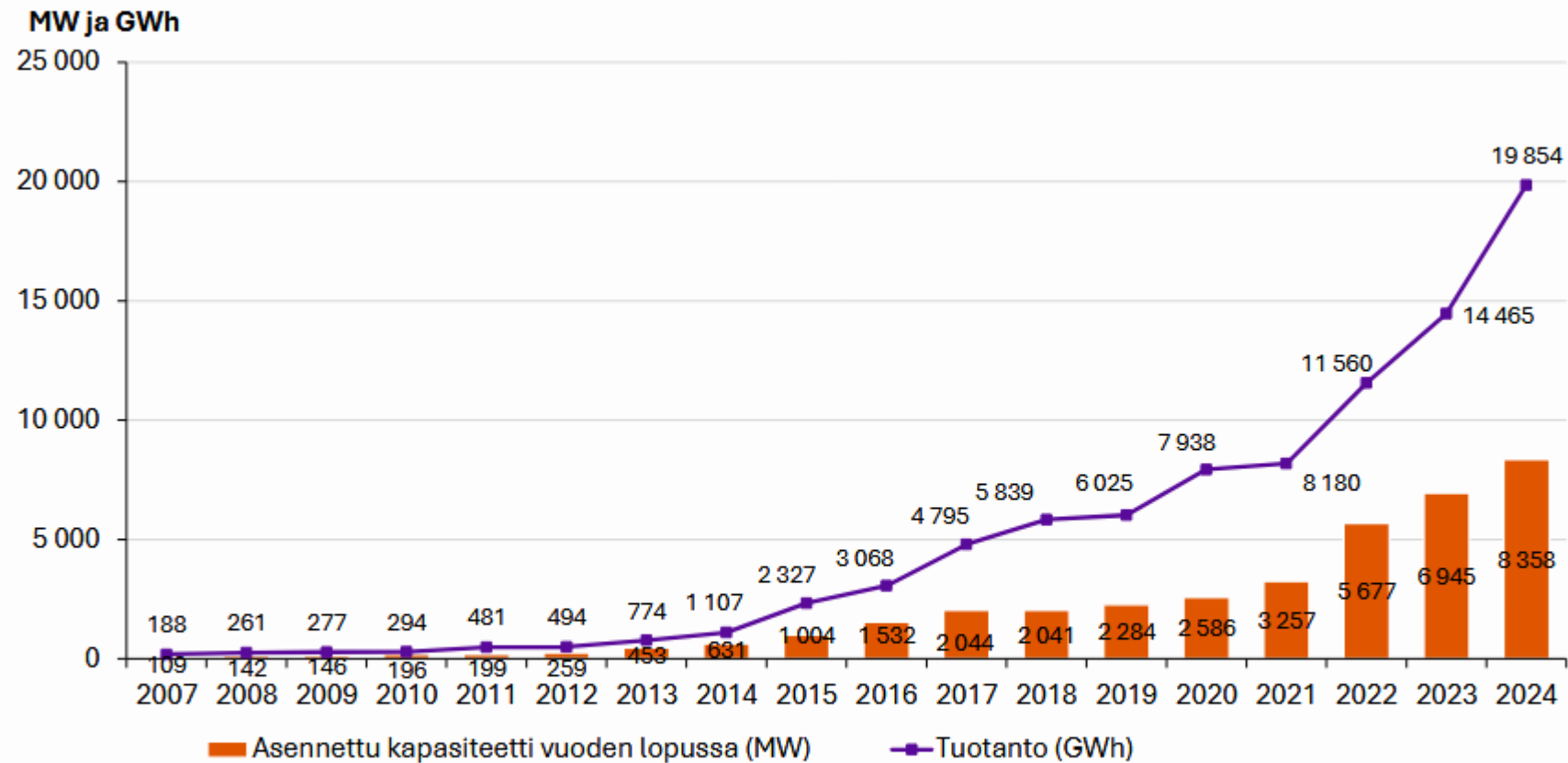
- » Fingrid arvioi, että sähkönkulutus lähes kaksinkertaistuu vuosien 2022 ja 2035 välillä.
- » Uusi sähköntuotanto perustuu vaihtelevaan uusiutuvaan energiaan → vaatii, paitsi pinta-alaa, myös lisää joustavia järjestelmiä ja varastoja.

ENERGIASIIRTYMÄN INVESTOINTIBUUMI:

TUULI, VETY JA DATAKESKUKSET VETUREINA

- Investointipotentiaali tuulivoimaan suuri (lähde: EK 2025):
 - Merituulivoima 98 230 M€ (2023: 57 800 M€)
 - Maatuulivoima 86 391 M€ (2023: 53 684 M€)
- Myös:
 - Vety 24 765 M€
 - Datakeskukset 21 926 M€
- Toisaalta:
 - Raaka-aineiden hinnat kasvaneet yli 40%, varsinkin merituulivoiman rakentaminen edelleen kallista, korkotaso ylhäällä, sähkön hinta ja hintatavoite alhaalla... Kaikki odotukset eivät toteudu.

TUULIVOIMATUOTANTO

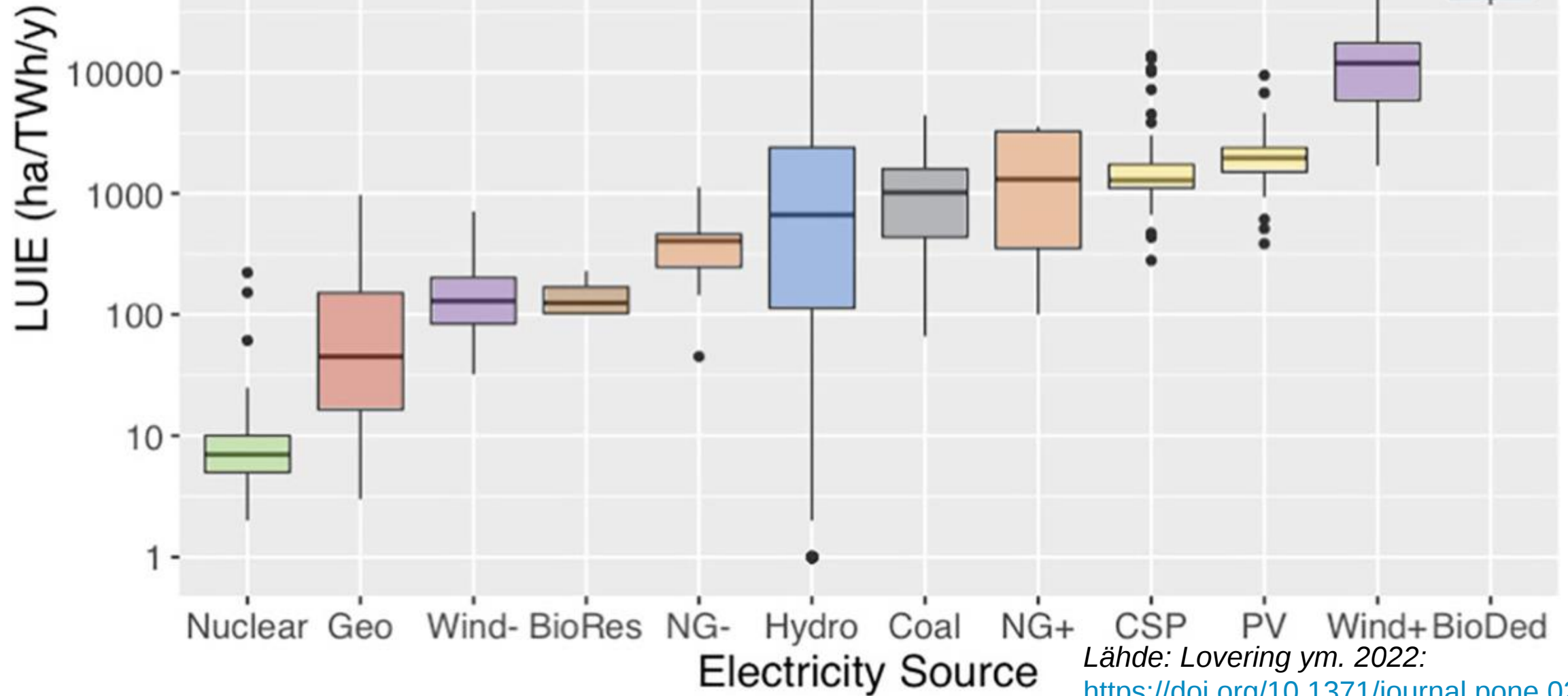




MIKSI MAANKÄYTÖN KYSYMYS ON TÄRKEÄ

- » **Uusiutuvan energian laajentaminen vaatii tilaa** – tuuli-, aurinko- ja siirtoverkkohankkeet kilpailevat maa-alasta muun maankäytön kanssa.
- » **Maisemat, luonto ja paikalliset yhteisöt** ovat usein suoraan sidoksissa maankäytön muutoksiin. Energiamurros luo sekä mahdollisuuksia että haasteita.
- » **Maankäytön ratkaisut määrittävät siirtymän vauhdin ja hyväksyttävyyden** – hyvä suunnittelu ehkäisee ristiriitoja ja nopeuttaa luvitusta.
- » **Yhteensovittaminen on avain kestävyys** – energiahankkeet, asuminen, muu ihmistoiminta (matkailu, ruoantuotanto...), ja luonnonsuojelu on sovitettava samaan tilaan.
- » **Uusiutuvan energian spatiaalinen tehokkuus** – kuinka paljon sähköä voidaan tuottaa pinta-alaa kohden on tärkeä, auttaa hyödyntämään rajallista maa-alaa mahdollisimman viisaasti ja kestävästi.

**SÄHKÖNTUOTANNON
MAANKÄYTÖN
INTENSITEETTI**



Lähde: Lovering ym. 2022:

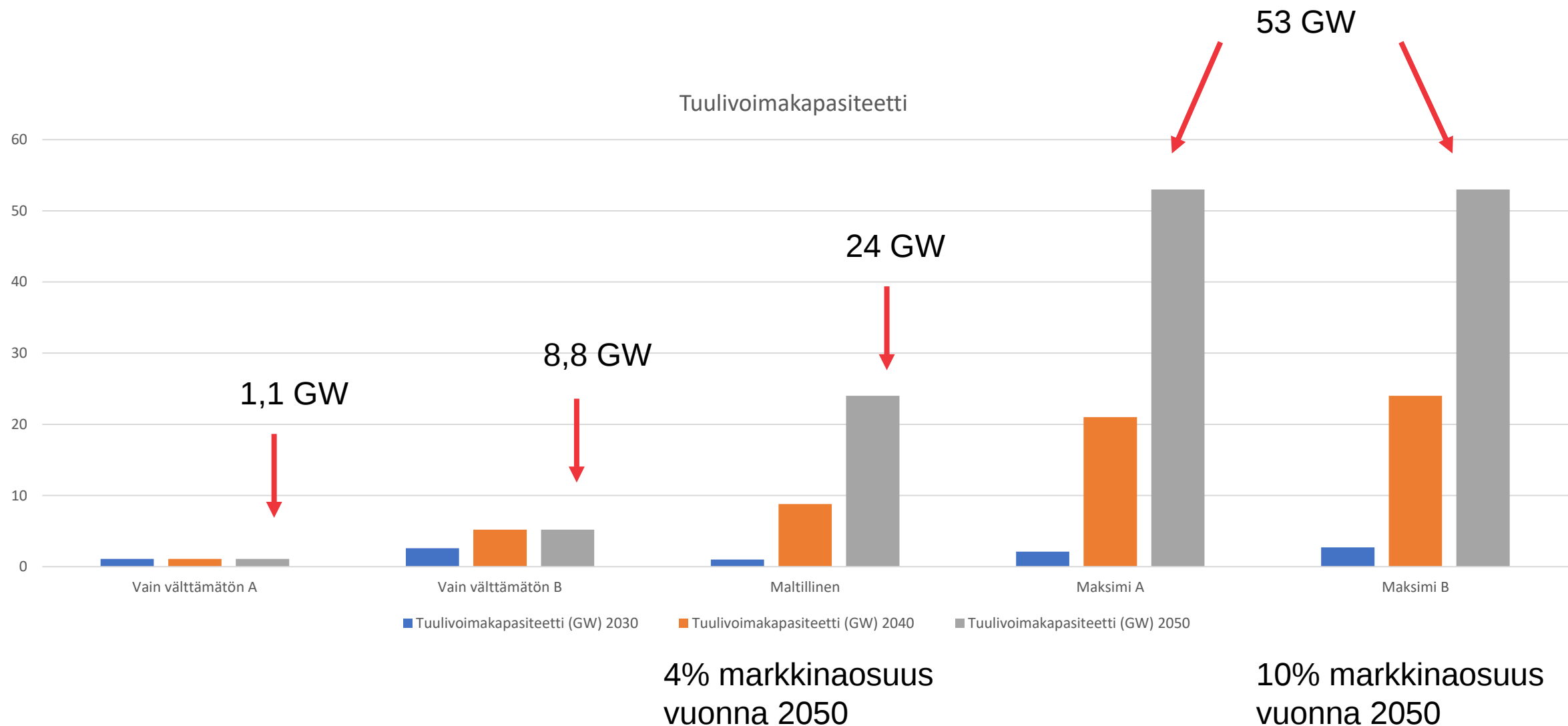
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270155>



ESIMERKKI: VETYTALOUS JA MAANKÄYTTÖ

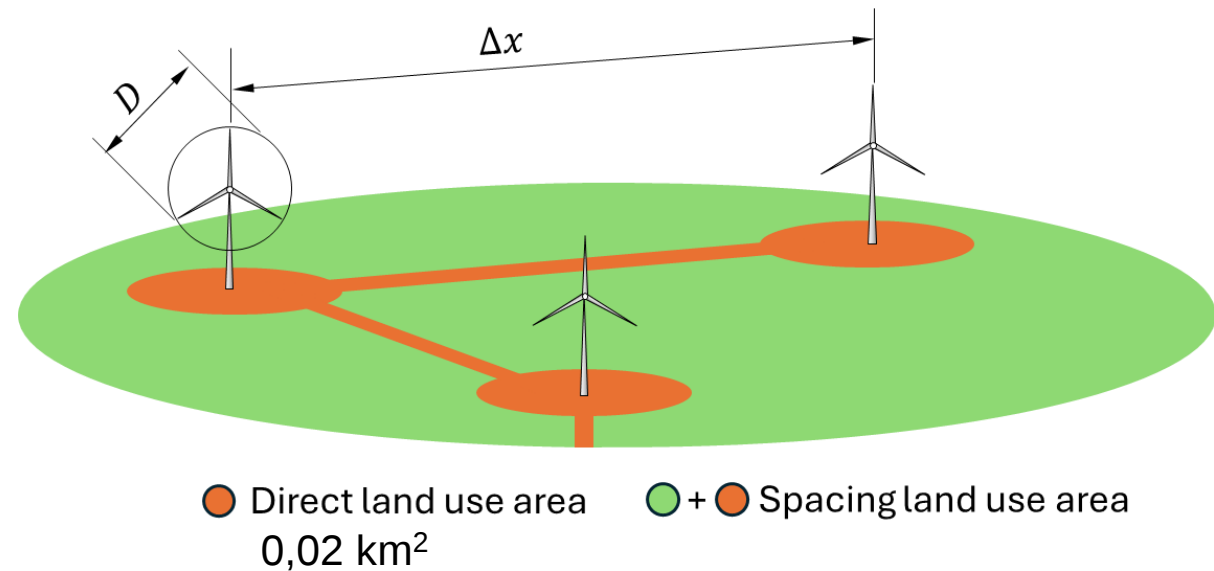
- » Vihreä vety on keskeinen osa päästövähennyksiä – Suomi tavoittelee 10 % osuutta EU:n tuotannosta.
- » Vihreä vety toimii keskeisenä keinona varastoida ja siirtää uusiutuvaa energiaa. Mahdollistaa teollisuuden ja liikenteen sähköistämisen myös silloin, kun suora sähkön käyttö ei ole mahdollista.
- » Paulomäki ym. (2025): Tutkimuksessa tarkastellaan vetytalouden eri skenaarioiden maankäyttöä hyödyntäen toteutuneita ja kirjallisuuteen perustuvia tuulisähköntuotannon maankäyttötehokkuuksia (*Land use requirement for on-shore wind power-based hydrogen production scenarios – Case Finland*). Artikkelin on vertaisarvioinnin toisella kierroksella (minor revisions, Energy, Sustainability and Society -lehti). Tutkimus on osa Suomen Akatemian rahoittamaa **H2EnergyScapes** -hanketta.

VETYSKENAARIOT



TUULIVOIMAN MAANKÄYTTÖ

- » Suora vs. epäsuora maankäyttö, vain vähän vertailulukuja tarjolla.
- » Suorien ja epäsuorien maankäyttövaikutusten erottelu on tärkeää, koska
 1. Turbiinien vaatima etäisyys rajoittaa tuotantoa teknisistä syistä, ja
 2. Tuulivoiman ekologiset ja sosiaaliset vaikutukset ulottuvat koko hankealueelle, eivät vain turbiinien välittömään läheisyyteen.





TULOSTAULUKKO POISTETTU



KESKEISET KEINOT TEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI

1. Kapasiteettikertoimen parantaminen
2. Elektrolyysin hyötysuhteen parantaminen
3. Arvoketjun muiden prosessien tehostaminen

→ Jos kaikki parannusvaihtoehdot toteutettaisiin, maankäyttöä voitaisiin pienentää jopa 60 %.



YHTEENVETO

- **Menetelmälliset valinnat vaikuttavat** - Vaihtelu vaikeuttaa vertailuja ja voi johtaa erilaisiin tuloksiin ja odotuksiin hyödyistä ja haitoista.
- **Energian säästö ja tehokkuus** vähentävät maankäytön tarvetta merkittävästi, mutta eivät yksin riitä. Tehokkuuden parantaminen voi jopa lisätä energian kokonaiskulutusta, ellei sitä tueta politiikkatoimin (rebound-ilmiö).





VIHREÄ SIIRTYMÄ = KESTÄVYYSSIIRTYMÄ?

- » Ilmastomuutoksen hillintä vaatii ripeitä toimia, mutta ratkaisut eivät saa kiihdyttää luontokatoa, muuttaa liiaksi arvokkaita maisemia tai lisätä sosiaalista epätasa-arvoa – kuinka "kiirehtiä maltillisesti"?
- » Luonto- ja ilmastopolitiikka on kytkettävä toisiinsa – auttaa hahmottamaan kokonaiskuvaa ja laajempia tavoitteita. Tehdään ratkaisuja yhteisen vision ja tunnistettujen tarpeiden ohjaamana, ei pelkästään investointien.
- » Energiamurroksen kokonaisuutta tulisi ohjata harkiten, tukemalla kestäväää maankäyttöä, luonnon monimuotoisuuden ja kulttuurimaisemien suojelua ja tätä kautta ekologisesti ja sosiaalisesti kestäväää energiasiirtymää.

Green Energy and Technology



Mika Järvinen
Hanna Paulomäki

[link.springer.com/book/
9783031698569](https://link.springer.com/book/9783031698569)

KIITOS!

Designing Renewable Energy Systems within Planetary Boundaries

A Textbook for Energy Engineers

OPEN ACCESS

 Springer

EMAIL: HANNA.PAULOMAKI@LUT.FI