

SELVITYS KESKI-SUOMEN ENERGIAMURROKSESTA JA SEN VAATIMISTA MAANKÄYTÖN OHJAUKSEN JA KAAVOITUKSEN TARPEISTA

Loppuraportti 31.5.2024

Leo Hari, Jaakko Tamminen, Anton Alexandrov, Ari Matilainen, Hans
Porras, Joonas Ehrnrooth, Kaija Maunula, Aki Pesola



Vastuuvapauslauseke

Rejlers Finland Oy ("Rejlers") on laatinut tämän raportin Keski-Suomen liiton ("Asiakas") käyttöön Rejlersin ja Asiakkaan välisen sopimuksen ehtoihin perustuen. Näin ollen Rejlersin vastuu raportista perustuu ja rajoittuu yksinomaan kyseisiin sopimusehtoihin. Raportin päivämääränä vallitsevaan parhaaseen tietämykseensä perustuen Rejlers on siinä käsityksessä, että tässä raportissa esitetyt tiedot ovat paikkansapitäviä, perusteltuja ja mainitun sopimuksen ehtojen mukaisia.

Asiakkaan tulisi käyttää omaa harkintaansa ja asiantuntemustaan hyödyntäessään tai tulkitessaan tätä raporttia tai siinä esitettyjä tietoja. Rejlers ei missään olosuhteissa vastaa mistään raporttiin tai siinä esitettyihin tietoihin tai arvioihin perustuvista tai niihin liittyvistä päätöksistä tai aiheutuneista vahingoista.

Kaikki esitetyt lausumat, pois lukien historiallisia tosiseikkoja koskevat lausumat, ovat tai niiden voidaan katsoa olevan tulevaisuutta koskevia lausumia. Tulevaisuutta koskevat lausumat kuvastavat tämänhetkiseen ymmärrykseen ja olettamuksiin perustuvia tulevaisuutta koskevia odotuksia. Tällaisiin lausumiin liittyy Rejlersin vaikutusvallan ulkopuolella olevia tiedossa olevia ja tuntemattomia riskejä ja epävarmuustekijöitä, joiden takia todelliset tapahtumat, lopputulokset tai kehitys saattavat poiketa olennaisesti näissä lausumissa ilmaisusta.

Tulevaisuutta koskevia lausumia ovat esimerkiksi mahdollisia teknologia- ja markkinariskejä koskevat lausumat sekä näihin liittyviä odotuksia, uskomuksia, arvioita, ennusteita, ennakoiteja ja olettamuksia koskevat lausumat. Useilla tekijöillä voi olla vaikutusta teknologian ja systeemitason kehitykseen, kaupallistamiseen ja markkinanäkymiin ja mikä tahansa näistä tekijöistä voisi aiheuttaa olennaisia poikkeamia siihen, mitä tässä raportissa olevissa tulevaisuutta koskevissa lausumissa on esitetty.

Rejlers ei anna minkäänlaisia takuita tässä raportissa esitettyjen tulevaisuutta koskevien lausumien osalta eikä ole miltään osin velvollinen tarkistamaan mitään tulevaisuutta koskevia lausumia mahdollisten uusien tietojen, tulevaisuuden tapahtumien tai muiden tietojen seurauksena.

Rejlers pidättää itsellään kaikki oikeudet (mukaan lukien tekijänoikeudet). Asiakkaalla on oikeus hyödyntää raportin ja muun toimeksiannon aikana tuotetun materiaalin sisältöä sisäisessä toiminnassaan. Muut osapuolet eivät saa toisintaa mitään osaa tästä raportista missään muodossa tai millään keinoin ilman Rejlersin etukäteen antamaa kirjallista lupaa. Kaikki luvallinen käyttö ja toisintaminen edellyttää kaikkien tässä vastuuvapauslausekkeessa esitettyjen ehtojen ja rajoitusten jatkuvaa täyttymistä.



Sisältö

- s. 3-5 [Tausta ja tavoitteet](#)
 - s. 6-18 [Nykytila ja energiatase](#)
 - s. 19-39 [Energiantuotannon potentiaali ja suunnitellut hankkeet](#)
 - s. 40-47 [Skenaarioarviointi](#)
 - s. 48-54 [Keski-Suomen maakuntakaavoituksen nykytilanne ja mahdollisuudet energiamurroksen näkökulmasta](#)
 - s. 55-61 [Yhteenveto ja suositukset](#)
-
- Liite 1 – [Maakuntakaavoituksen rooli energiamurroksessa ja karkeat hankeaikataulut](#)
 - Liite 2 – [Aurinkovoimaselvitys](#)
 - Liite 3 – [Energian varastointiselvitys](#)
 - Liite 4 – [Sähkö- ja lämpöenergian varastoinnin esimerkkiprojekteja Suomessa ja tietoa maakuntakaavoituksen tueksi](#)





Selvitys täydentää Keski-Suomen energiaratkaisujen kokonaiskuvaa ja tukee maankäytön suunnittelua

Energiamurros etenee vauhdilla myös Keski-Suomessa. Keski-Suomen liitto päivittääkin teeman tilannekuvaa energiaselvityksellä. Osana selvitystä muodostetaan vuodelle 2022 päivitetty energiatase ja tarkastellaan tapoja saavuttaa maakunnan strateginen tavoite hiilineutraaliudesta vuoteen 2030 mennessä.

Uusina teemoina aurinkovoima sekä energian varastointiratkaisut

Energiataseessa selvitetään maakunnan energiantuotannon ja -käytön nykytila sekä arvioidaan vaadittavia energiainvestointeja hiilineutraaliuden saavuttamiseksi. Näkökulmina ovat ilmastotavoitteet ja energiajärjestelmän toimintavarmuus.

Energiaselvitys tarkastelee energiataseen ohella myös uusiutuvan energian potentiaalia ja varastointia olemassa olevia selvityksiä hyödyntäen. Uusina teemoina pureudutaan maakunnallisesti merkittävän aurinkoenergian tuotantopotentiaaliin ja energiavarastojen tarpeeseen.

Selvitys ohjaa maankäyttöä

Selvitystyössä arvioidaan maankäytön ohjauksen ja kaavoituksen tarpeita, tavoitteena mahdollistaa vihreän siirtymän energiahankkeiden sujuva toteutuminen.

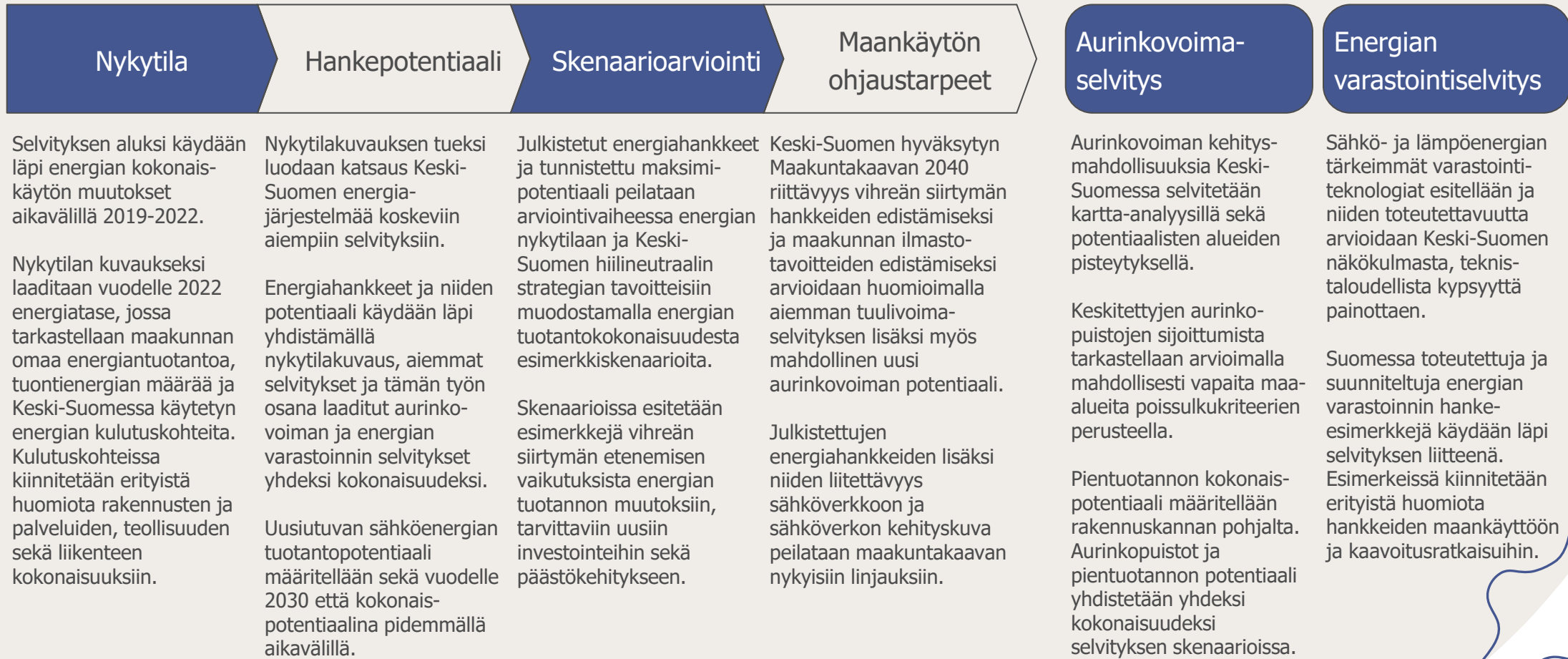
Ympäristöministeriön osarahoittaman energiaselvityksen laati Rejlers Finland Oy. Selvitys valmistui kevään 2024 aikana, ja siitä viestitään Keski-Suomen liiton viestintäkanavilla.

<https://keskisuomi.fi/2023/11/22/energiaselvitys/>





Energiaselvitys kokoaa yhteen katsaukset Keski-Suomen energiajärjestelmän nykytilasta ja hankepotentiaalista vuoteen 2030 asti

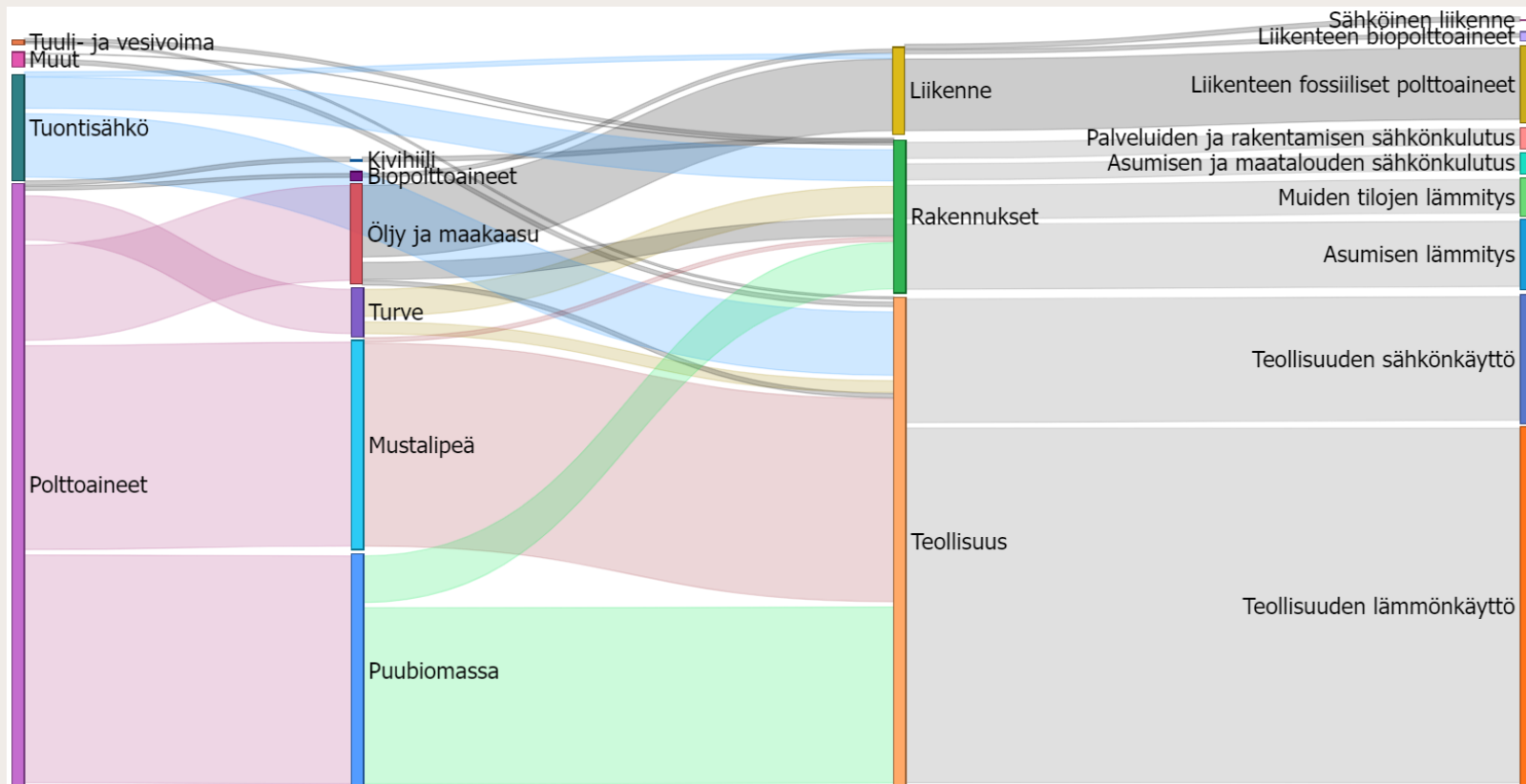




Nykytila ja energiatase



Energiatase **2019**: Polttoaineista ja tuontisähköstä energiaa teollisuuden käyttöön



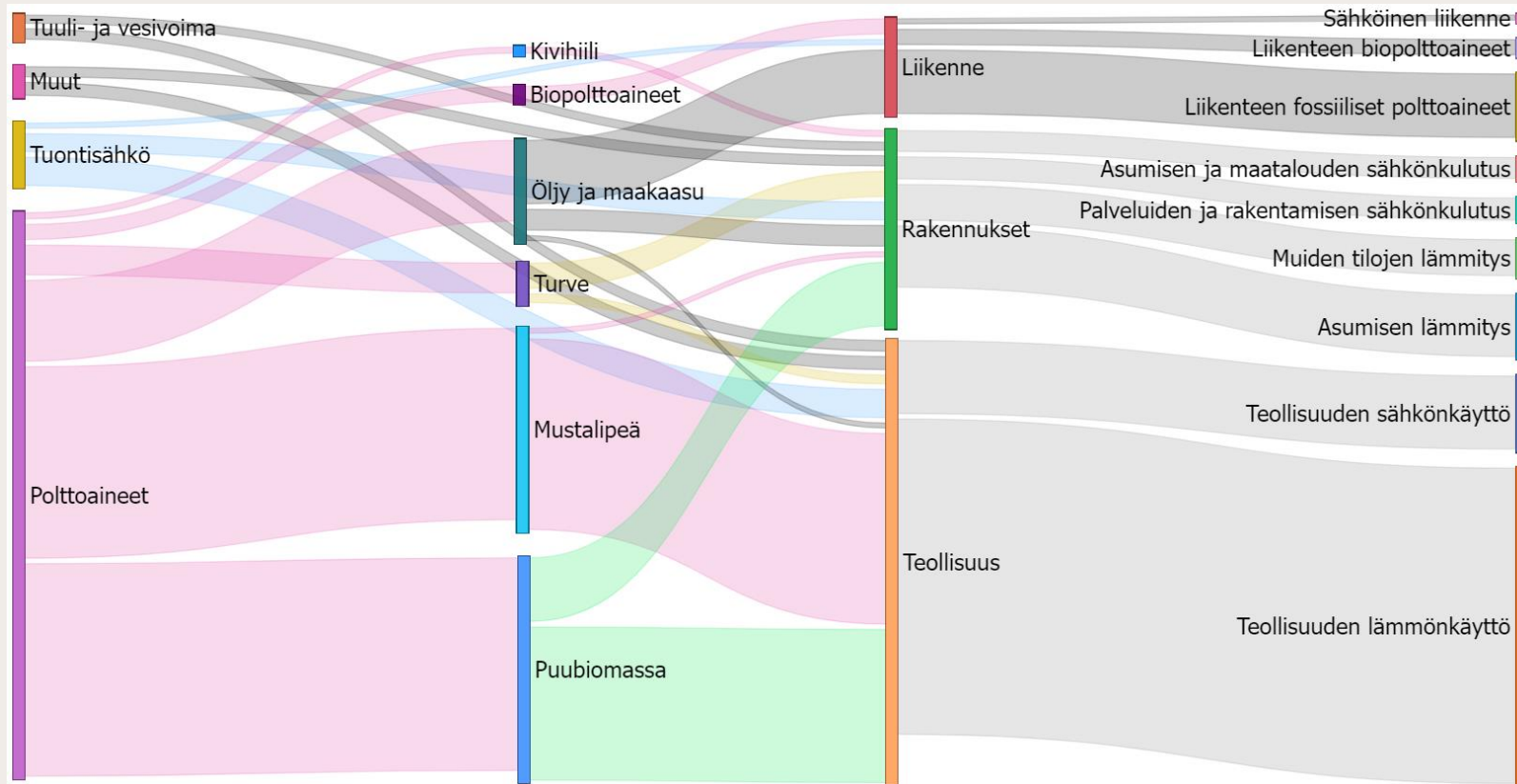
Energiatase 2019

- Vuoden 2019 energiataseessa korostui polttoaineiden rooli maakunnan energiankäytössä. Polttoaineista 75% oli peräisin uusiutuvista energianlähteistä.
- Valtaosa tuotetusta ja tuodusta sähköstä sekä etenkin prosessilämmöstä kulutettiin maakunnan metsäteollisuuden laitoksilla
- Puubiomassan ja Metsä Fibren Äänekosken biotuotetehtaalla puusta jalostetun mustalipeän teollinen käyttö muodostaa yli puolet koko Keski-Suomen energiankulutuksesta



Energiatase 2022: Teollisuuden vähentynyt sähkönkulutus korostaa biomassan ja mustalipeän roolia energiankäytössä

Keski-Suomen energiankäytön jakauman muutos vuosina 2019-2022 on maltillinen



Energiatase 2022

- Energian tuotannon ja kulutuksen jakautumiset eri tuotantomuodoille ja kulutuspaikoille muuttuivat vain hieman vuodesta 2019 vuoteen 2022
- Vuonna 2022 biojakeiden osuus tunnistetuista polttoaineista oli 80%
- Selkein ero on teollisuuden sähkönkäytön pieneneminen, jolloin myös maakunnan ulkopuolelta tuotavan sähkön tarve on vähentynyt
- Turpeen käyttö väheni vertailuajanjaksolla 2019-2022, joskin sen tunnistettu käyttö teollisuudessa oli jo v. 2019 vähäisempää kuin käyttö kaukolämpölaitosten polttoaineena



Energiatase muodostettiin hyödyntämällä useita tietolähteitä

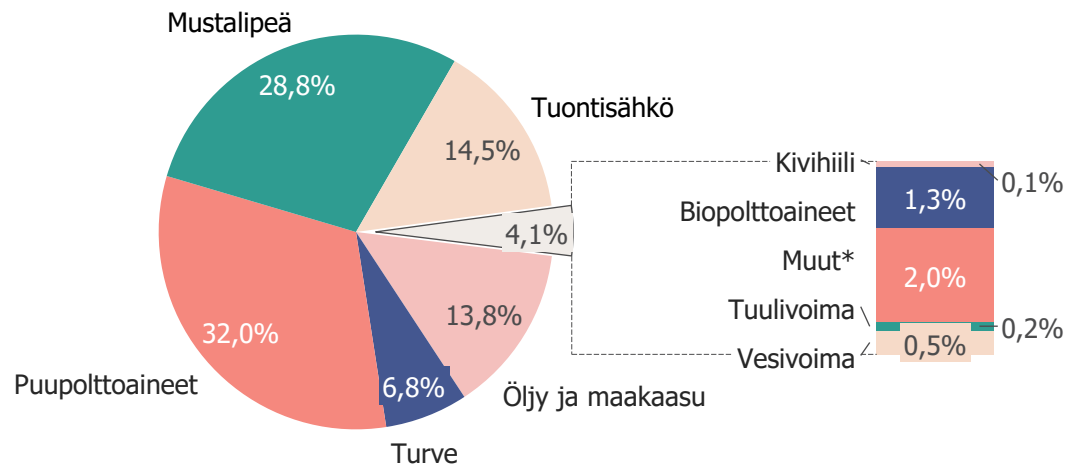
Edellisillä ja seuraavilla sivuilla kuvatun energiataseen lähtötietoina käytettiin tuotanto- ja kulutussektoreittain saatavilla olleita aineistoja. Tilasto- ja kyselytiedot koostettiin kokonaistaseeksi käyttäen apuna perusteltuja energian käytön ja prosessien hyötysuhteita. Sektoreittain tarkasteltuna tietolähteet koostuivat seuraavista lähteistä:

- Teollisuus
 - Tilastokeskuksen teollisuuden sähkönkäyttötilastot (<https://stat.fi/>)
 - Vastaukset Rejlersin kyselyyn energian tuotannosta ja kulutuksesta
 - Metsäteollisuuden yritysten vastuullisuus- ja ympäristöraportit vuosilta 2019 ja 2022
- Rakennukset ja lämmitys
 - Energiateollisuuden kaukolämpötilastot (<https://energia.fi/tilastot/>)
 - Vastaukset Rejlersin kyselyyn energian tuotannosta ja kulutuksesta
 - Tilastokeskuksen tilastot rakennuskannasta ja rakennusten lämmitysmuodoista (<https://stat.fi/>)
 - Luonnonvarakeskuksen tilasto puupolttoaineiden käytöstä (<https://www.luke.fi/fi/tilastot>)
- Liikenne
 - Traficomin tilasto tieliikenteen ajoneuvojen käyttövoimista (<https://tieto.traficom.fi/fi>)
 - Tilastokeskuksen liikennesuoritteiden tilastot (<https://stat.fi/>)
 - Raide- ja vesiliikenteeseen Hinku-laskennan energiankäyttötilastot (<https://hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI>)
- Muu energiankäyttö
 - Energiateollisuuden sähkötilastot (<https://energia.fi/tilastot/>)

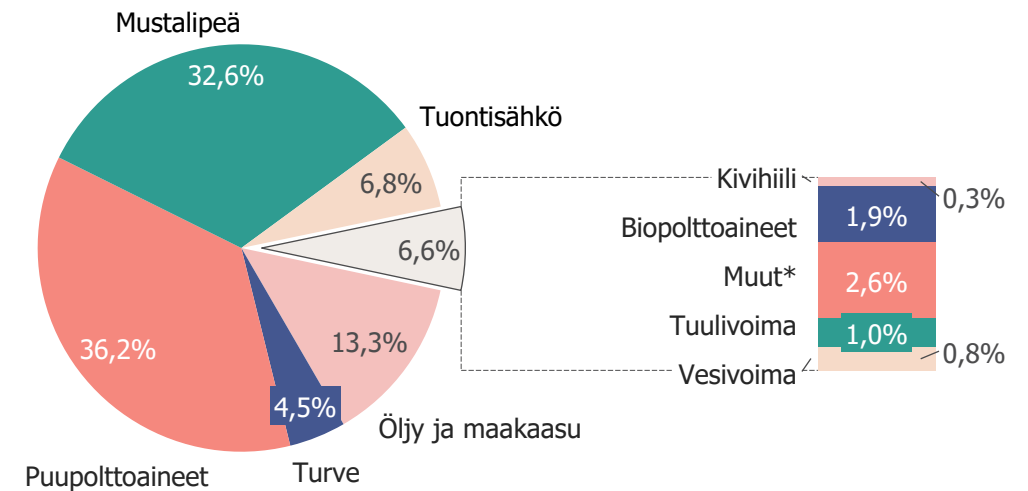


Energianlähteissä merkittävin muutos on tuontisähkön väheneminen

Keski-Suomen energialähteiden jakauma 2019



Keski-Suomen energialähteiden jakauma 2022

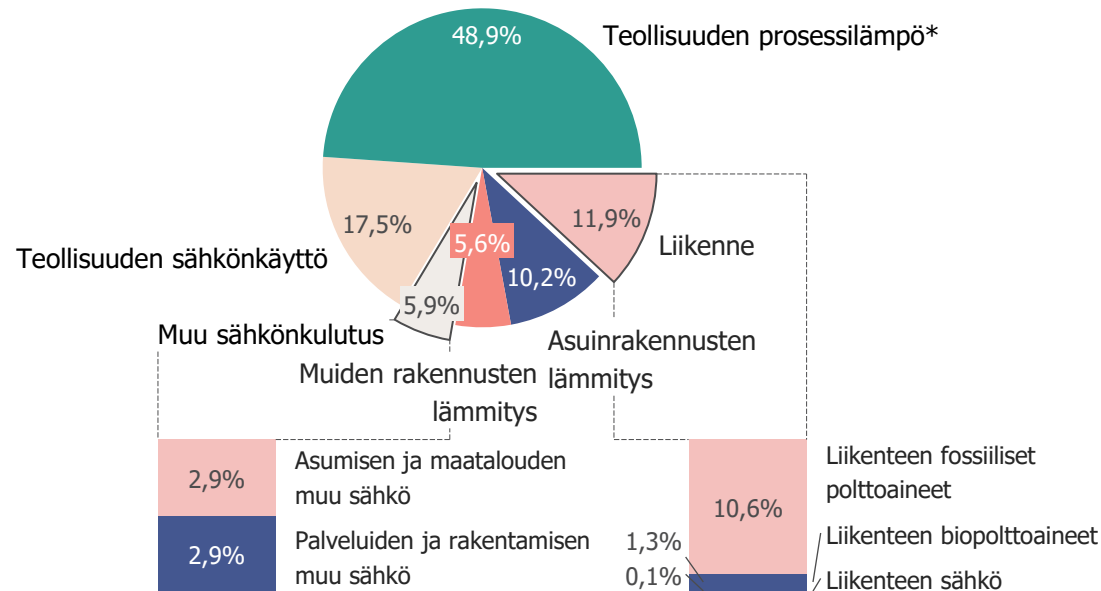


*) Muut energianlähteet käsittää tässä Äänekosken metanolin ja pikiöljyn käytön, lämpöpumppujen käytön sekä rakennusten tuntemattoman lämmitysmuodon osuuden

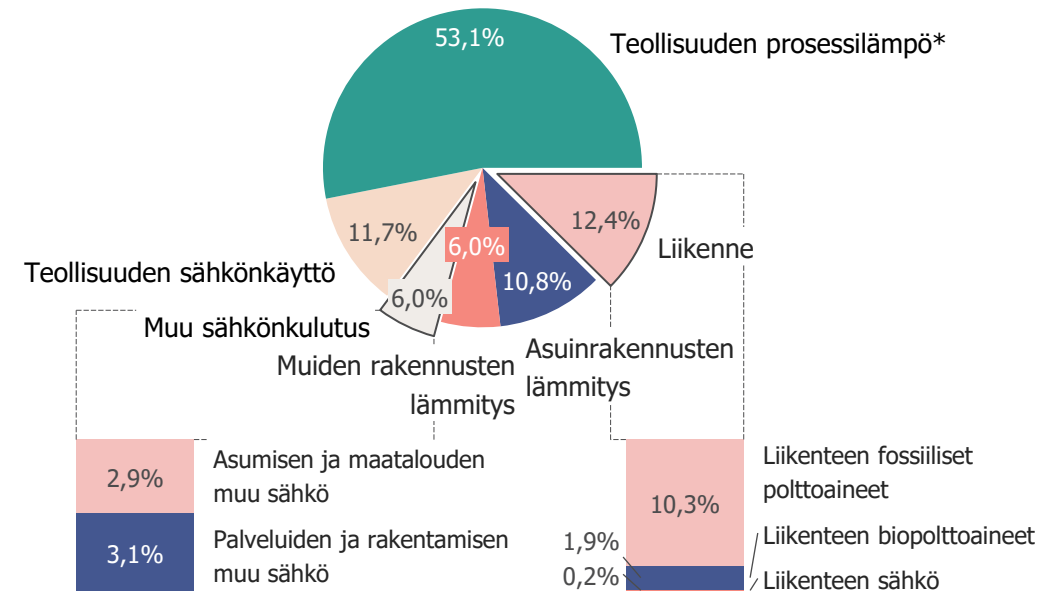


Energian kulutuksessa suurin muutos on teollisuuden sähkönkulutuksen väheneminen

Keski-Suomen energiankulutus eri sektoreilla 2019



Keski-Suomen energiankulutus eri sektoreilla 2022



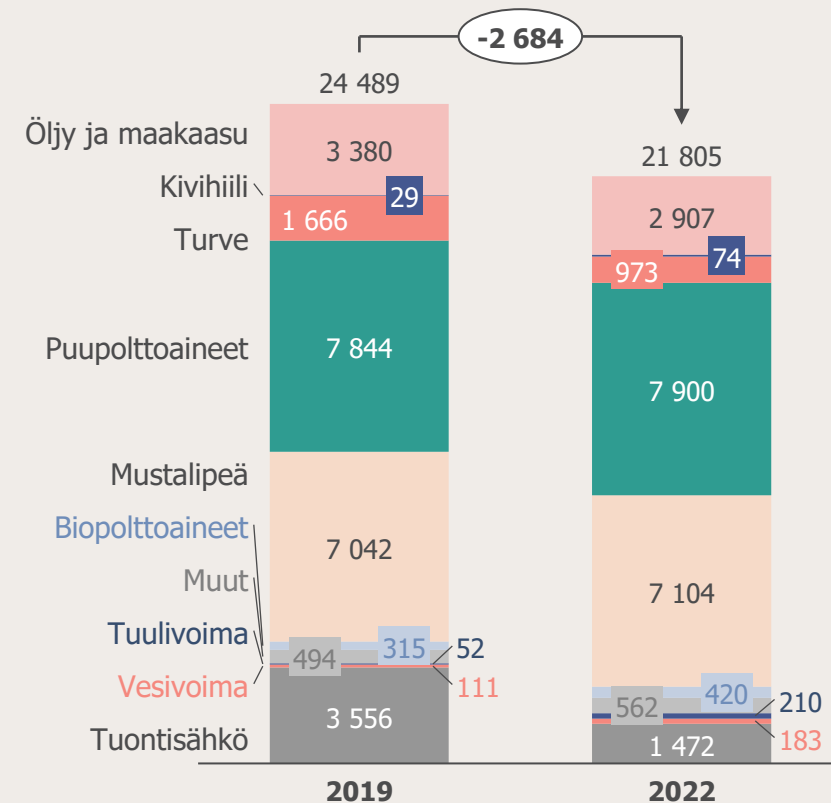
*) Teollisuuden prosessilämpö pitää sisällään tehtaiden prosessihöyryn lisäksi esimerkiksi Äänekosken biotuotetehtaan meesauunin tarvitseman kaasutetun puunkuoren energiasisällön



Keski-Suomen metsäteollisuus hallitsee energianlähteiden käytön kokonaiskuvaa

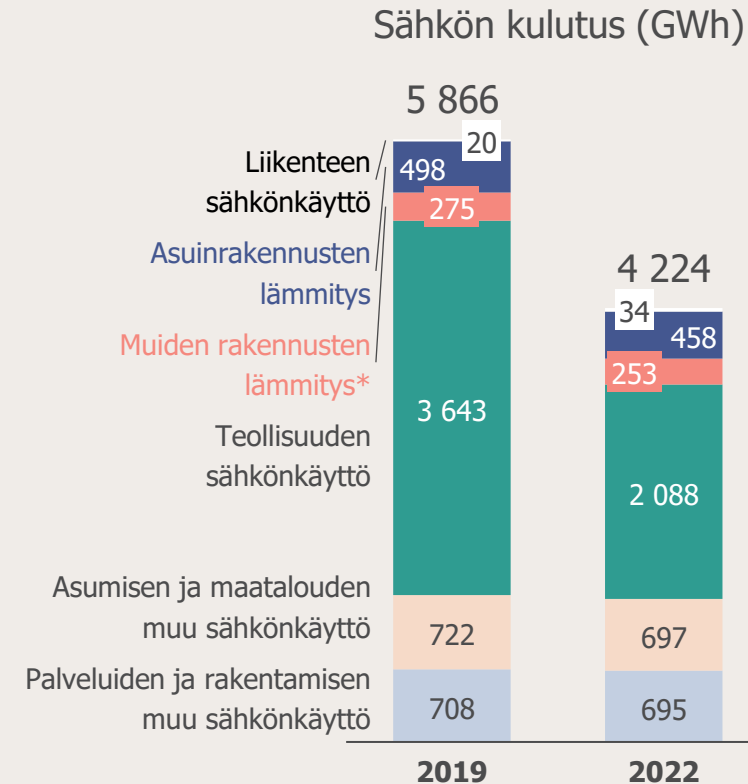
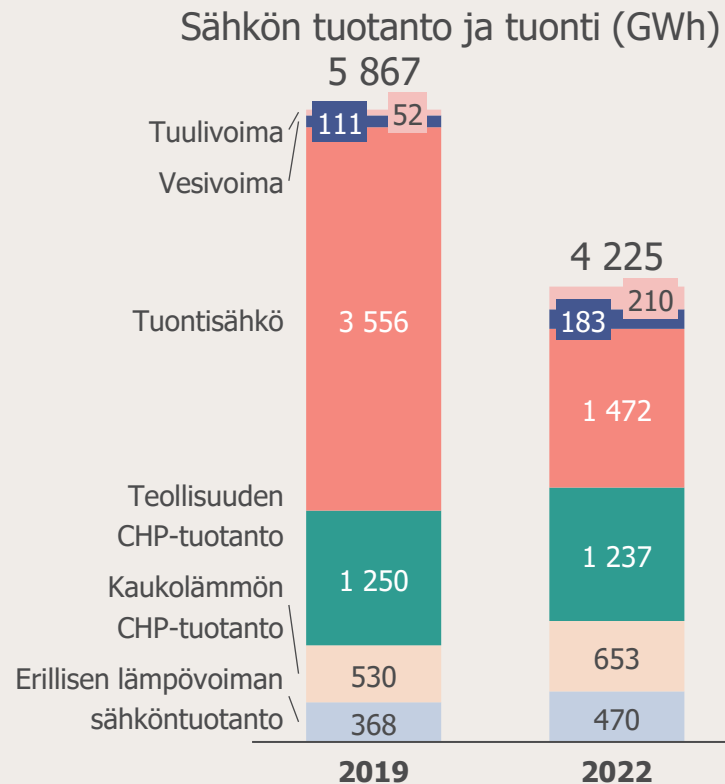
- Energian kokonaiskäyttö väheni lähes 11 % vuosien 2019 ja 2022 välillä
- Venäjän hyökkäyssodan Ukrainaan aiheuttamista markkinamuutoksista huolimatta esimerkiksi turpeen käyttö väheni selkeästi 2019-2022, ja kivihiilenkin rooli tukipolttoaineena pysyi pienenä v. 2022 poikkeusoloissa
- Puupolttoaineet ovat merkittävin yksittäinen energianlähde, ja niiden rooli korostuu entisestään, kun huomioidaan mustalipeänkin olevan peräisin puubiomassasta. Kaukolämmön tuotannossa puupolttoaineiden rooli korostui vertailujaksolla 2019-2022 turpeen käytön vähentyessä.
- Tuulisähkön tuotanto nelinkertaistui vertailujaksolla 2019-2022 ja vesivoimaloidenkin tuotanto kasvoi 65 %, mutta ne muodostivat 2022 yhteenlaskettunakin vain 1,8 % maakunnassa käytetyistä energianlähteistä.

Energianlähteiden käyttö (GWh)





Sähkötaseessa teollisuuden kulutuksen väheneminen on suurin yksittäinen muutostekijä



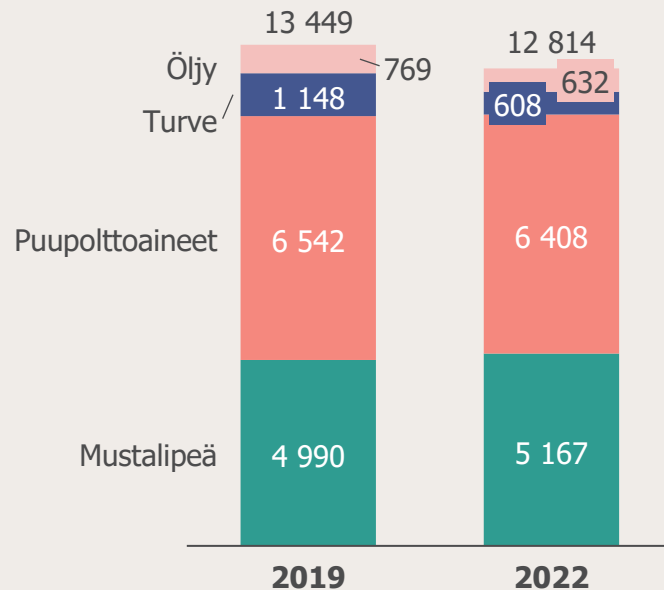
Esitetyissä sähkö- ja lämpötaseissa häviöitä ei ole jyvitetty kaavioihin mukaan, toisin kuin energianlähteiden kokonaistaseessa. Energianlähteiden jakauma lämpö- ja sähköenergian käyttöön perustuu kaukolämpötilastoon ja teollisuusyritysten tietoihin, eikä yhteistuotantolaitosten rakennusasteita ole vahvistettu laitoskohtaisesti.

*) Muiden rakennusten lämmitys sisältää teollisuuden rakennusten lämmityksen, mutta ei muita teollisuuden sähkön käyttötapoja

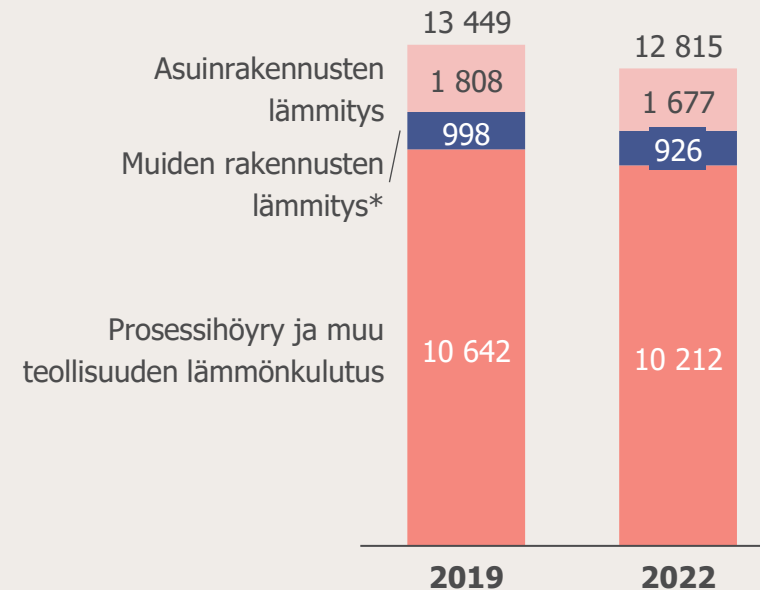


Lämpötaseessa biomassan energiakäyttö teollisuudessa määrittää sekä energianlähteiden että lämmönkulutuksen yleisnäkymää

Lämmön tuotantoon käytetyt polttoaineet (GWh)



Lämmön tärkeimmät kulutuskohteet (GWh)



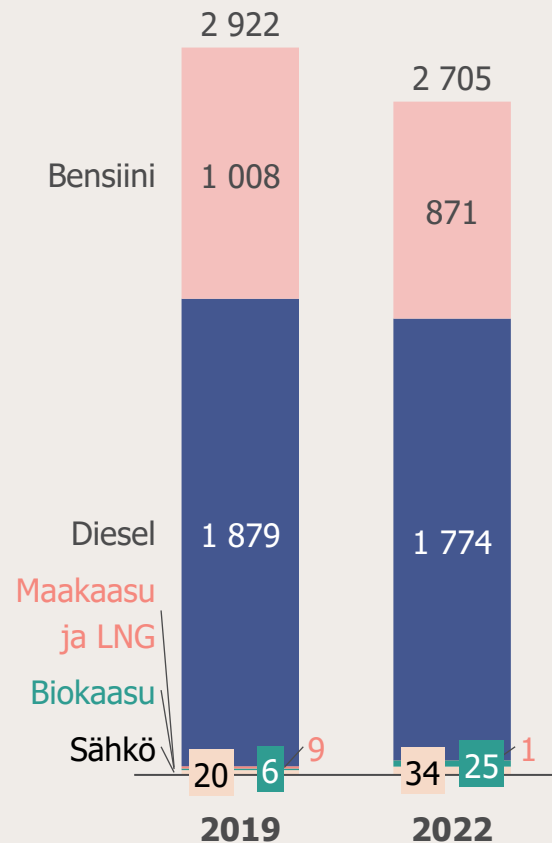
Esitetyissä sähkö- ja lämpötaseissa häviöitä ei ole jyvitetty kaavioihin mukaan, toisin kuin energianlähteiden kokonaistaseessa. Energianlähteiden jakauma lämpö- ja sähköenergian käyttöön perustuu kaukolämpötilastoon ja teollisuusyritysten tietoihin, eikä yhteistuotantolaitosten rakennusasteita ole vahvistettu laitoskohtaisesti.

*) Muiden rakennusten lämmitys sisältää teollisuuden rakennusten lämmityksen, mutta ei muita teollisuuden lämmön käyttötapoja

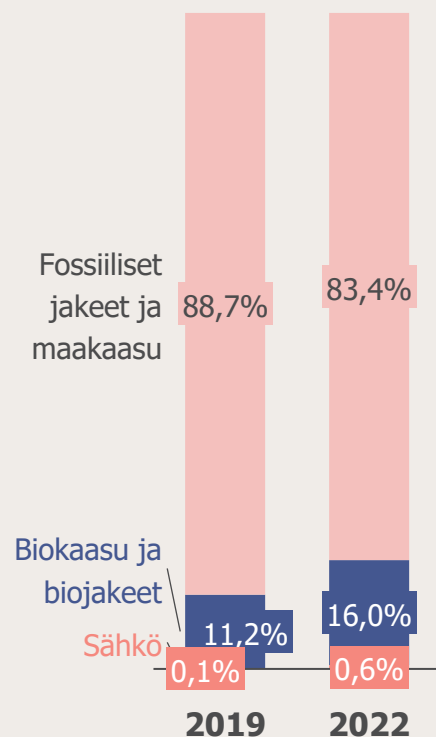


Liikenteen hiilineutraalius edellyttäisi merkittävää fossiilisen energian korvaamista

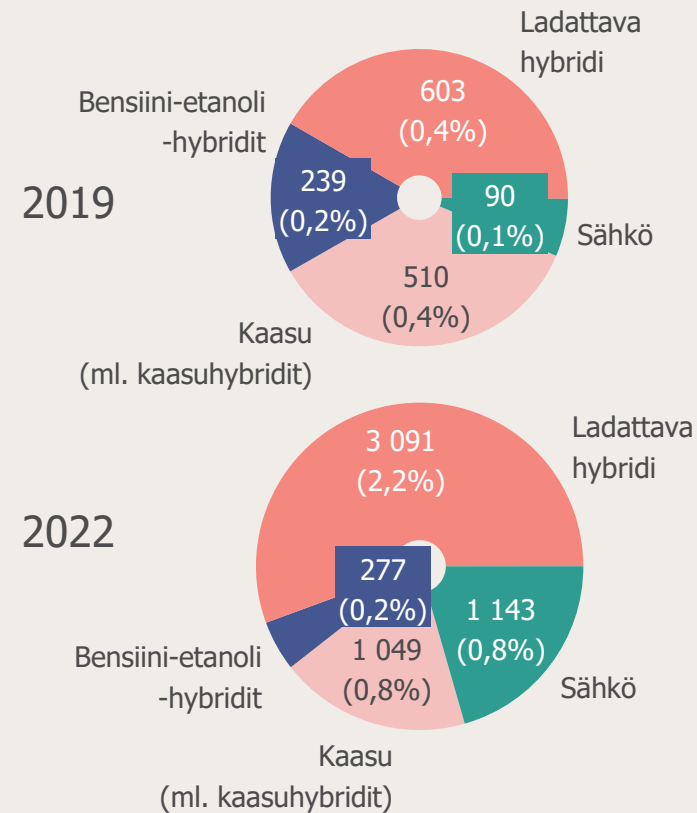
Liikenteen energiankulutus (GWh)



Tieliikenteen polttoaineiden jakauma



Keski-Suomeen rekisteröityjen henkilöautojen vaihtoehtoiset käyttövoimat (kpl, suluissa osuus kaikista Keski-Suomeen rekisteröidyistä henkilöautoista)



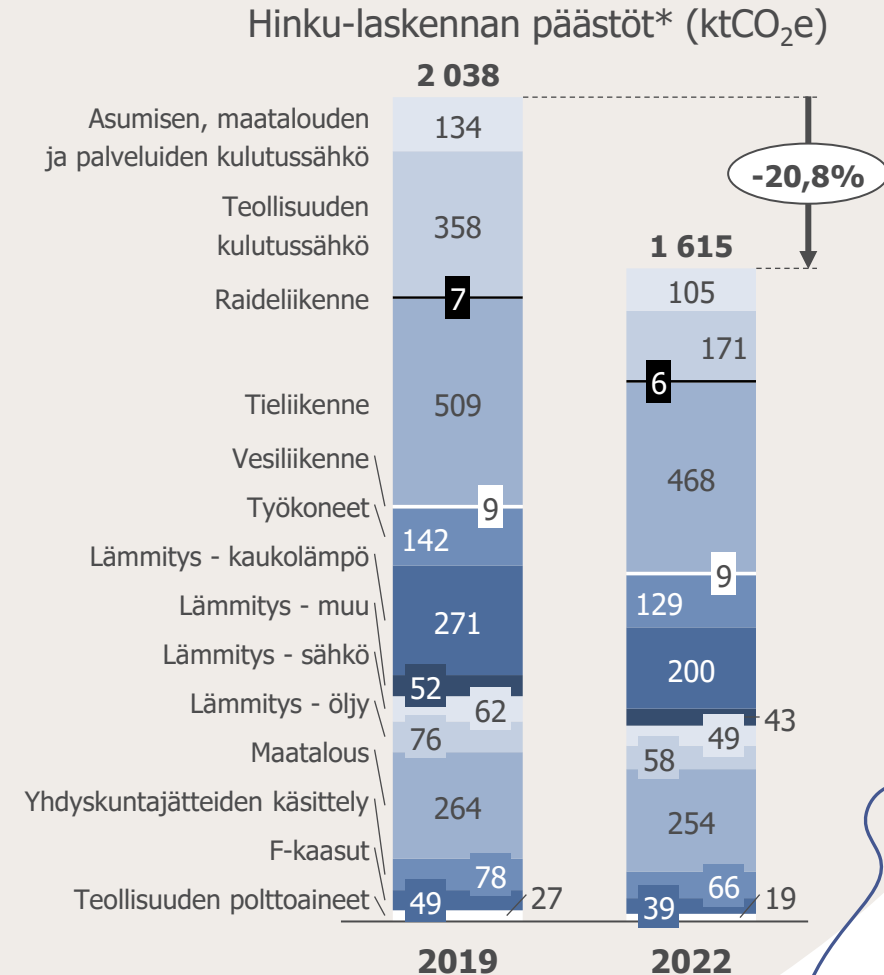


Keski-Suomen päästöt vähenivät kaikilla sektoreilla 2019-2022 – suurin muutos johtui teollisuuden sähkönkulutuksen vähenemisestä

- Keski-Suomen päästöt (CO₂-ekvivalenttina tarkastellen) putosivat n. 21 % aikavälillä 2019-2022
- Suurimmat muutokset päästölähteissä ovat teollisuuden sähkönkulutuksen pudotus sekä kaukolämmön fossiilisen energian vähentyminen
- Suurimmista päästösektoreista pudotus päästöissä oli vähäinen esimerkiksi maataloudessa, jonka päästöt vähenivät vain joitain prosentteja
- Oletuslaskentamallissa ei myöskään huomioida päästökaupan alaisten teollisuuslaitosten polttoaineiden käyttöä, teollisuuden jätteenkäsittelyn päästöjä eikä raskaan liikenteen läpiajoliikennettä

*) Laskelman on tehnyt Rejlers hyödyntäen Hinku-laskentamallia. Tavanomaisessa Hinku-laskennan mukaisessa päästökoosteessa ei huomioida teollisuuden kulutussähköä. Mikäli se jätetään pois tarkastelusta, on päästövähennä 2019-2022 n. 14 %.

Lähde: [Syke – Hiilineutraali Suomi](#)





Teollisuuden energiankulutuksen lasku ja liikenteen biojakeiden kasvu olivat merkittäviä energiankäytön muutoksia vuosina 2019-2022

Teollisuuden energiankäyttö

- Metsä Groupin Äänekosken tehdasintegraatti on selkeästi suurin energiankäyttäjä ja -tuottaja Keski-Suomessa
- UPM Kaipolan paperitehtaan sulkeminen tammikuussa 2021 vähensi teollisuuden sähkönkäyttöä selkeästi vuonna 2022 vertailutasoon (2019) nähden
- Lisäksi UPM Säynätsalon vaneritehtaan sulkeutuminen v. 2020 vähensi metsäteollisuuden energiankäyttöä
- Myös esimerkiksi UPM Jämsänkosken pitkittynyt 112 päivän lakko v. 2022 alussa vähensi sähkönkulutusta ja Jämsänkosken puunkäyttöä korostuneesti vertailuvuoteen 2019 nähden
 - Metsäteollisuuden sähkönkäytön lasku oli 50% (2019 → 2022)
 - Kone- ja metalliteollisuudessa sähkönkulutus laski 24% (2019 → 2022)

Liikenne

- Biopolttoaineiden seostusosuus bensiinissä ja dieselissä on noussut vuodesta 2019
 - Vuonna 2019 biojakeiden osuus 11,3%, v. 2022 16,1%
- Muilta osin liikenteen fossiilisen energian käytön lasku vuodesta 2019 on melko vähäistä
- Sähköautojen yleistymisen ei näy merkittävänä osuutena kaikista henkilöautoista vielä v. 2022, mutta nousujohteinen suunta verrattuna vuoteen 2019 on selkeä
- Fossiilisen energiankulutuksen lasku liikenteessä v. 2019-2022 selittyi enemmän polttoaineiden biojakeiden seostusosuuksien nousulla kuin autojen käyttövoimien muutoksella.
- Maakaasun käyttö liikenteessä vaihtui lähes kokonaan biokaasuun Venäjän hyökkäyssodan aiheuttamien markkinamuutosten vuoksi



Rakennusten lämmitysmuodoissa tarvitaan merkittäviä muutoksia hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi

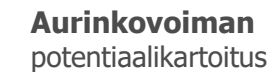
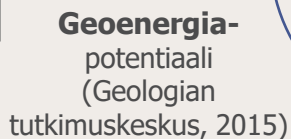
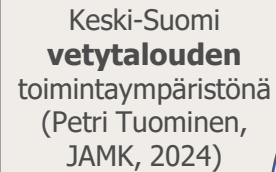
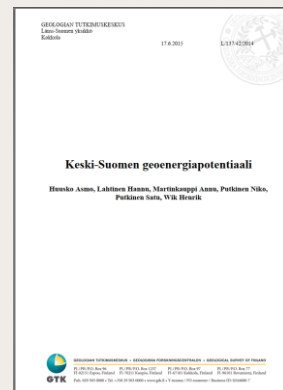
- **Fossiilista energiaa käytetään Keski-Suomessa etenkin lämmityksessä ja liikenteessä.** Teollisuudessa ja sähkön tuotannossa fossiilisten energianlähteiden merkitys on vähäisempi, joskin turve on osana joidenkin yhdistetyn sähkön ja lämmöntuotannon laitosten sähköntuotantoa.
- Kaikki pieniä lämpölaitoksia operoivat toimijat eivät välttämättä näe perusteita kokonaan turpeesta luopumiseen tällä hetkellä, vaikka turpeen käytön suunta onkin laskeva. Turpeesta luopumisen ongelmallisuuden taustalla voi olla esimerkiksi:
 - Puuenergian hintataso (etenkin kotimaisen puun kysynnän noustua Venäjän hyökkäyksen Ukrainaun alettua helmikuussa 2022)
 - Pienempien lämpöyhtiöiden mahdollisuudet investoida polttoon perustumattomiin ratkaisuihin rahoituksen haasteiden vuoksi
 - Huoltovarmuusnäkökulmien korostuminen
- **Asuinrakennusten lämmityksessä ja kaukolämmön tuotannossa öljyn kulutus vähentyi selvästi verrattuna vuoteen 2019,** mutta öljylämmityksen osuus Keski-Suomessa kulutetusta fossiilisesta energiasta oli yhä merkittävä vuonna 2022. Valtaosa (n. 95%) lämmityksen öljystä kulutettiin kiinteistöjen omissa lämmitysjärjestelmissä, kaukolämmön öljynkäytön ollessa alle 40 GWh.
 - Lämmitysjärjestelmän vaihtamista pois öljylämmityksestä kannustettiin taloudellisesti 2022 henkilöverotuksen kotitalousvähennyksellä sekä ELY-keskuksen avustuksella öljy- tai maakaasulämmityksestä luopumiseksi
 - Tuki on todennäköisesti vaikuttanut öljyn lämmityskäytön vähentämiseen myös Keski-Suomessa vuosina 2019-2022. Tänä aikana sekä maalämmöllä että kaukolämmöllä lämpiävät rakennuskannan kerrosneliömetrit kasvoivat, kun taas öljylämmitteiset kerrosneliömetrit laskivat 9 %.



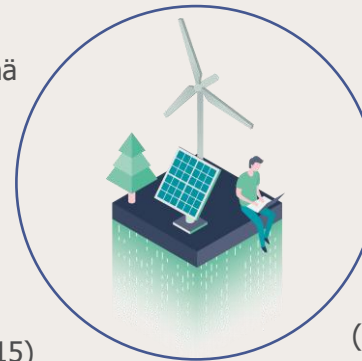


Energiantuotannon potentiaali ja suunnitellut hankkeet

- Fossiilisen energian käytön vähentämisen ja hiilineutraaliuden tavoitteet vaativat vihreää siirtymää tukevien energia-ratkaisujen vahvaa lisäystä Keski-Suomessa.
- **Uusien energiahankkeiden potentiaali yhdistetään tässä selvityksessä aiempien raporttien, uusien aurinkovoima- ja energiavarastoselvitysten sekä tunnistettujen energia-hankkeiden pohjalta kokonaisuudeksi, jota arvioidaan vuoteen 2030 peilaten.**
- Julkistetun hankekannan toteutuminen vuoteen 2030 mennessä edistää merkittävästi Keski-Suomen ilmastotavoitteiden toteutumista.



Tehtiin osana tätä selvitystä



Tuulivoiman selvitykset
(Rejlers Finland Oy, 2022
FCG, 2023)

Biokaasu
(Envitecpolis Oy, 2023)



Bioenergia-
potentiaali ja
energiapuu-
terminaalit
(VTT, 2016)





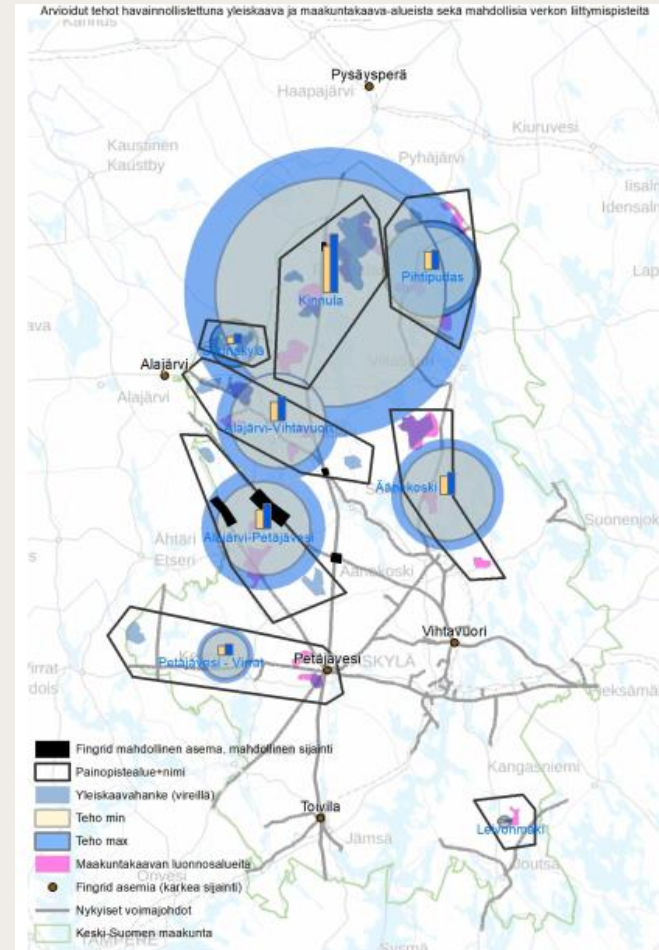
Tuulivoima



Keski-Suomen tuulivoimalla on huomattava kasvupotentiaali, jonka tueksi tarvittaisiin myös sähköverkon kehityshankkeita

Rejlers Finland Oy selvitys: Sähkönsiirron selvitys osana Keski-Suomen maakuntakaavaa 2040, loppuraportti 30.11.2022 (Keski-Suomen liitto)

- Selvitys koskee maakuntakaavan 2040 luonnoksen mukaisia tuulivoimatuotantoon soveltuvia alueita (pois lukien nähtävillä olleen luonnoksen mukainen alue Kauniskangas). Lisäksi on huomioitu muut maakunnassa ja sen lähialueilla vireillä olevat, vähintään yleiskaavoitusvaiheessa olevat tuulivoimahankkeet.
- Maakuntakaavan 2040 luonnoksen mukaiset tuulivoima-alueet vastaavat noin 51 % potentiaalisesta tuulivoimatehosta, ja täten mahdollistavat huomattavan kehityksen alueella. Tällä hetkellä pääosa liitântäkapasiteetista sijaitsee kaukana tuulivoima-alueista. Tuulivoimapuistojen koot ovat kasvaneet ja tulevat tulevaisuudessa todennäköisesti entuudestaan kasvamaan.



Selvityksessä lasketut tuulivoimatuotannon painopistealuekohtaiset tehot havainnollistettuina



Keski-Suomen tuulivoimapotentiaali on jopa yli 40-kertainen vuoden 2022 toteutuneeseen tuotantoon verraten

FCG selvitys: Keski-Suomen maakuntakaavan 2040 tuulivoimamerkintöjen ja -määräysten kokonaisvaikutusten arviointi (Keski-Suomen liitto)

- Selvitys koskee maakuntakaavan 2040 viranomaisehdotuksen mukaisia tuulivoimatuotantoon soveltuvia alueita ja tarkastelussa on otettu huomioon myös yleiskaava-alueita.
- Osana selvitystä on arvioitu tuulivoiman laskennallista potentiaalia maakunnan alueella tuotantokapasiteetin (megawatteina) ja toteutuvan tuotannon (megawattitunteina) perusteella.
- Vaikutusarvion jälkeen hyväksytyssä maakuntakaavassa tuulivoima-alueiden ala pieneni n. 11 %.

2,5 – 3,0 GW

Tuulivoimapotentiaalin kokonaisteho

Yhteensä Keski-Suomen alueelle olisi laskennallisesti mahdollista sijoittaa 393-477 tuulivoimalaa yleiskaavan ja maakuntakaavan 2040 (vaikutusarvion) perusteella.

~ 7 100 – 8 700 GWh/v

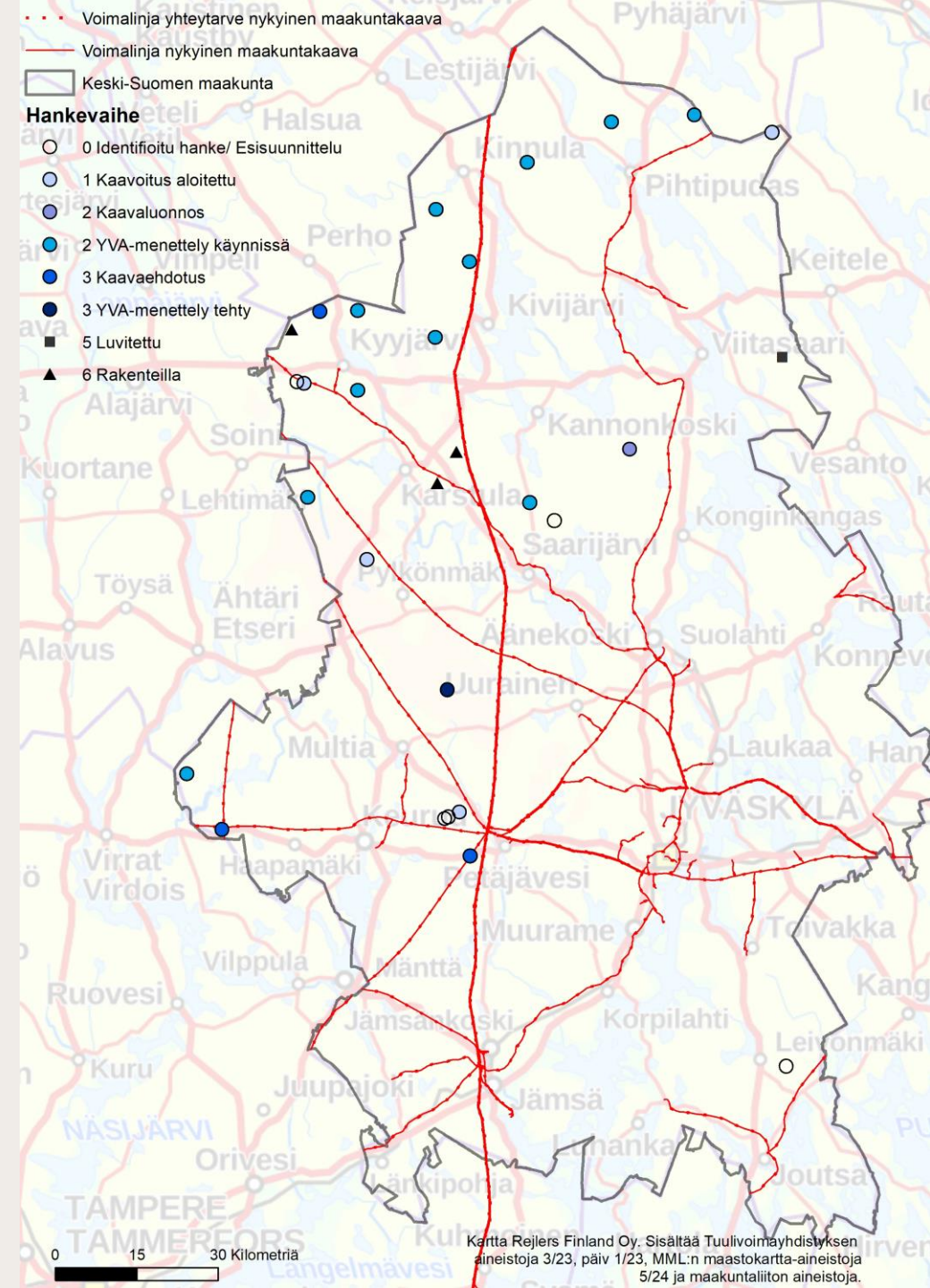
Tuulivoimatuotannon kokonaispotentiaali

Vertaa: v. 2022 toteutunut tuulivoimatuotanto oli 210 GWh.



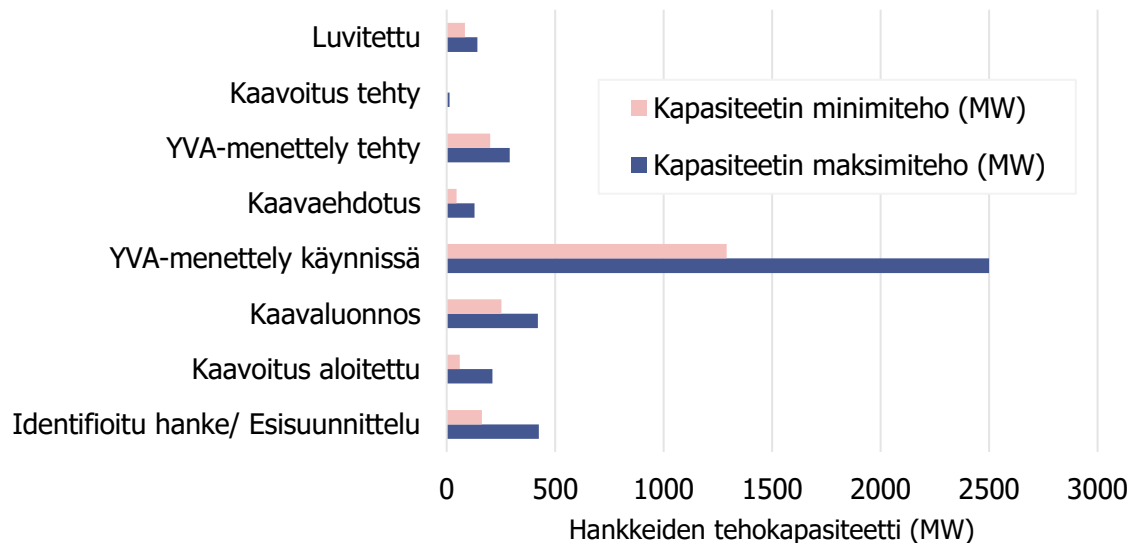
Käynnissä olevat tuulivoimahankkeet painottuvat maakunnan luoteisosiin

- Tuulivoimayhdistyksen tietojen mukaan maakunnan alueella on tuulivoimaprojekteja eri hankevaiheissa. Rakentamisvaiheessa olevat hankkeet ovat maakunnan keski- ja pohjoisosissa. Vuoden 2023 aikana rakennettiin useita hankkeita ja muutama hanke on edelleen rakentamisvaiheessa alkuvuodesta 2024.
- Varhaisemman vaiheen hankkeita on eri puolilla maakuntaa: niitä sijaitsee esimerkiksi Etelä-Pohjanmaan rajan läheisyydessä, Petäjäveden lähellä ja Elenian Kuhnamo-Viitasaari 110 kV:n voimajohdon lähellä
- Yhteensä vuosien 2022-2024 aikana on otettu käyttöön tai suunnitelmassa aloittaa tuotanto kuudessa uudessa tuulivoimapuistossa Keski-Suomessa. Näiden yhteenlaskettu nimellisteho on 247 MW.

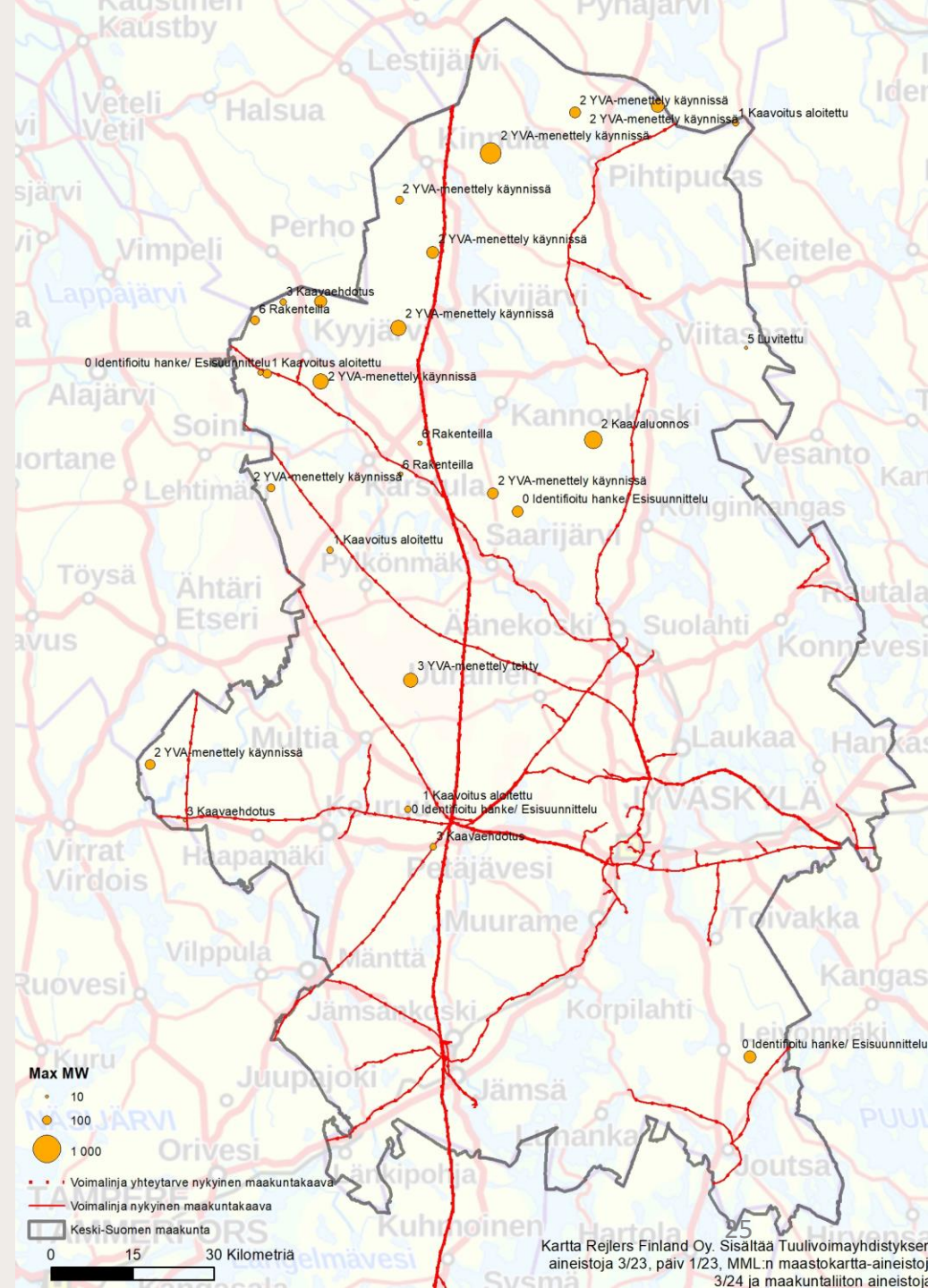


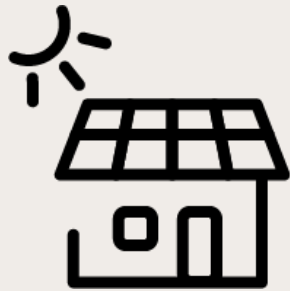
Tuulivoiman hankekapasiteetista suurin osa oli YVA-vaiheessa alkuvuodesta 2024

Keski-Suomen tuulivoimahankkeiden kokonaisteho hankevaiheittain (1/2024)



- Tuulivoimayhdistyksen hankelistan tietojen perusteella YVA-menettelyssä olevien hankkeiden arvioidaan valmistuvan enimmäkseen vuosina 2026-2028. Varhaisen kaavavaiheen tai esisuunnitteluvaiheen hankkeiden odotetaan valmistuvan enimmäkseen vuosina 2027-2028, mikäli tieto on ilmoitettu.
- Hankkeiden MW-tehona ilmoitettujen minimi- ja maksimiarvioiden välillä on tuntuja eroja vielä YVA-vaiheen aikanakin

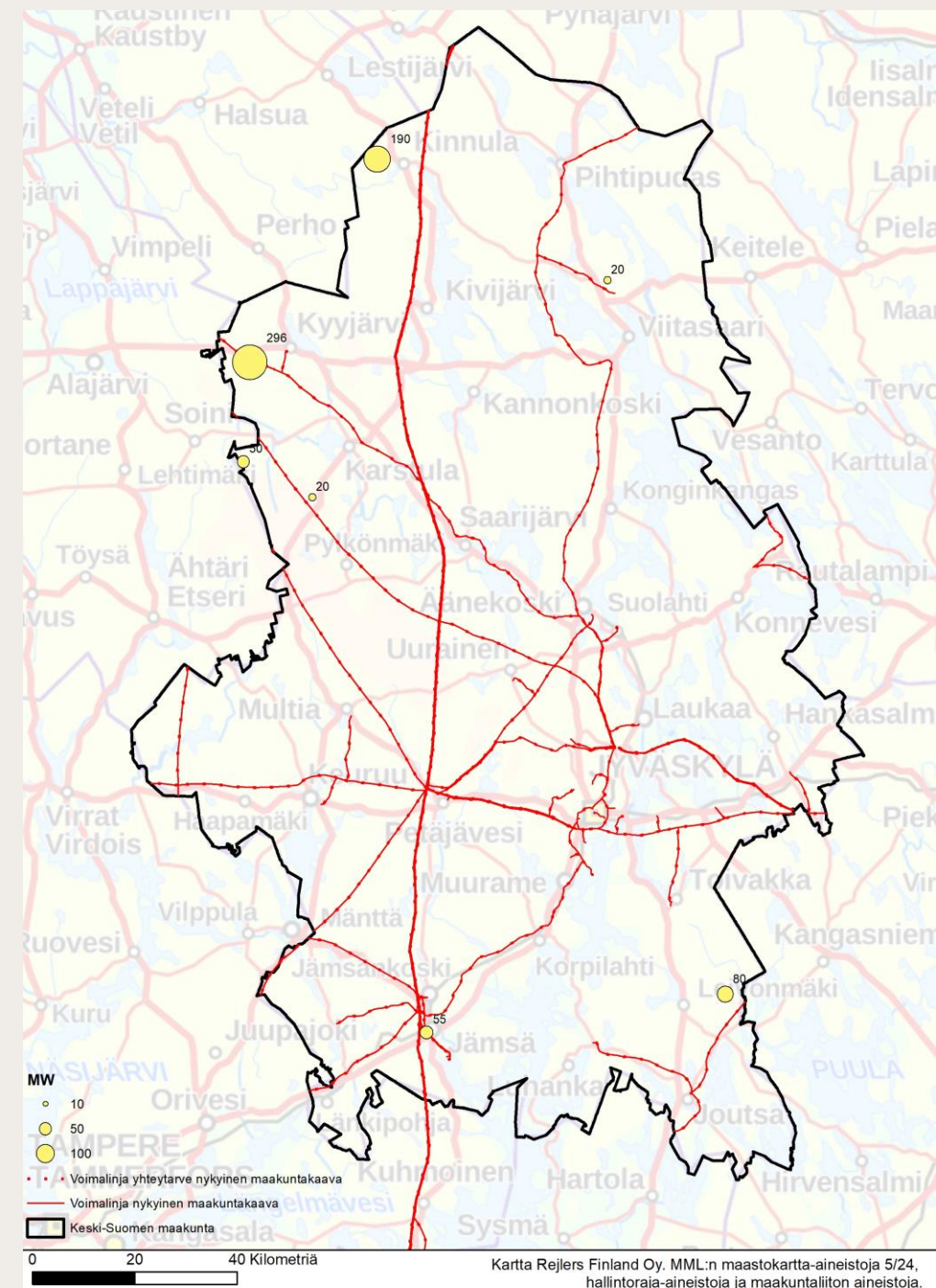




Aurinkovoima

Aurinkopuistohankkeissa on kehitteillä merkittävästi uutta tuotantokapasiteettia

- Aurinkovoimahankkeita käytiin läpi Motivan verkkopalvelun avulla, kunnilta tiedustelemalla ja lisätietoa tarkastettiin yritysten omilta sivuilta sekä havainnollistettiin oheisella teemakartalla tehon mukaan.
- Arviolta hieman alle 600 MW hankkeista oli alkuvuonna 2024 YVA- ja kaavavaiheessa, 135 MW oli varhaisessa luvitusvaiheessa eli kaavan käynnistys/luvituksen aloitusvaiheessa. **Hankkeiden ilmoitettu paneeliteho oli yhteensä 711 MW.**
- Lisäksi tunnistettiin kahden maakunnan alueelle sijoittuva tuulivoiman, aurinkovoiman ja sähkövaraston hybridihanke, joka ei sisälly edellä mainittuihin lukuihin. Luvut sisältävät vain aurinkovoimaosuuksien hybridihankkeissa. Luvut sisältävät julkisen vaiheen hankkeet.
- Läpikäytyt hankkeet olivat Könkkölä, Kaijansuo, Kauniskangas, Vehkaneva, Pihlassuo, Karhukorpi ja Vihuri.



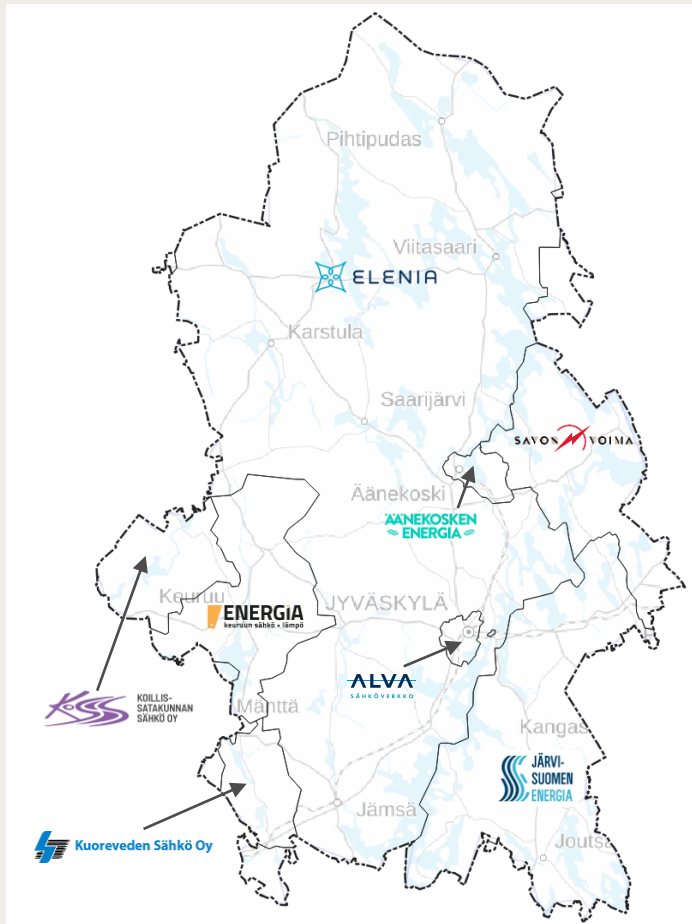


Nopea luvitus ja liityntä sähköverkkoon mahdollistaisi nykyisten aurinkopuistohankkeiden toteutumisen vuodeksi 2030

- Keski-Suomen alueella olevat julkiset aurinkoenergiaprojektit ovat osin YVA- ja kaavavaiheessa ja osin varhaisessa kaava-/luvitusvaiheessa.
- Koska laajempien hankkeiden toteutukseen arvioidaan menevän kokonaisuudessaan karkeasti 4-6 vuotta ja pienempien 3-4 vuotta, projektit voivat mahdollisesti toteutua vielä 2020-luvulla. Mikäli projekti toteutetaan olemassa olevan tuulipuiston yhteyteen eikä tarvita uutta voimajohtoa, tämä nopeuttaa rakentamista selvästi.
- Kaksi projektista sijoittuu maakunnan eteläosiin, jossa hankepaino on pienempi, minkä voi ajatella parantavan liittymismahdollisuuksia verkkoon. Sen sijaan Keski-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan raja-alueella on verrattain laajojen aurinkoenergiaprojektien lisäksi runsaasti tuulivoimahankkeita, mikä voi vaikuttaa liittymismahdollisuuksiin.
- Lähellä yhdyskuntarakennetta olevat projektit voivat pienestä koosta huolimatta edellyttää maankäytön suunnittelua ja kaavamuutosta.
- Käynnissä olevassa Ympäristöministeriön selvitysoikeudessa ja lainsäädäntöprojekteissa voidaan tehdä linjauksia aurinkoenergian luvitukseen ja kaavoitukseen liittyen. Mikäli suuria projekteja viedään eteenpäin kevyellä luvituksella, tämä lisää hankeriskiä, mutta tämä on sidoksissa myös voimaantuloaikatauluun ja tuleviin vaatimuksiin. Tarkastellut Keski-Suomen projektit kuitenkin pääosin kaavoitetaan yleiskaavaan nykytiedolla ja moneen sisältyy myös YVA.
- Maakuntakaavatasoinen mahdollinen ohjaus voi vaikuttaa projektien toteutumismahdollisuuksiin.
- Projektien laajuus voi muuttua tarkemmassa suunnittelussa, selvitysten seurauksena tai kaavaprosessissa.



Aurinkovoiman pientuotannon kehitys on ollut nopeaa kaikkien Keski-Suomessa toimivien jakeluverkkoyhtiöiden alueilla



+50 %

Keskimääräinen vuosikasvu vuosina 2018-2022

Viimeisen viiden vuoden aikana alueen verkkoyhtiöissä pientuotantolaitteistojen määrä on lisääntynyt keskimäärin 50 % vuosittain

2 %

Osuus alueen käyttöpaikoista, joihin on asennettu pientuotantoa.

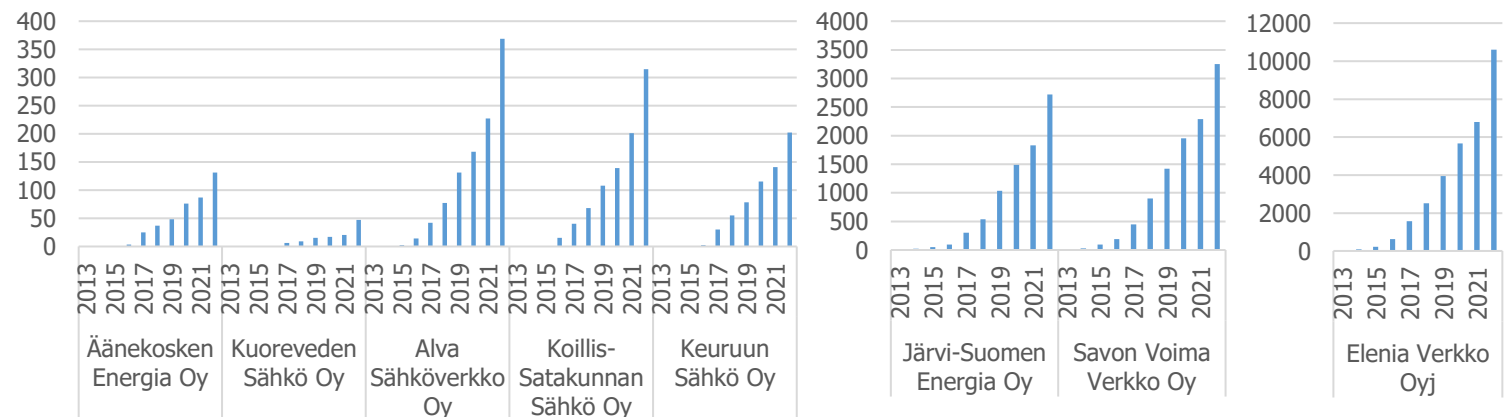
Keskimäärin kahteen prosenttiin alueen sähköverkkoyhtiöiden pienjännitteisistä käyttöpaikoista on asennettu pientuotantoa.

~4 000 kpl

Arvio pientuotantolaitteistojen määrästä vuonna 2023

Pelkästään Elenian vastuualueella Keski-Suomessa oli yli 3200 kpl verkkoon kytkettyjä aurinkosähkön pientuotantolaitteistoja

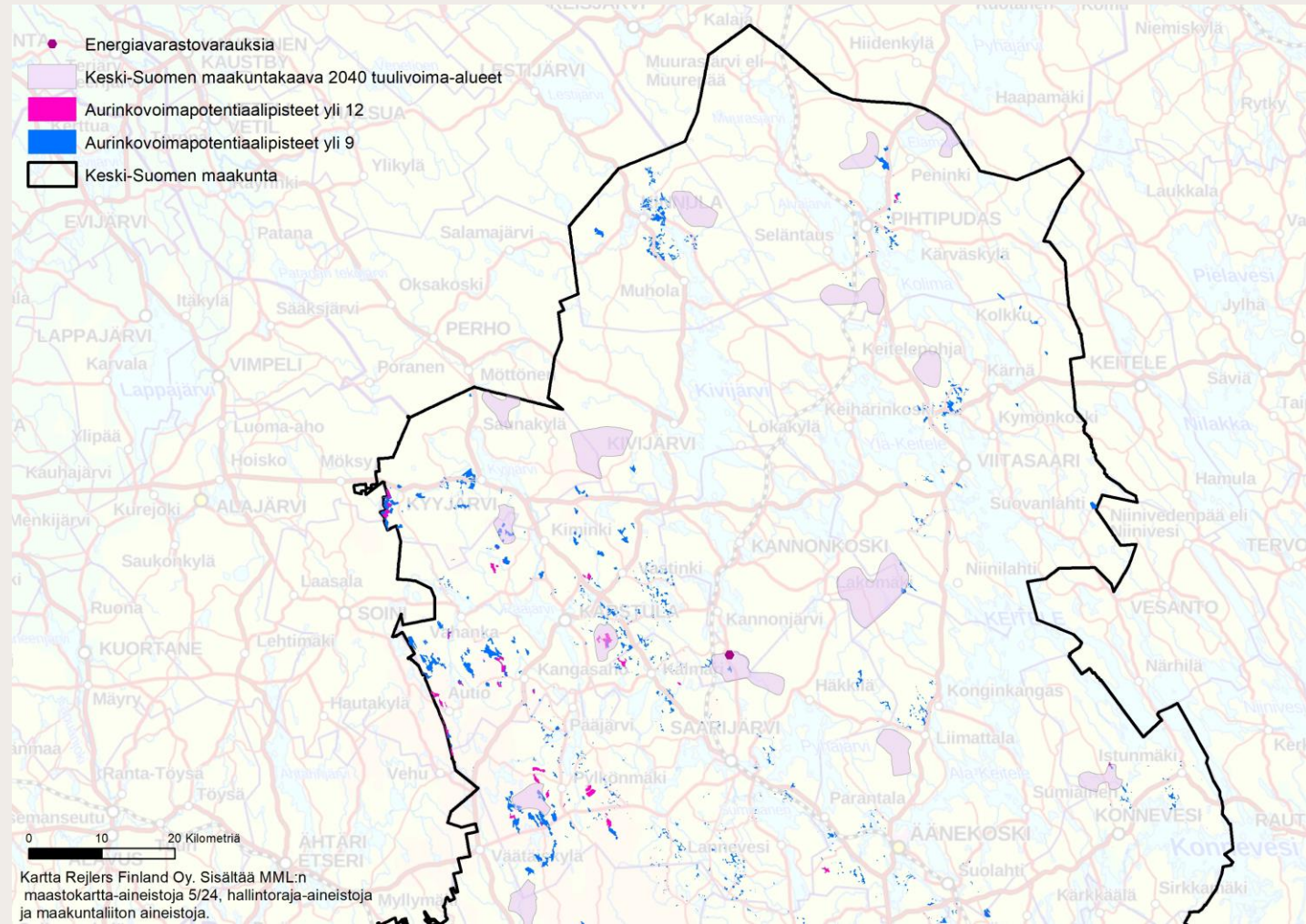
Pienjännitteisen verkon tuotannon verkkopalvelusopimuksien määrän kehitys alueen verkkoyhtiöissä





Aurinko- ja tuulivoiman hybridihankkeille tunnistettiin useita sopivia sijainteja

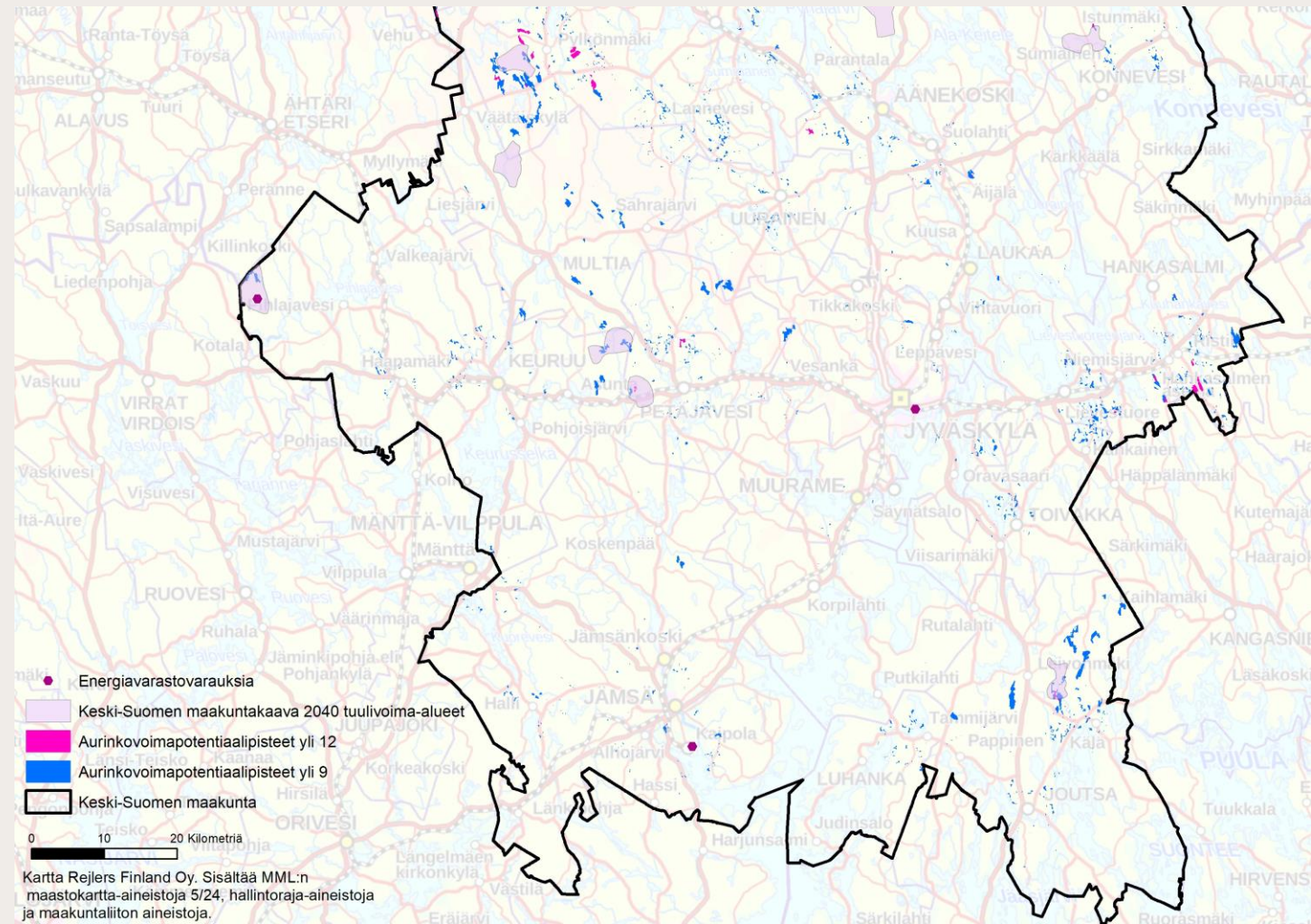
- Aurinkoenergiapotentiaalitarkastelun (liite 2), tämän kappaleen energianvarastointihankkeiden sekä tuulivoimamaakuntakaavan yhteistarkastelussa havaittiin, että osa tunnistetusta aurinkoenergiapotentiaalista sijoittuu maakuntakaavan tuulivoima-alueille ja osa sen välittömään läheisyyteen, jolloin alueilla olisi potentiaalia hybridihankkeisiin.
- Kaksi mahdollista energiavarastosijaintia sijoittuu tuulivoimayleiskaavan alueille. Kaipolan alueelle selvitetään puolestaan 30-35 MW aurinkovoimalaa.
- Kartta on jaettu tarkemman mittakaavan mahdollistamiseksi kahteen osaan tälle ja seuraavalle sivulle.





Aurinko- ja tuulivoiman hybridihankkeille tunnistettiin useita sopivia sijainteja

- Käytännön synergiaetuja aurinko- ja tuulisähkön tuotannon hybridihankkeissa olisivat muun muassa:
 - Sähköverkkoyhteyden hyödyntäminen ja mahdollisen uuden verkkolinjan rakentamiskustannusten kohdentuminen useammalle kuin yhdelle tuotantomuodolle tai -kohteelle
 - Tuulisuudesta ja auringon säteilystä riippuvaisten tuotantomuotojen osittainen eriaikaisuus; kokonaistuotannon heilahtelut voivat jäädä pienemmiksi kuin tuuli- ja aurinkovoiman erillishankkeissa





Bioenergia



Keski-Suomen biokaasun tuotannon kehityspotentiaalia siivittää huomattava alueellinen kysyntä

Envitecpolis Oy:n selvitys: Biokaasun tuotannon vauhdittaminen Keski-Suomessa, loppuraportti 8.3.2023 (Keski-Suomen Liitto)

- Tavoitteena oli määrittää biokaasun lisäämismahdollisuudet Keski-Suomessa, arvioida biokaasun tuotannon aluetalous- ja ilmastovaikutuksia sekä määrittää jatkotoimenpiteitä biokaasun tuotannon lisäämiseksi.
- Keski-Suomessa on kova kysyntä biometaanille, mikä on Suomenkin mittakaavassa harvinainen tilanne.
- Selvityksessä laitospäämäärät on johdettu Suomen Biokierto ja Biokaasu ry:n tekemistä laskelmista ja Valion BioPaavo -webinaarin esityksestä (11.11.2020), joiden arvioita on tarkennettu selvityksen aikana mm. haastattelujen avulla
- Biokaasun tuotantolaitoksia 4 kpl (Kalmarin tila, Mustankorkea Oy, Joutsan Ekokaasu Oy ja Nenäinniemen jätevedenpuhdistamo)
 - Nenäinniemeä lukuun ottamatta näissä tuotetaan myös biometaania
 - Metsäteollisuuden tietoja ei ollut käytettävissä, eikä kaatopaikkakaasun tuotanto sisälly lukuihin
- Biometaanin jakelijoita Keski-Suomessa 6 kpl (3 kpl JKL, Laukaa, Lievestuore ja Joutsa)
- Biokaasun tuotanto on nykytilassa n. 35 GWh/a

Yhteenveto teoreettisesta biokaasun tuotantopotentiaalista sekä lisäysmahdollisuuksista.



400 GWh/a

Biokaasun
tuotannon
kokonaispotentiaali

Teoreettinen lisäyspotentiaali biokaasun tuotannossa on noin 400 GWh/a, josta olemassa olevien laitosten ja eri toimijoiden suunnittelussa olevien laitosten lisävolyyymi noin 40 GWh/a.

Lisäksi skenaarion mukainen arvioitu biokaasun tuotannon vuotuinen lisäyspotentiaali raportissa kuvattujen ja arvioitujen laitospäämien kautta on noin 100 GWh, joka vastaa noin 25 % alueen määritetystä teoreettisesta biokaasupotentiaalista.



Keski-Suomen energiapuutermiinaalien kasvunäkymä on vähäinen – bioenergian tarve tyydytetään muita sivuvirtoja hyödyntäen

VTT:n selvitys: Keski-Suomen aines- ja energiapuutermiinaalit (22.4.2016)

- Keski-Suomessa sijaitsevia tai Keski-Suomeen energiapuuta toimittavia energiapuutermiinaaleja löydettiin yhteensä 29 kappaletta. Nämä termiinaalit ovat kunkin yhtiön omia varastopaikkoja (erillistermiinaalit) lukuun ottamatta Tiituspohjan termiinaalia (yhteistermiinaali)
- Yhteenlaskettu vuotuinen toimitusmäärä energiapuutermiinaalien kautta Keski-Suomessa on 157 700 kiinto-m³/vuosi, joka vastaa noin 315 400 MWh/vuosi
- Tämä on 19% Keski-Suomessa korjatusta ja 14% Keski-Suomessa käytetystä energiapuusta (lähde: metsätilastollinen vuosikirja 2014) → energiapuun laskennallinen käyttömäärä Keski-Suomessa n. 2 250 GWh/a
 - Valtakunnallinen luku on 43% käytetystä määrästä, joten energiapuun termiinaalivarastointi Keski-Suomessa on huomattavasti muuta maata vähäisempää
- Yhteistyö energiapuutermiinaaleissa on vähäistä; yhteisiä varastopaikkoja Keski-Suomessa on yksi. Varastot ovat yleensä yhtiöiden yksin omistamia ja operoimia.
- Energiapuutoimialalla selvityksessä ei löydetty merkittäviä termiinaalitarpeita. Termiinaaliverkosto on nykyisellään riittävä. Teoreettisesti tarkasteltuna eri toimijoiden yhteistyöllä ja suuremmalla yksittäisen energiapuutermiinaalin koolla voitaisiin kuitenkin saavuttaa skaalahyötyjä mm alhaisempien puun käsittelykustannusten kautta.



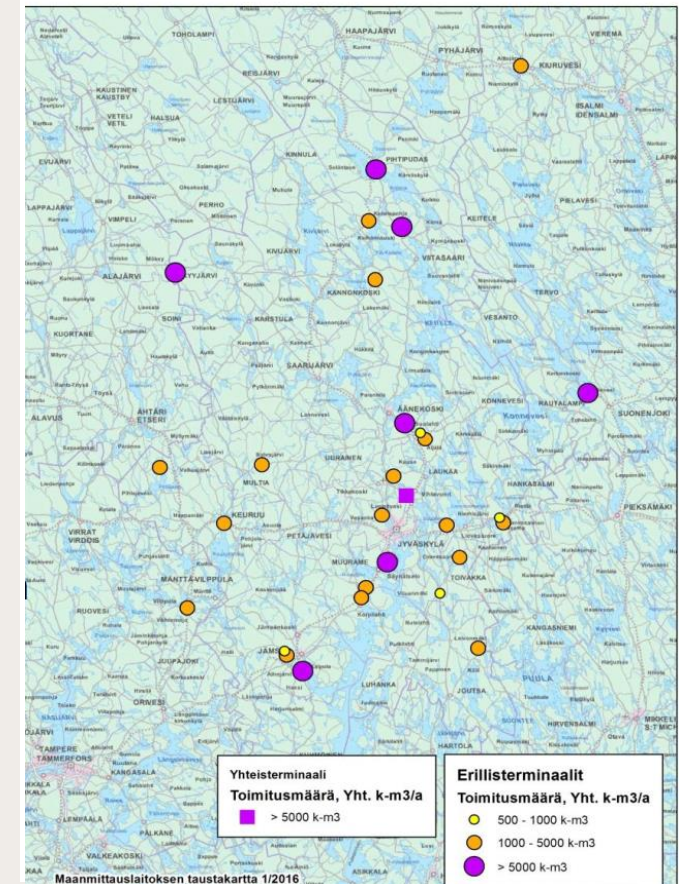
2 250 GWh/a
Energiapuun määrä

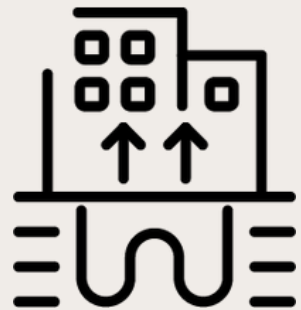
Selvityksessä ilmoitettu energiapuun laskennallinen käyttömäärä Keski-Suomessa n. 2 250 GWh/a

4 300 GWh/a
Bioenergian määrä

Energiataseesta 2022 arvioitu bioenergian määrä Keski-Suomessa. Bioenergian käyttöön ei ennusteta merkittävää muutosta.

Energiapuutermiinaalit





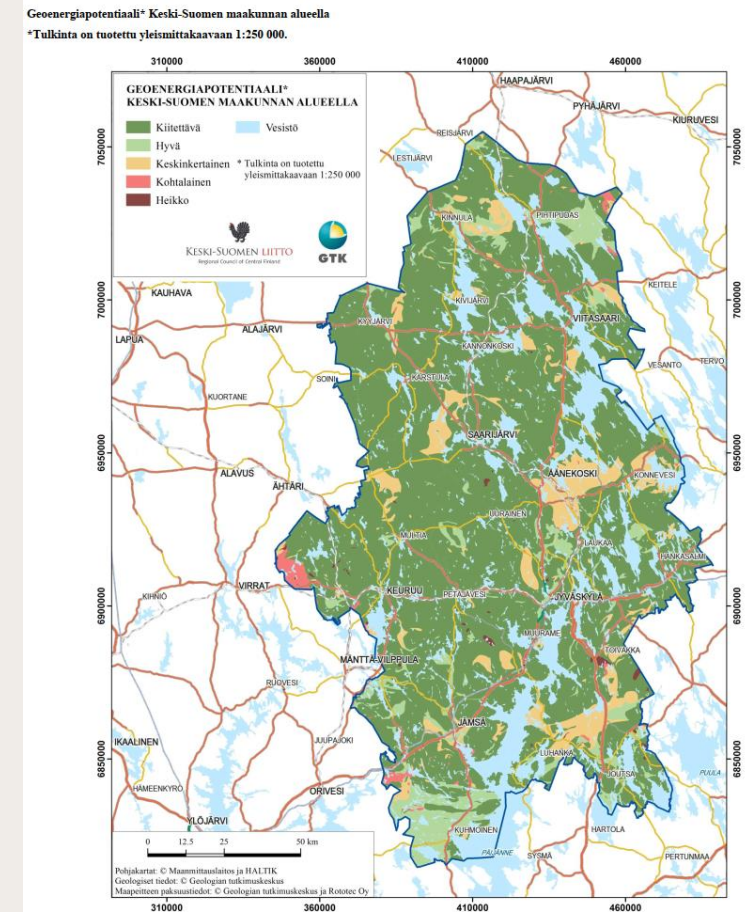
Geoenergia

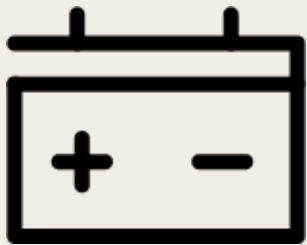


Keski-Suomen geoenergiapotentiaali on valtaosassa maakuntaa luokituksestaan hyvä tai kiitettävä

GTK:n selvitys: Keski-Suomen geoenergiapotentiaali, loppuraportti 17.6.2015 (Keski-Suomen liitto)

- Selvitys pyrkii antamaan tietoa maakuntakaavan suunnittelun tueksi alueen kivilajien lämmönjohtavuudesta sekä maapeitteen paksuuden vaihtelusta, sekä palvelemaan uusiutuvan geoenergian hyödyntämismahdollisuuksien arviointia.
- Keski-Suomen geoenergiapotentiaali on pääosin kiitettävä ja geoenergian hyödyntäminen soveltuu täten lähtökohtaisesti hyvin maakunnan alueelle
 - Maakunnan pinta-alasta n. 80 % kuuluu geoenergiapotentiaaliltaan luokkaan kiitettävä. Tämä johtuu ohuista maapeitteistä ja granitoidien laajasta levinneisyydestä alueella. Jopa 81 % maakunnan pinta-alasta on granitoideja, joiden lämmönjohtavuuden kivilajikohtaiset keskiarvot ovat keskimäärin muita kivilajeja paremmat
 - Samoin 98,6 % pinta-alasta kuuluu irtomaapeitteen paksuuden osalta luokkaan hyvä (0-20 m)
- Selvitys antaa kattavan kuvan lämmönjohtavuuden ja tätä kautta geoenergiapotentiaalinvaihtelusta, mutta tuloksia voitaisiin tarkentaa kohdekohtaisesti esim. syvälämmön osalta tai huomioida tarkemmin olemassa oleva rakennusten energian käyttö ja rakennuskanta ja laskea näistä käytännön lämpöpumpppotentiaalia.
- Lisäksi Energiayhtiö Alva tehnyt omia selvityksiä syvälämmön hyödyntämisestä kaukolämmön tuotannossa





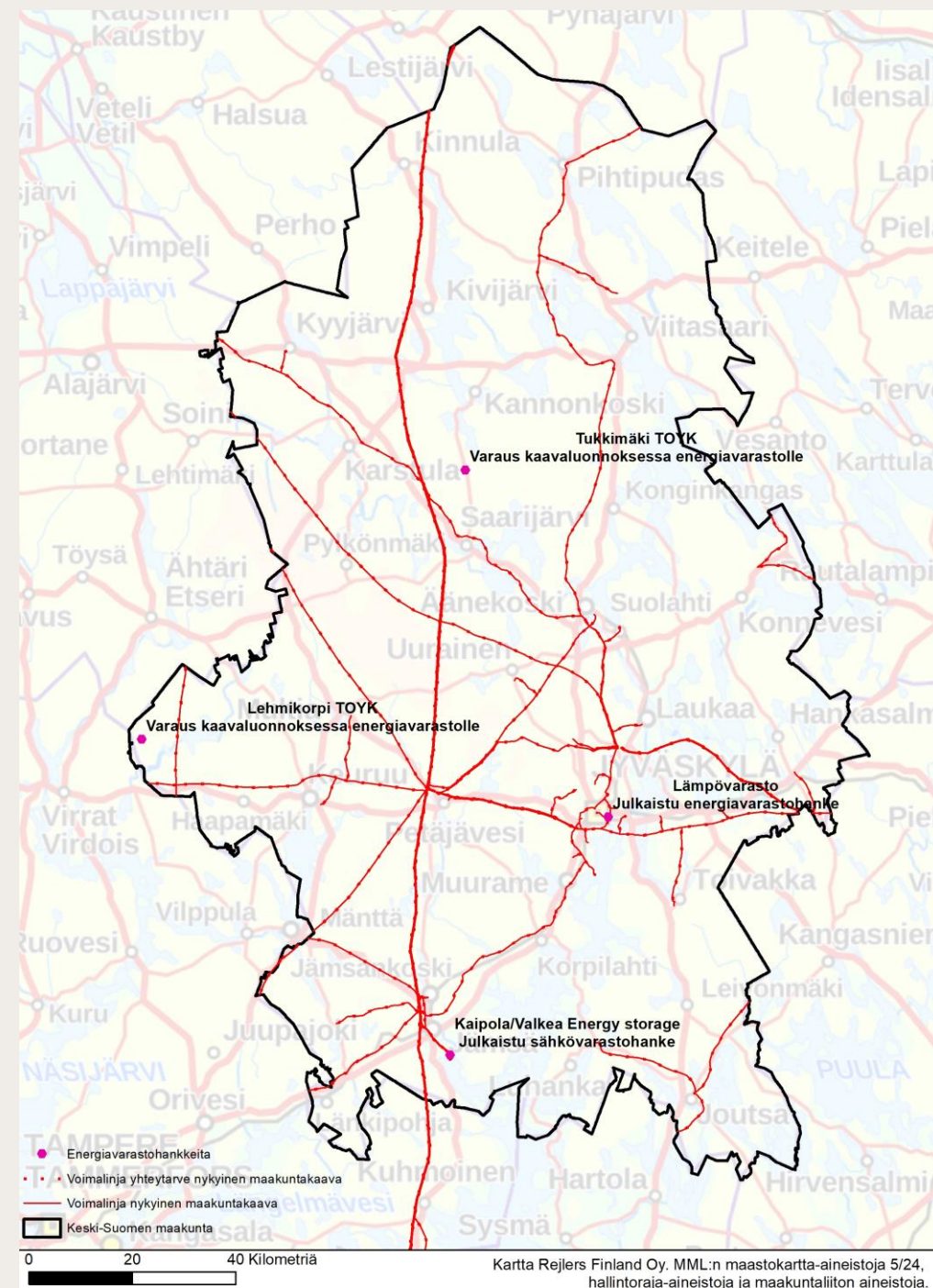
Energian varastointi

Sähkö- ja lämpöenergiavarastoja on jo kehitteillä Keski-Suomessa

Muun energiainfran läheisyyteen sijoittuvia sähkövarastohankkeita Keski-Suomessa:

- Valkea Energy storage (50-90 MW) Kaipolan entisen tehdas-alueen yhteyteen. Hankkeesta on julkaistu arvio investointitarpeesta 20-40 miljoonaa. Hankkeen ensimmäinen vaihe olisi 50 MW ja toinen 40 MW. (Alueelle on myös muita suunnitelmia mm. jätteenpolton, biometanolin ja aurinkovoiman osalta)
- Lehmikorpi ja Tukkimäki -tuulivoimahankealueiden yleiskaavoissa on huomioitu kaavassa sähkövaraston mahdollisuus (tarkemmin energiavarasto kappaleessa). Lisäksi mahdollisesti selvitysvaiheessa on uusiutuvan energian hankkeiden yhteydessä sähkövarastoja. Kaksi samaan hankekehittäjään linkittyvää kaavaa on varhaisessa vaiheessa. Luonnosvaiheessa selviää sisältykö niihinkin varaus varastolle.
- Ilmatar on saanut Työ- ja elinkeinoministeriöltä 19,5 miljoonan tuen Keski-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan rajan läheisyydessä olevaan Louhukankaan hybridihankkeeseen, johon kuuluu tuulipuisto, aurinkopuisto ja 25 MW/50MWh akkuvarasto. Todennäköinen akkuvaraston sijaintipaikka on Etelä-Pohjanmaan puolella, joten hanke ei sisälly Keski-Suomeen rajatuille kartoille.
- Lisäksi kartalla on kuvattu lämpövarastohanke ja sähkökattilat Rauhalahden voimala-alueelle.

Lähde: [Yle](#), [Pohjan Voima Oy](#), [Alva](#)





Uusiutuvan energian hanketiedot ja kokonaispotentialiaali koostettiin useita tietolähteitä hyödyntäen

Tarkastelussa on keskitytty julkisiin lähteisiin hankepotentialissa. Tämä perustuu todennäköisempään ja nopeampaan toteutettavuuteen ja tietosuojaan. Yhteenvedon tavoite on koostaa maakunnallista kokonaiskuvaa yhdistelemällä eri lähteitä ja selvitysten tuloksia. Käytetyt lähteet on listattu alle.

Tuulivoima

- Nykytilanne: energiatase 2022. (Vuonna 2023 Keski-Suomeen rakennettiin yli 100 MW uutta tuulivoimakapasiteettia.)
- Maksimipotentiaali määritettiin Keski-Suomen maakuntakaavan 2040 tuulivoimamerkintöjen ja –määräysten kokonaisvaikutusten arviointia hyödyntäen, arvion alarajan perusteella.
- Laskennassa käytetty hankepotentialiaali määritettiin kokonaisvaikutusten arvioinnin mukaan kaavoituksessa olevista hankkeista.

Aurinkopuistot

- Hanketilanne perustuu Motivan megawattikokoluokan aurinkovoimaloiden karttapalveluun ja hankkeiden verkkosivuilta koostettuihin tietoihin. Määrä ei sisällä esiselvitysvaiheen hankkeita. Skenaarioihin on sisällytetty hankekannan perusteella tehdystä tuotantoarviosta 95 %.
- Kokonaispotentialiaali on tehty Rejlersin arviona paikkatietotarkastelun pohjalta.

Hajautettu aurinkotuotanto

- Nykytilanne Energiaviraston tilastoista suhteutettuna rakennusmäärillä
- Hankepotentialiaalia arvioitiin Rejlersin skenaariotarkasteluna vuodelle 2030
- Kokonaispotentialiaali määritettiin Rejlersin paikkatieto- ja laskentatarkasteluna.

Bioenergia

- Biokaasun nykytilanne, kokonaispotentialiaali ja hankepotentialiaali biokaasuselvityksestä vuodelta 2023. (Selvitystä tehdessä tunnistettiin yksi hanke, jonka rakentuminen on alkanut vuoden 2023 aikana ja joka on voinut muuttaa nykytilannetta hieman, mutta joka sisältyy alkuperäiseen selvitykseen. Kyseessä on Mäntyniemen tilan 1100 m³ mädätysreaktori)
- Puubiomassan käyttöön vaikuttavia uusia hankkeita ei tässä selvityksessä kartoitettu tarkemmin



Skenaarioarviointi



Keski-Suomen vihreän siirtymän skenaarioita arvioidaan tunnistettujen hankkeiden ja niiden vaikutusten kautta

Hankekannan toteutuminen riippuu useista tekijöistä

- Alkuvuonna 2024 tiedossa olleiden Keski-Suomen biokaasu-, tuulivoima- ja aurinkovoimahankkeiden toteutuminen muuttaisi tuntuvasti maakunnan energiatasetta vuoteen 2030 mennessä. Uusien tuotantohankkeiden lisäksi kehitteillä on myös energiavarastoja tasapainottamaan tuuli- ja aurinkovoiman vaihtelevaa tuotantoa sekä sähköksi että lämmöksi varastoituna.
- Hankkeiden realisoituminen vaatii onnistumisia useilla osa-alueilla:
 - **Lupa-asiat soveltuvin osin:** YVA ja ympäristölupa, sähköverkkoyhteyden luvitus, rakennuslupa, kaavoitusratkaisut, maanomistajien ja paikallisten sidosryhmien tuki sekä maankäyttösopimukset
 - **Investoinnin rahoitus:** pääomasijoittaja, lainarahoituksen korkotaso, teknologian kustannuskehitys
 - **Tuotannon myynti ja ansaintamalli:** sähkönmyynti (PPA / tukkumarkkinat), tuotannon ja kysynnän ennusteet, energiavarastojen kannattavuuslaskenta
- Uudet hankkeet tarvitsevat kestävien maankäytön ratkaisujen lisäksi hyvän näkymän vakaasta käytönaikaisesta kassavirrasta – esimerkiksi tuuli- ja aurinkovoimahankkeet hyötyvät PPA-sopimuksista sähkön ostajan kanssa

Potentiaalia arvioidaan skenaarioilla tulevaisuuteen

Hankekantaa sekä teknologioiden tunnistettua potentiaalia arvioidaan esimerkkiskenaarioilla, jotka kuvaavat vaihtoehtoisia näkymiä Keski-Suomen energiajärjestelmän tulevaisuuteen. Hiilineutraalin Keski-Suomen edistämistä tarkastellaan neljän skenaarion pohjalta:

1. **Nykytilan** kuvaus on laadittu vuoden 2022 energiataseen pohjalta.
2. **Perusura** kuvaa päästöjen vähenemisen skenaariota vuoteen 2030, jossa **päästötaso (ktCO₂e) putoaa keskimäärin 4,5 % vuodessa**. Tämä luku pohjautuu Suomen ympäristökeskuksen Hinku-datan mukaisiin muutoksiin päästöissä v. 2019-2022, huomioiden Keski-Suomen teollisuuden poikkeavat muutokset v. 2019-2020.
3. **Kunnianhimoinen kehitys** -skenaariossa alkuvuonna 2024 tunnistetuista tuuli- ja aurinkovoimahankkeista suuri osa on toteutettu. Lisäksi tässä skenaariossa liikenteen sähköistyminen etenee voimakkaasti ja turpeen käytöstä kaukolämmön tuotannossa sekä öljyn käytöstä rakennusten lämmitysaineena on luovuttu.
4. **Nettoshiilineutraali Keski-Suomi** –skenaariossa Keski-Suomen tunnistetusta aurinko- ja tuulivoimapotentialista hyödynnetään merkittävä osuus. Tässä skenaariossa uusiutuvan sähkön vienti maakunnan ulkopuolelle kompensoi nettopäästölaskennassa muut päästösektorit.



Aktiivisen hankekannan toteutuminen vuoteen 2030 mennessä lisäisi uusiutuvan energian tuotantoa merkittävästi

Mikäli tuulivoiman, biotalouden ja aurinkovoiman kaikki alkuvuonna 2024 tiedossa olleet julkistetut hankkeet toteutuisivat, Keski-Suomen energiankäyttö muuttuisi merkittävästi etenkin sähkön kulutuskohteiden ja tuotannon osalta. Sähköistyminen parantaa myös energiatehokkuutta, jolloin vähemmällä primäärienergian kulutuksella voidaan ylläpitää nykyinen taso esimerkiksi rakennusten lämpötiloissa tai tieliikenteen ajosuoritteissa.

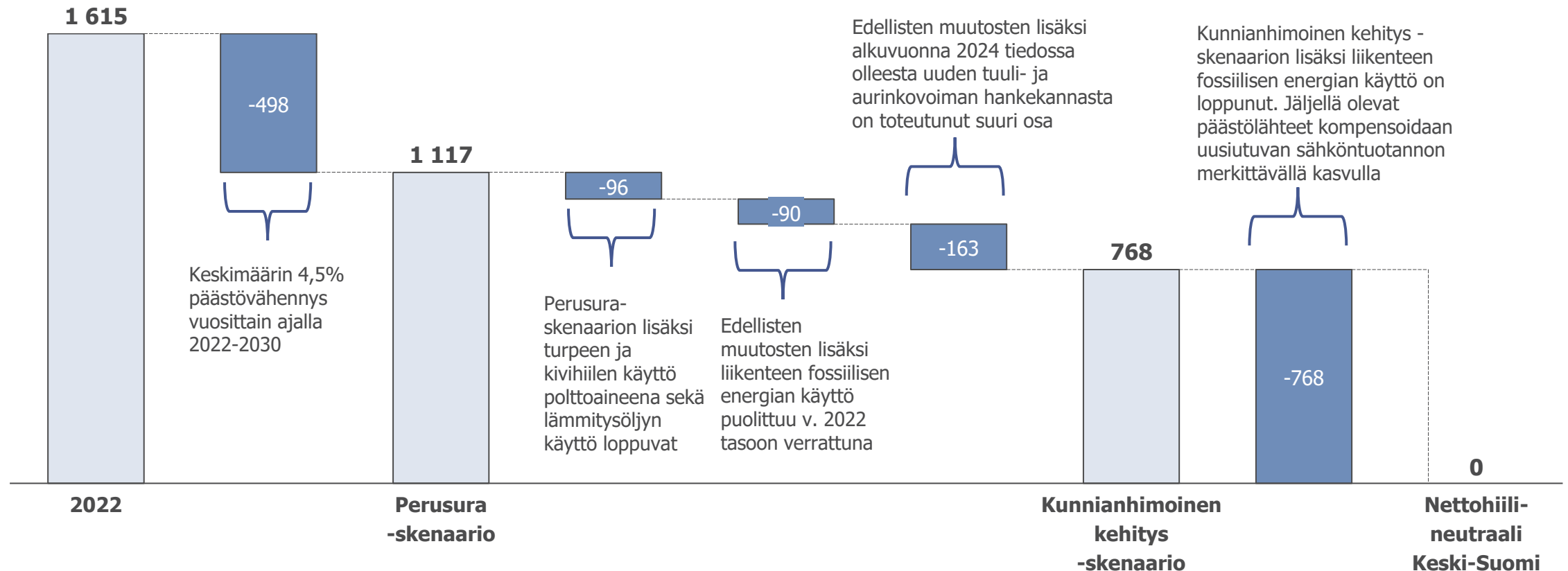
Kunnianhimoinen kehitys -skenaarion energialähteiden muutoksia ja oletuksia nykytilaan (v. 2022) verrattuna

Fossiilisen energiankäytön vähentäminen	Fossiilienergian vähennys (GWh/a)
Liikenteen fossiilisen energian käyttö on puolittunut v. 2022 tasoon nähden	- 1126
Turpeen ja kivihiilen poltto on lopetettu kokonaan	- 1047
Rakennusten öljylämmityksestä on siirrytty kokonaan sähköisiin ratkaisuihin	- 627
Uusiutuvan sähköntuotannon lisääminen	Uusiutuvan energian lisäys (GWh/a)
Aurinkovoimaa on otettu käyttöön runsaasti sekä hajautettuna pientuotantona että aurinkopuistoissa. Vuonna 2024 tunnistetuista aurinkopuistohankkeista Keski-Suomessa on toteutettu 95 %.	+ 790
Uutta tuulivoimatuotantoa rakennetaan siten, että julkistetusta hankekannasta toteutetaan merkittävä osuus, mutta vuosituotanto ei kuitenkaan yllä hankekannan arvioiden yläpäähän.	+ 988
Esimerkkejä energiatehokkuuden paranemisesta Kunnianhimoinen kehitys -skenaariossa	Energiankulutuksen vähennys (GWh/a)
Sähköisen liikenteen hyötysuhde-etu polttomoottoreihin nähden	- 225
Lämpöpumppuratkaisujen hyötysuhde-etu öljylämmitykseen verrattuna	- 314
Sähkökattiloiden hyötysuhde-etu turpeen polttamiseen verrattuna. Hyödyn saamiseksi oletetaan, että korvaava sähkökattilan sähkö hankintaan esimerkiksi hiilineutraalina tuulisähkönä.	- 105



Päästöjä voidaan vähentää merkittävästi jo vuoteen 2030 mennessä, mutta se edellyttäisi energiatehokkuustoimia kaikilla sektoreilla

Keski-Suomen energiaskenaarioiden vuotuiset päästöt ja energiatoimien vaikutukset niihin (ktCO₂e/a)



Lähde: [Luke](#), [Syke](#), [Fingrid](#). Uuden sähköntuotannon päästökompensaatio on laskettu v. 2022 Suomessa kulutetun sähkön päästökertoimella 93 g CO₂ / kWh.

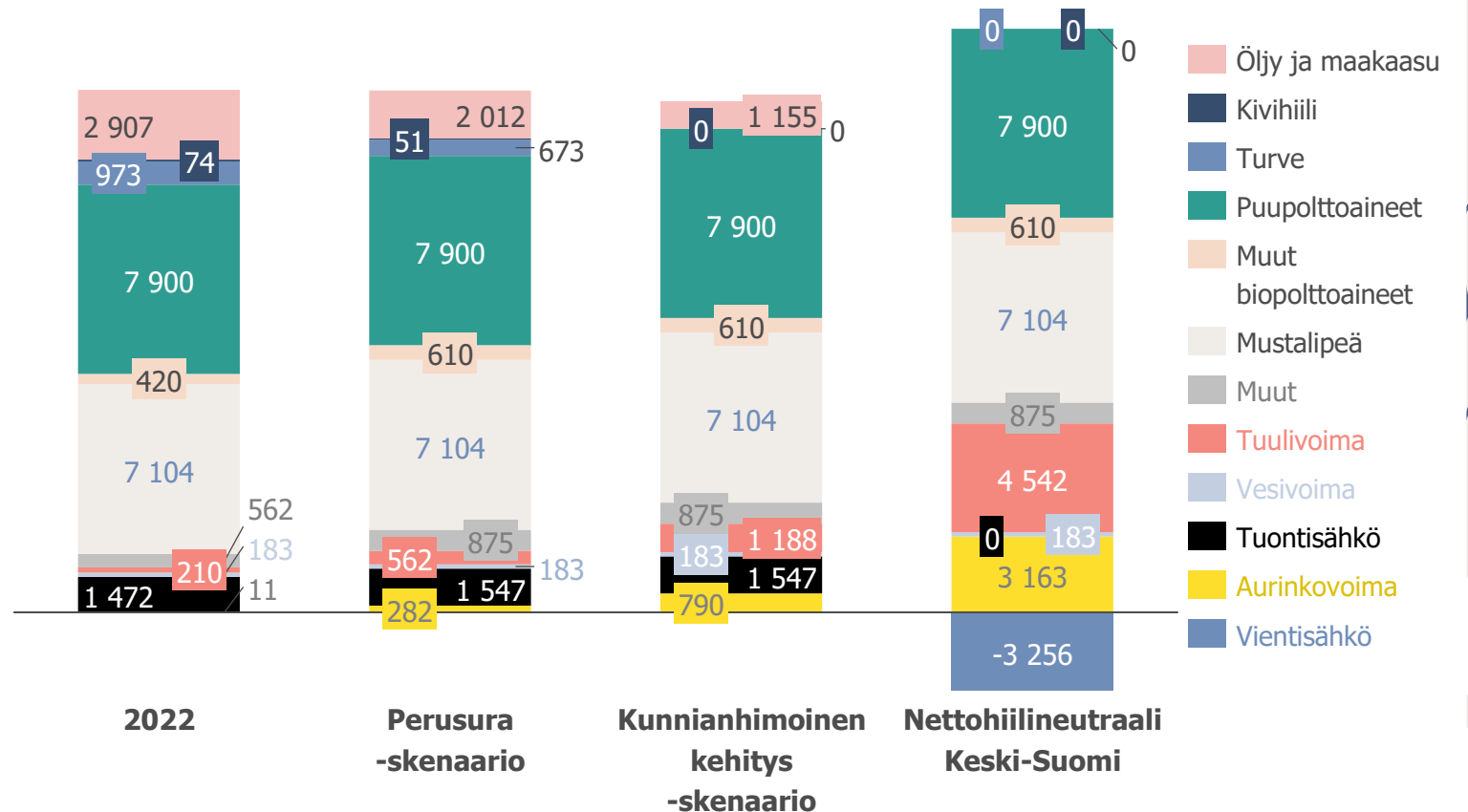


Tulevaisuuden skenaarioissa Keski-Suomi voi kehittyä tuuli- ja aurinkosähkön hiilineutraaliksi tuotantokeskittymäksi

Esitetyissä skenaarioissa sähköistyminen on kantava teema, joka muuttaa energianlähteiden jakaumaa merkittävästi. Todellinen muutos energianlähteiden välillä nykytilaan verraten voisi olla vielä tässä esitettyä suurempikin, jos sähkötaseen muutosten lisäksi esimerkiksi biomassan käyttö laskee, tai alueen metsäteollisuuden laitosten energiaratkaisut muuttuvat merkittävästi.

- **Päästövähennysten toteutuminen vaatisi sähköisten ratkaisujen ohella esimerkiksi energiatehokkuuden parannustoimia, etenkin päästöintensiivisillä sektoreilla**
- Kokonaisenergian käyttö laskee esitetyissä skenaarioissa vain hieman. Hiilineutraaliustavoitteen saavuttaminen ei kuitenkaan välttämättä edellytä energiankäytön laskua, sillä esimerkiksi nettopäästöjä vähentävät vetytalouden ratkaisut vaatisivat runsaasti uusiutuvaa sähköä
- Kunnianhimoinen kehitys –skenaariokaan ei vielä riitä tekemään Keski-Suomesta nettopäästöjen näkökulmasta hiilineutraalia. **Hiilineutraaliustavoitteen saavuttaminen ehdotetuilla keinoilla vaatisi, että yli 50 % tunnistetusta tuuli- ja aurinkovoiman kokonaispotentialista toteutetaan.**

Energianlähteiden kokonaiskäytön ja sähköntuotannon esimerkkiskenaariot (GWh)



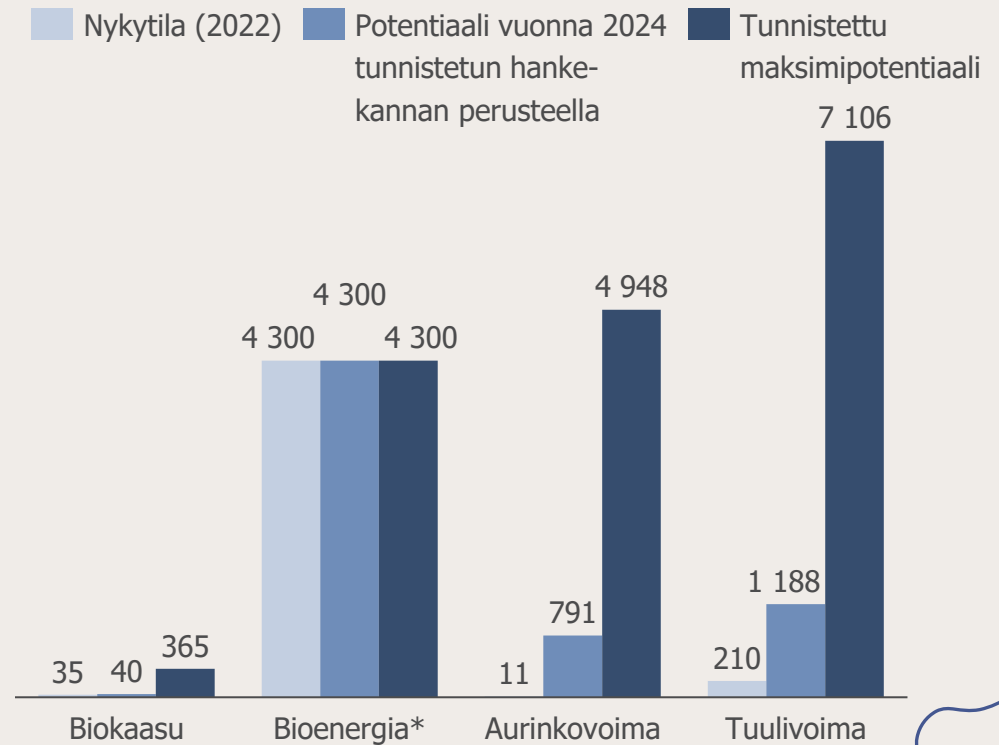


Keski-Suomessa energiantuotannon merkittävin kasvupotentiaali on tuuli- ja aurinkovoimassa

- Biokaasun tuotantopotentiaali on 10-kertainen nykytilanteeseen nähden, mutta hankkeiden toteutuminen riippuu vahvasti myös kysynnän kehityksestä
- Puupohjaisen bioenergian potentiaalin ei odoteta kasvavan nykytilasta, sillä Keski-Suomen hakkuukertymä oli lähellä suurinta ylläpidettävissä olevaa tasoa vuosina 2016-2021. Naapurimaakunnissa kestävä maksimitaso hakkuissa on jopa ylitetty, joten puuenergian kestävä käytön näkymä ei ole Keski-Suomessa nousujohteinen.
- Aurinkovoimassa suurin kasvupotentiaali on keskitetyissä aurinkopuistoissa, joita ei >1 MW kokoluokassa ollut vielä toiminnassa Keski-Suomen alueella vuonna 2022. Myös hajautetun pientuotannonkin laskennallisesta potentiaalista oli kuitenkin käytössä alle prosentti v. 2022
- Tuulivoiman suunnitellut ja toteutuskelpoiset hankkeet vuoteen 2030 mennessä tulevat moninkertaistamaan tuulituotannon v. 2022 tasosta. Tuulivoiman kokonaispotentiaali on silti huomattavasti julkistettua hankekantaakin suurempi, aurinkovoiman hankekantaa on myös enemmän kuin mitä on julkaistu.

Lähde: [Luke](#)

Energianlähteiden potentiaali (GWh)



*) Bioenergia kattaa tunnistetun puupohjaisen biomassan käytön sähköksi ja lämmöksi, sisältäen sekä teollisuuden sivuvirtabiomassat että energiapuun



Keski-Suomen vihreä siirtymä voi hyötyä energiavarastoista, joista kaukolämpöakuilla on merkittävin potentiaali

Keski-Suomen fossiilisen energian käyttö painottui vuoden 2022 energiataseessa kaukolämmöntuotannon turpeeseen, kotitalouksien lämmitysöljyyn ja liikenteen fossiilisiin polttoaineisiin. Hiilineutraali Keski-Suomi 2030 –tavoitteen saavuttamiseksi tarvitaan muutoksia näissä käyttökohteissa.

Turpeen käyttöä voitaisiin korvata esimerkiksi sähkökattilan tai lämpöpumpun ja kaukolämpöakun yhdistelmällä. Kotitalouksissa vaihtoehtoja öljylämmitykselle ovat esimerkiksi kaukolämpö ja lämpöpumput. Lämpöpumput ja sähkökattilat lisäävät maakunnan sähkönkäyttöä, mikäli ne korvaavat polttamiseen perustuvaa energiaa.

Uusiutuvan sähköntuotannon eli tuuli- ja aurinkovoiman tunnistettu lisäpotentiaali voisi riittää tekemään Keski-Suomesta vuositason sähköomavaraisen siitä huolimatta että lämmityksen ja liikenteen sähköistyminen lisääisivätkin maakunnan sähkönkulutusta. Energian varastoinnin osalta haasteelliseksi muodostuu kuitenkin tarvittavan kapasiteetin toteutus oikeassa muodossa: hiilineutraalissa energiajärjestelmässä suurin osa varastoidusta energiasta tulisi olla palautettavissa sähköksi, jonka varastoinnin ratkaisut eivät ole kypsyysasteiltaan tai kustannustehokkuudeltaan lämpöakkujen tasolla.

Case-esimerkki 1: **Tuulisähköä akkuvarastoihin**

Mikäli Keski-Suomen koko v. 2022 tuulivoimakapasiteetin (130 MW) verran haluttaisiin varastoida sähköä akkuihin siten, että 10 tunnin tuotantoa vastaava määrä voitaisiin ladata ja purkaa vaihtelevasti, akuston koko olisi 130 MW / 1300 MWh. Tämä vastaisi energiakapasiteetiltaan esimerkiksi n. yhdeksää kappaletta Neoenin Lappeenrannan Yllikkälän (hankevaiheet 1 & 2) akkuvarastoja, mikä tarkoittaisi kokonaisuutena merkittävää maankäytön suunnittelun tarvetta.

Case-esimerkki 2: **Turpeesta eroon sähkökattilalla ja kaukolämpöakulla**

Lämpölaitos haluaa vähentää turpeensa käyttöä 20 GWh/a. Turve korvataan sähkökattilalla ja kaukolämpöakulla eli vesivarastolla, jota lämmitetään sähkön hinnan ollessa vaihtoehtoisia lämmönlähteitä alhaisemmalla tasolla. Tällaisen kaukolämpöakun energiakapasiteetti voisi olla n. 100 MWh, tehokapasiteetti n. 8 MW ja kokoluokka 2300 m³. Tämän kokoluokan lämpövarasto on maankäytön vaikutusten osalta vähäinen, eikä siihen liity merkittäviä ympäristöriskejä.



Energiahankkeiden toteutuminen vaatisi yli miljardin euron investointipäätökset Keski-Suomessa vuoteen 2030 mennessä

- Keski-Suomen selvitys- ja luvitusvaiheen tuulivoimahankkeissa on kyse satojen miljoonien eurojen investoinneista, vaikka toteutuvaksi uudeksi voimala-kokonaisuudeksi laskettaisiin alle puolet luvitettujen ja YVA-vaiheessa olevien hankkeiden kapasiteetista
- Teollisen kokoluokan aurinkopuistoissa investoinnin euromääräistä suuruutta ohjaa sijaintikohteen ja puiston ominaisuuksien ohella etenkin paneelien hintataso, joka on ollut 15 vuoden aikavälillä laskeva. Muiden järjestelmälaitteiden osuus kustannusmuutoksissa on pienempi.
- Aurinkovoiman pientuotannossa yksikkökustannukset voivat olla jonkin verran aurinkopuistoja suuremmat, mutta niissäkin investointihintaa ohjaa voimakkaasti paneelien ja järjestelmälaitteiden kustannuskehitys
- Energian varastointi akkuihin on energiayksikkö-kustannuksia tarkastellessa huomattavasti kalliimpaa kuin kaukolämmön tuotannossa hyödynnettävien vesivarastojen rakentaminen

Suuntaa antavia investointitarpeita Keski-Suomen energiamurroksessa aikavälillä 2024-2030

Sektori	Arvio uusien hankkeiden kokonais-kapasiteetista	Karkea arvio vaadittavista investoinneista
Tuulivoima	500 MW	600-750 M€
Aurinkopuistot	670 MW	350-650 M€
Aurinkovoiman pientuotanto	60-200 MW	40-300 M€
Esimerkki akkuvarastojen kokonaisuudesta (perustuen edellisen kalvon Case-esimerkkiin 1)	1300 MWh	500-800 M€
Esimerkki kaukolämpöakkujen eli vesivarastojen kokonaisuudesta turpeen osittaiseen korvaamiseen maakuntatasolla (perustuen sähkökattiloiden hyödyntämiseen)	3400 MWh	25-30 M€

Lähde: [Tuulivoimayhdistys](#), [Fraunhofer ISE](#), [EK](#), [Brattle](#). Investointitarpeiden arvio mukailee pääosin selvityksen *Kunnianhimoinen kehitys* –skenaariota.



Keski-Suomen maakuntakaavoituksen nykytilanne ja mahdollisuudet energiamurroksen näkökulmasta



Keski-Suomen maakuntakaavassa 2040 huomioidaan tuulivoimatuotannon ja liikenteen kehityshankkeet

Keski-Suomen liitossa maakuntakaavoitusta tehdään ns. rullaavalla periaatteella, joka tarkoittaa, että maakuntakaavaa päivitetään tarvittaessa kertyneiden muutostarpeiden mukaan. **Keski-Suomen maakuntakaava** on saanut lainvoiman 28.1.2020.

Maakuntien olojen huomioimisesta seuraa (MRL 28§: Kaavaa laadittaessa on kiinnitettävä huomiota maakunnan oloista johtuviin erityisiin tarpeisiin), että seudullisen merkittävyyden määrittely esim. tuulivoimatuotannon osalta vaihtelee. Keski-Suomessa seudullisesti merkittävän tuulivoimatuotannon kokorajaksi on määriteltä vähintään 10 voimalan alueet. Naapurimaakunnissamme kokoraja vaihtelee 7-10 voimalan välillä. Ao. kokoraja esitetään tv-merkinnän kuvauksessa kaavakartalla ja se on keskeisimpiä tuulivoimatuotannon sijoittumisen ohjauskeinoja maakuntakaavassa. Perustelut on esitetty kaavaselostuksessa.

Keski-Suomen maakuntahallitus päätti 23.2.2024 **Keski-Suomen maakuntakaavan 2040** voimaan tulemisesta. Maakuntavaltuuston 8.12.2023 hyväksymä maakuntakaava kumoaa tai muuttaa osittain lainvoimaisen Keski-Suomen maakuntakaavan kaavaratkaisuja. Keski-Suomen maakuntakaava 2040 käsittelee **seudullisesti merkittävää tuulivoiman tuotantoa ja liikennettä**. Lisäksi on tarkasteltu hyvinvoinnin aluerakennetta. Maakuntakaava 2040 muuttaa ja täydentää voimassa olevaa maakuntakaavaa (v. 2020) em. teemojen osalta, muilta osin aiemmin laadittu Keski-Suomen maakuntakaava jää voimaan sellaisenaan.

Lähde: [Keski-Suomen maakuntakaava 2040](#)



Keski-Suomen maakuntakaavassa osoitetaan 19 seudullisesti merkittävään tuulivoimatuotantoon soveltuvaa aluetta.



Maakuntakaava 2040 sisältää seudullisesti merkittäviä tuulivoima-alueita, mutta ei aluevarauksia aurinkovoimalle

Tuulivoimarakentamisen ripeän teknologisen kehittymisen myötä **Keski-Suomesta on varsin nopealla aikataululla tullut tuulivoimatoimijoita kiinnostava alue**. Maakuntakaavaan 2040 on esitetty vaikutuksiltaan vähintään **seudullisesti merkittävät tuulivoimatuotantoon soveltuvat alueet (tv -alue)**. Seudullisesti merkittävän tuulivoimatuotannon sijoittumisen ohjaaminen perustuu koko maakunnan kattaviin suunnitteluperusteisiin ja selvityksiin. Kaavaratkaisussa osoitetaan kaikkiaan 19 tuulivoimatuotantoon soveltuvaa aluetta. Ratkaisu mahdollistaa noin 348 tuulivoimalan toteuttamisen yleispiirteinen suunnittelutaso ja maakuntakaavan tavoitevuosi huomioiden. Maakuntakaavan tuulivoimatuotannon aluerajaukset perustuvat kattaviin luonto-, maisema- ja sähkönsiirtoselvityksiin sekä vaikutusten arviointeihin. Lisäksi on laadittu paikkatietopohjainen puskuritarkastelu ja selvitys tuulivoimaloiden sosiaalisesta hyväksyttävyydestä.

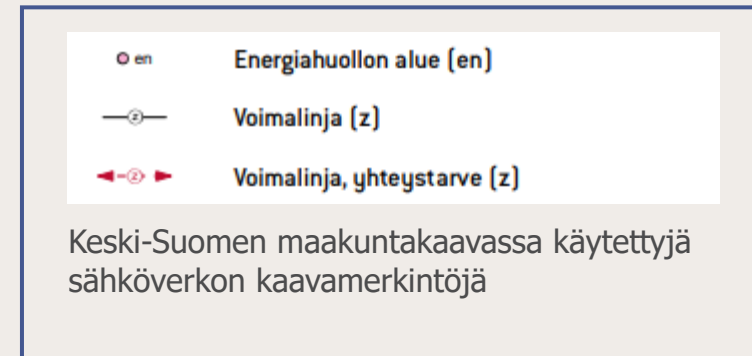
Keski-Suomen maakuntakaavassa tai Keski-Suomen maakuntakaavassa 2040 **ei ole osoitettu aluevarauksia aurinkovoiman tuotannolle**. Myöskään maakuntakaavojen yleismääräyksissä ei ohjata aurinkoenergian sijoittumista.

Koko maakuntaa koskevissa suunnittelumääräyksissä on annettu määräys uusiutuvasta energiasta: "Asuin-, kauppa-, teollisuus-, työpaikka- tai vapaa-ajan alueita suunniteltaessa on mahdollisuuksien mukaan selvitettävä geoenergian ja puun hyödyntämismahdollisuudet."



Sähköverkon yhteystarpeet ovat tärkeä osa maakuntakaavan energiajärjestelmän aluevarauksia

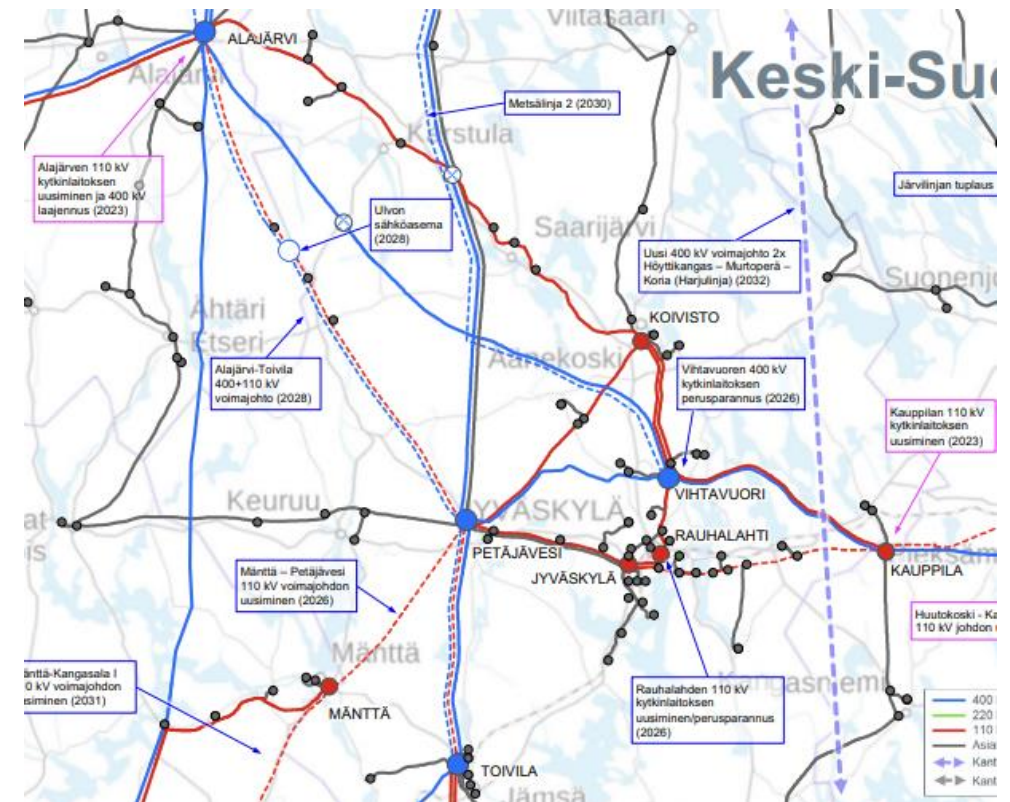
- Maakuntakaavassa voidaan esittää voimalinjoja, niiden yhteystarpeita tai energiahuollon alueita ja näin varautua maankäytöllisesti energiamurroksen edellyttämään sähköiseen infrastruktuuriin
- Keski-Suomen maakuntakaavassa merkintöjä ”uusi voimajohto” ja ”ohjeellinen voimajohto” ei ole käytetty. Sen sijaan voimalinjojen merkintöjä on yhtenäistetty seuraavasti (Keski-Suomen maakuntakaavan tarkistus, kaavaselostus, lainvoimainen 28.1.2020):
 - **Yhtenäisellä viivalla** esitetään hankkeet jotka ovat edenneet rakentamis- tai yleissuunnitteluvaiheeseen tai joista on tehty YVA-lain mukainen selvitys tai ympäristöselvitys.
 - **Yhteystarpeilla** taas esitetään pidemmän aikavälin yhteystarvemerkinnot.
- Maakunnan alueella on suunnitteilla verkonvahvistuksia 2020-luvun lopulla ja 2030-luvun alussa. Sähkönsiirtohankkeiden toteutumisella on oletettavasti vaikutusta uusiutuvan energian hankkeiden toteutusajankohtaan.
- Maakuntakaava 2040 laadinnan aikana ei ilmennyt päivitystarpeita maakuntakaavassa esitettyyn voimajohtoverkkoon





Sähköverkon kehityssuunnitelmat Keski-Suomessa kattavat sekä vanhojen voimajohtojen uusimisia että uusia voimajohtoja

- Fingrin kantaverkon kehittämissuunnitelmassa on mainittu oheisia keskeisiä kantaverkon vahvistuksia Keski-Suomen alueelle.
- Alajärvi-Toivila välillä nykyisen 110 kV voimajohdon linjalle uusitaan 400+110 kV voimajohto, joka lisää siirtokykyä selvästi arviolta 2028.
- Metsälinja 2, joka rakennetaan arviolta 2030 lisää maakunnan pohjoisosan uusiutuvan energian liittymiskykyä selvästi.
- Vanhoja 110 kV johtoja uusitaan, jolloin kapasiteettia voidaan mahdollisesti lisätä ja lisäksi on uusia yhteysvarauksia maakuntakaavassa. Lisäksi maakuntarajan yli erityisesti Etelä-Pohjanmaalle tunnistettiin mahdollisia liittymissuuntia sähkönsiirtoselvityksessä.
- Harjulinja on merkitty yhteystarpeena kantaverkon kehittämissuunnitelmaan. Voimajohdon ympäristövaikutusten arviointimenettelyn ei odoteta alkavan vielä 2024. Harjulinjan tarkemman linjauksen odotetaan kuitenkin tarkentuvan YVA prosessin aikana lähivuosina. Valitulla voimajohtoreitillä on osaltaan vaikutusta myös sähköasemasijainteihin. Harjulinjan arvioitu rakentamisvuosi on 2032. Harjulinjalla on todennäköisesti vaikutusta aurinkovoiman ja tuulivoiman liittymismahdollisuuksiin ja teknistaloudelliseen toteutettavuuteen maakunnan itäosissa 2030-luvulla.
- Verkon kehityssuunnitelmien huomiointi maakuntakaavassa edesauttaa niiden huomioimista maankäytön suunnittelussa, sillä tarkemmat kaavat voivat päivittyä viiveellä.



Kuvalähde: Fingridin kantaverkon kehittämissuunnitelma 2024-2033



Kuntien ja maakuntien viitteelliset roolit energiamurroksessa alueidenkäytön ohjaamisessa korostavat kuntien vastuita

	Maakuntaliitto	Kunta
Tuulivoima	Maakunnallisen kokoluokan alueet ohjataan maakuntakaavalla	Kunta osallistuu maakuntakaavaprosessiin ja päättää yleiskaavoista ja suunnittelutarveratkaisuista
Sähkövarastot	Ei välttämätöntä ohjata, suunnittelumääräys tai aluevaraukset työkaluja	Kaavoitus tarvittaessa ja luvitus
Aurinkovoima	Rooli vaihtelee maakuntien välillä. Selvitykset, aluevaraukset tai ominaisuusmerkinnät työkaluja	Kunta osallistuu maakuntakaavaprosessiin ja päättää yleiskaavoista, asemakaavoista ja suunnittelutarveratkaisuista sekä luvituksesta soveltuvin osin.
Sähköautojen asiointi- ja teholataus	Ei merkittävää roolia, voi koordinoida selvityksiä	Kunta päättää prosesseista, joilla latauspisteen voi perustaa ja valvoo lainsäädäntöä osaltaan. Kunta kehittää omaa kiinteistökantaansa.
Raskaan liikenteen lataus	Ei välttämätöntä ohjata, suunnittelumääräys, selvitykset tai aluevaraukset työkaluja. Voidaan yhdistää maakunnalliseen liikennejärjestelmätyöhön.	Kaavoitus tarvittaessa ja luvitus, yhteistyö muiden kuntien ja maakuntaliiton kanssa
Muut energiavarastot	Ei välttämätöntä ohjata, suunnittelumääräys, selvitykset tai aluevaraukset työkaluja	Kaavoitus tarvittaessa ja luvitus, yhteistyö energiayhtiön kanssa
Muut käyttövoimat	Ei välttämätöntä ohjata, suunnittelumääräys, selvitykset tai aluevaraukset työkaluja	Kaavoitus tarvittaessa ja luvitus
Vety	T(kem) –aluevaraus selkeyttää maankäyttöä. Putkilinjaukset voi myös kaavoittaa soveltuvin osin.	Kaavoitus ja koordinointi

Aluevarauksella tarkoitetaan tässä yhteydessä kaavamerkinnän sijaan pikemminkin sitä että aluetta ei kaavoiteta ympäristöhaiirille herkkään käyttötarkoitukseen, jolloin pienialainen kohde voidaan ratkaista kuntatasoisesti ilman ristiriitoja maakuntakaavoituksen kanssa.



Suosituksset energiamurroksen mahdollistamiseksi maakuntakaavoituksessa

Tarkemmin maakuntakaavoituksen roolia energiamurroksessa on pohdittu liitteessä 1. mm. esimerkkien kautta ja ehdotuksia on taustoitettu ja kerrattu myös yhteenveto ja johtopäätökset osiossa.

Keski-Suomen osalta halutaan nostaa:

- **Raskaan liikenteen teholatauksen selvitystarve** useiden kuntien alueella ja maankäytöllisten edellytysten varmistaminen esimerkiksi logistiikka-alueiden osalta. Voidaan huomioida esim. osana maakunnallista liikennejärjestelmäsuunnittelua. Myös sähköverkkoyhtiön pitkän tähtäimen suunnittelun huomioiminen on olennaista, koska kyseessä on suuri sähkön kulutuspaikka.
- Suuren mittaluokan **energiavarastojen** suunnittelutilanteen seuranta ja **maankäytöllisten edellytysten varmistaminen** maakuntakaavoituksen yhteydessä. Kuntien välinen mahdollinen yhteistyö ja tiedonjako turpeen polttoa korvaavissa ratkaisuissa.
- **Aurinkoenergian** osalta lainsäädäntömuutosten seuranta ja mikäli ehdotetaan maakunnallista ohjausta aluemarkintöjen muodossa sidosryhmäprosessin ja lisäselvitysten käynnistäminen. DNSH-periaatteen hengessä suositellaan jatkoselvityksessä tarkastelemaan myös turvealueilla hiilinielukykyä ja ennallistamispotentiaalia, mihin vaikuttanee esimerkiksi toiminnan pituus, turpeen paksuus ja vesitalous. Ilmastomuutoksen sopeutumisen näkökulmasta suositellaan tarkastelemaan hankealueiden tulvariskiä.
- **Vedyn** osalta mahdollisuudet nostaa muissa selvityksissä tunnistettuja potentiaalisia alueita T(kem) -merkinnöille, mikäli eivät jo nykyisellään ole T(kem) alueilla.
- **Tuulivoiman** suunnittelutilanteen seuranta ja lisäselvitysten käynnistäminen, kun nykytilanne on olennaisesti muuttunut.
- Kantaverkon **uusien sähkönsiirtoyhteyksien** päivitys maakuntakaavaan, kun tietoa on riittävästi.
- Yleismääräysten ja **hybridihankkeiden** roolin tarkempi pohdinta sähkövarastojen ja aurinko- ja tuulivoiman yhteishankkeiden lisääntyessä.



Yhteenveto ja suositukset



Sähköistymisen trendi näkyy Keski-Suomessa sekä energiankulutuksen muutoksissa että uuden tuotannon hankkeissa

- Keski-Suomen sähköomavaraisuutta aikavälillä 2019-2022 paransi etenkin kulutuksen vähentyminen. Jos maakunnallista sähköomavaraisuutta halutaan edelleen parantaa, uusiutuvaa sähköntuotantoa tulisi lisätä Keski-Suomessa.
- **Lämmityksen ja liikenteen sähköistyminen eivät merkittävästi näkyneet vielä v. 2022 energiataseluvuissa.** Sekä lämmityksessä että liikenteessä on kuitenkin odotettavissa sähköisten ratkaisujen kasvu jatkuu. Lämmityksessä selkein päästövähennyspotentiaali on öljylämmityksen vähentämisessä, mutta myös kaukolämmön turpeenpolton vähentäminen pudottaisi lämmityksen päästöjä selkeästi.
- Vertailujaksolla 2019-2022 valmistui vanhemman Luhangan Latamäen tuulivoimapuiston (18 MW) lisäksi uutta tuulivoimatuotantoa mm. Pihtiputaalle (28 MW), Saarijärvelle (39 MW) ja Karstulaan (45 MW), mikä selittää tuulisähkötuotannon moninkertaistumista kyseisellä ajanjaksolla. Näiden lisäksi Keski-Suomeen on parhaillaan rakenteilla [Tuulivoimayhdistyksen](#) mukaan 217 MW lisää tuulivoimakapasiteettia, eli **tuulivoiman rooli maakunnan energiataseessa tulee kasvamaan selkeästi vertailujaksolla 2022-2025.**
- Tuuli- ja aurinkovoimakapasiteettien kasvu parantaa Keski-Suomen energiaomavaraisuutta. Vihreän siirtymän näkökulmasta **merkittäviä toimenpiteitä ovat lämmitysratkaisujen muutosten sekä tuuli- ja aurinkovoimahankkeiden lisäksi energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävät hankkeet**, joista toimii hyvänä esimerkkinä [Alvan hanke lämmön talteenottoon Nenäinniemen jätevedenpuhdistamolta](#). Näiden lisäksi maakuntaliiton ja kuntien kehityssuunnitelmissa on syytä huomioida liikenteen sähköistymisen sekä hiilineutraalien liikennepolttoaineiden infrastruktuuritarpeet lataus- ja tankkausasemien muodossa.



Aurinko- ja tuulivoiman hanketilannetta tulee seurata aktiivisesti. Geoenergian maankäyttövaikutus on vähäinen



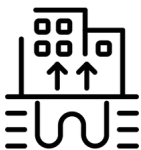
Tuulivoima

Maakuntakaavaa on juuri päivitetty, joten välittömät tarkennukset eivät ole ajankohtaisia. Hanketilanne kuitenkin kehittyy ja myös hybridihankkeita (tuuli-aurinko-varasto) saatetaan suunnitella, jolloin saattaa olla tarvetta myös maankäytön ohjaukselle. Selkeä päivitystarve on ennakoitavissa Harjulinjan sähköverkkoyhteyden valmistumisen lähestyessä ja reitin tarkentuessa. Varhaisemman vaiheen tuulivoimarakentaminen suuntautui korostetusti Suomen rannikolle, joten voimaloiden uusintaan liittyvät pohdinnat eivät ole toistaiseksi kovin ajankohtaisia Keski-Suomessa, jossa vanhinkin tuulivoimapuisto on rakennettu vasta 2010-luvulla.



Aurinkovoima

Aurinkovoiman maankäytön ohjaustarpeet ovat vaihdelleet maakuntien välillä, eikä monikaan maakunnista ole toistaiseksi ohjannut aurinkovoimaa maakuntakaavamerkinnoilla. Ympäristöministeriön käynnistämän selvitysprosessin ja siihen linkittyvien lainsäädäntömuutosten myötä tilanne selkeytynee kahden vuoden kuluessa. Tuulivoiman lisäksi tämän selvityksen osana laadittu aurinkovoiman potentiaaliselvitys olisi perusteltua päivittää viimeistään, kun Harjulinjan reittilinjaus tarkentuu.



Geoenergia

Geoenergiapotentiaalia on jo tarkasteltu alueellisesti. Geoenergian ja lämpöpumppujen rooli on kiinnostava maakunnan kokonaisenergiankäytön kannalta, mutta niiden maankäyttövaikutus on vähäinen. Asiaa voi olla hyvä selvittää lisää seuraavan skenaariotarkastelun yhteydessä. Suuren kokoluokan syvien lämpökaivojen toteutus on kuitenkin toistaiseksi kannattavuudeltaan epävarmaa.



Metsäsektorin investoinneilla on vaikutusta biomassan energiakäyttöön. Energiavarastojen maakunnallinen ohjaustarve on vähäistä



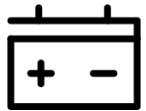
Biokaasu

Biokaasun hankepotentiaalia selvitettiin vuonna 2023, joten uuden biokaasutarkastelun toteutus ei ole välittömästi ajankohtainen. Mahdollisilla uusilla biokaasuhankkeilla voi olla tapauskohtaisia maankäytön ohjaustarpeita.



Bioenergia ja energiapuuterminaalit

Energiapuuterminaaliselvitys tehtiin vuonna 2016. Terminaalien sijaan suositellaan tarkasteltavan puupohjaisen biomassan energiakäytön ja metsäteollisuuden laitosten prosessikäytön kokonaiskuvaa. Tällaisessa tarkastelussa olisi syytä huomioida Keski-Suomen puubiomassan kokonaiskulutus hiilinielujen ja kestävien hakkuidenkin näkökulmasta, sekä puubiomassan polton regulaation kehityssuunnat. Metsäsektorin mahdollisilla investoinneilla on myös vaikutusta biomassan energiakäytön kokonaisuuteen, mikä heijastuu voimakkaasti Keski-Suomen energiataseeseen ja maakunnan hiilineutraaliustavoitteisiin.



Energiavarastot

Energiavarastot ovat verrattain pienialaisia, minkä vuoksi maakunnallinen ohjaustarve on vähäistä. Varastojen merkityksen arvioidaan kuitenkin olevan kasvussa vielä tämän vuosikymmenen aikana. Tästä kertoo se että Suomessa on julkaistu jo yli 100 MW:n hankekokonaisuuksia. Energiayhtiöistä etenkin Alvan suunnitelmilla voi kokoluokkansa osalta olla maakuntatasollakin merkityksellisiä maankäyttövaikutuksia. Selvityksessä tunnistettiin, että monet hankkeet sijaitsevat nykyisen energiainfran lähellä. Tällöin esimerkiksi liittymisjohdotkin ovat lyhyitä tai ne voivat olla valmiina käytettävissä. Esimerkiksi Kaipolan alue on tunnistettu mahdollinen energiamurrosalue. Energiavarastoihin liittyvä määräys maakuntakaavassa on yksi mahdollisuus vaikuttaa varastojen toteuttamiseen maakuntatasolla. Energiavarastojen osalta on kuitenkin hyvä huomata, että teknologia kehittyy nopeasti: esimerkiksi akkujen energiatiheudessa saattaa tapahtua muutoksia, jolloin tarkka tilantarpeen arviointi maakuntakaavassa on haastavaa.



Energiatasetta suositellaan päivitettäväksi edelleen. Energia-infraratkaisujen sekä vetytalouden merkitys kasvaa tulevaisuudessa



Energiatase

Maakunnan energiankäytön kokonaiskuvaa on hyvä seurata edelleen Keski-Suomen hiilineutraaliustavoitevuoden 2030 lähestyessä nopeasti. Rakentamis- ja tuotantovaiheeseen edenneiden tuulivoimahankkeiden lisäksi energiataseen päivityksellä voidaan seurata rakennusten lämmitysratkaisujen, turpeen käytön sekä liikenteen käyttövoimajakautuksen muutoksia.



Sähköverkko

Erityisesti Fingridin Harjulinjan linjaus on hyvä päivittää maakuntakaavaan, kun reitti tarkentuu. Linjaus ratkaistaan ensisijaisesti YVA-prosessissa, johon liitto osallistuu yhtenä osapuolena. Reitin varrelle on realistista odottaa toteutuvaksi muita voimajohtohankkeita myöhemmin tarkentuviin sähköasemasijainteihin, sillä valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet ohjaavat voimajohtoja ensisijaisesti olemassa oleviin johtokäytäviin ja kyseessä on uusi merkittävä kantaverkon linjaus.



Raskaan liikenteen latausinfra

Uudessa vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuuria koskevassa asetuksessa (AFIR) on vaatimuksia jo esimerkiksi vuodelle 2025 ja lisäksi teknologia kehittyy, joten asia on ajankohtainen jo nyt. Myös muiden vaihtoehtoisten käyttövoimien, kuten biokaasun ja sähköpolttoaineiden infrastruktuuritarpeet olisi hyvä selvittää kokonaisuutena.



Vety

Kolmessa kunnassa on käynnissä vetyä sivuava selvitysprojekti, jonka tuloksilla voi olla vaikutusta maankäytön ohjaukseen. Hankkeen ollessa kesken ei sen vaikutuksiin oteta kantaa. Teollisuusalueiden kaavoituksessa voi pohtia esim. T/kem -merkintöjen mahdollisuutta tapauskohtaisesti, sillä se voi nopeuttaa vetyhankkeiden toteutumista.



Tuuli- ja aurinkovoimaan nojaava tulevaisuuden energiantuotantokokonaisuus voi täydentyä myös muilla teknologioilla

- Muuttuvassa energiajärjestelmässä **vetytalouden ratkaisut ja pienydinvoimalat (SMR)** voisivat edistää energiantuotannon vähähiilisyystavoitteita suurin harppauksin, mutta **regulaation valmiusasteen, teknologioiden kypsyiden ja investointien teknistaloudellisen kannattavuuden** avoimet kysymykset heikentävät pienydinvoiman ja vetytalousratkaisujen roolin ennustettavuutta maakuntatasolla
 - STUK:n arvion mukaan pienydinvoimaloiden luvitus voi kestää useita vuosia, vastaavasti kuin suurempienkin reaktorien. Sähköä tuottavien SMR-voimaloiden tai kaukolämmön pienydinvoiman käytettävyys ja tarpeellisuus Keski-Suomen energiajärjestelmässä vaatii tarkempaa selvitystä.
 - Vetytalouden läpimurtoa hidastaa vuonna 2024 vielä regulaation ja luvituksen uutuuden lisäksi tekninen kypsyys sekä investointikustannukset
- **Uudet tuuli- ja aurinkohankkeet vaativat toteutuakseen selkeän näkymän vaihtelevan sähköntuotannon kannattavuudesta ja loppukäyttäjistä.** Vetyratkaisut saattavat auttaa sähkön kysynnän tasapainotuksessa, mutta vetylaitoksen keskeytyvän operoinnin toteutettavuus riippuu tekniikan kypsyudesta sekä tuotannon liiketoimintakonseptista. Keski-Suomessa perusedellytykset vedyntuotantolaitoksille sekä liikennekäytölle täyttyvät sähköverkon ja puhtaiden vesistöjen osalta kuitenkin hyvin, ja [Jyväskylään suunnitellusta vetytankkausasemasta](#) saattaa tulla valtakunnallinen suunnannäyttäjä tulevaisuuden raskaan liikenteen ratkaisuihin. Vedyn laajemman liikennekäytön käynnistyminen kasvattaisi myös vedyn tuotantohankkeiden potentiaalia Keski-Suomessa.





Tunnistettu hankepotentiaali luo mahdollisuuksia toteuttaa Keski-Suomeen hiilineutraali energiajärjestelmä 2030-luvun aikana



- **Tuuli- ja aurinkovoimalla on tekninen potentiaali kehittyä Keski-Suomen sähköntuotannon tulevaisuuden kulmakiviksi.** Niiden nouseminen maakunnan energiajärjestelmän keskiöön sisältää merkittäviä maankäyttövaikutuksia.
- **Energian varastointiratkaisut voivat nousta suureen rooliin uusiutuvan energiantuotannon tasapainotuksessa,** mutta vetytalouden kemiallisten varastojen lisäksi myös muihin suuren kapasiteetin sähkönvarastointitekologioihin liittyy vielä kysymyksiä tekniikan kypsyydestä sekä investoinnin kannattavuudesta. Vedyntuotannon arvoketjuissa ei myöskään aina ole kyse energian varastoinnista samoin kuin akku- ja lämpövarastoissa, sillä tuotettu vety voi päätyä monenlaiseen käyttöön esimerkiksi teollisuudessa. Lämpövarastoissa näkymä investointipäätösten muodostamiseen on nopeampi, ja investoinnin energiayksikkökustannus on sähkövarastoja huomattavasti alhaisempi.
- Selvityksen skenaarioarvioinnin päästötarkastelun mukaan **Keski-Suomen hiilineutraalius-tavoitteen saavuttaminen vaatii mittavia toimenpiteitä kaikilla päästösektoreilla.** Teollisuudessa ja rakennusten lämmityksessä on mahdollista saavuttaa mittavia päästövähennyksiä, mutta päästövähennyksiltään haastavampien sektoreiden, kuten maatalouden ja työkoneiden päästöjen kompensoimiseksi saatetaan tarvita runsaasti uusiutuvaa sähköntuotantoa.
- **Maakuntatason ohjauksen ja maankäytön ohjeistamisen tarve korostuu etenkin puhtaan energian liikennekäytön sekä uusien tuuli- ja aurinkovoima-alueiden hankkeissa** sekä mahdollisesti Keski-Suomen vetyekosysteemin toimeenpanossa.

LIITTEET



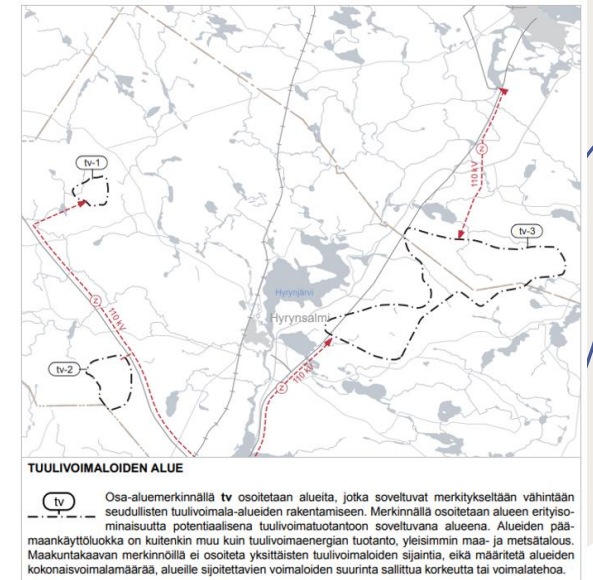
Liite 1:

Maakuntakaavoituksen rooli energiamurroksessa
ja karkeat hankeaikataulut



Tuulivoiman maakunnallinen ohjaus

- Maakuntakaavat ohjaavat merkitykseltään (tai vaikutukseltaan) vähintään seudullisesti merkittävien alueiden tai toimintojen sijoittumista (MRL 25§).
- Uusiutuva energia on muodostunut keskeiseksi alueidenkäytölliseksi kysymykseksi ilmastonmuutoksen hillinnässä. Maakuntakaavat muodostavat keskeisen ohjausvälineen seudullisesti merkittävien uusiutuvan energian tuotantoalueiden sijoittumiselle ja hankkeiden yksityiskohtaisemmalle suunnittelulle. Maakuntakaava ohjaa kuntakaavoitusta maakuntakaavan merkintöjen ja kaavamääräysten kautta. Kunnat osallistuvat osaltaan maakuntakaavaprosessiin. Yksityiskohtaisempi suunnittelu tarkentuu kuntien ohjaaman yleiskaavoituksen ja hankekohtaisten selvitysten ja suunnittelun sekä ympäristövaikutusten arvioinnin myötä.
- Uusiutuvan energian tuotantoalueiden sijoittumista voidaan maakuntakaavoissa ohjata kaavakartan aluevaraus-, kohde-, ominaisuus- tai kehittämisperiaatemerkinnöillä sekä merkintöihin liittyvillä määräyksillä. Lisäksi uusiutuvan energian tuotantoalueiden sijoittumista voidaan ohjata maakuntakaavan yleismääräyksillä. Vastaavat ohjauskeinot ovat käytössä soveltuvien osin myös voimajohdoilla, joita ohjataan usein myös yhteystarvemerkinnoillä, erityisesti kun tarkkaa reittiä ei ole suunniteltu mutta yhteystarve on tunnistettu.
- Maakuntaliitot ohjaavat maakuntakaavoituksessa eri tavoin uusiutuvan energian tuotantoalueiden sijoittumista. Uusiutuvan energian tuotantoalueita on maakuntaliitosta riippuen osoitettu kokonaismaakuntakaavoihin tai erillisiin vaihemaakuntakaavoihin.



Ote Kainuun tuulivoima-
maakuntakaavasta, hyväksytty 30.11.2015.
Esimerkki kaavamerkinnöistä.

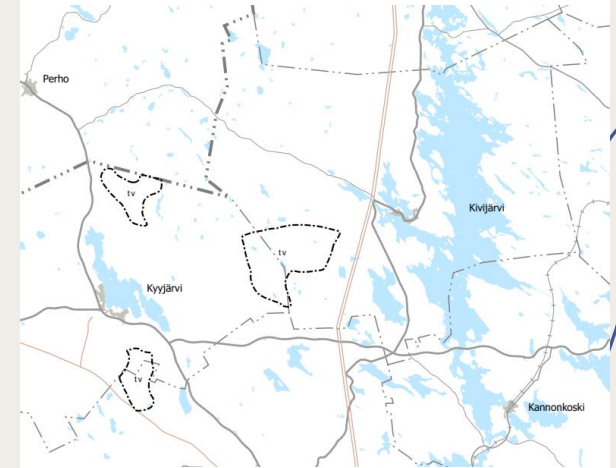


Tuulivoimakaavoitus tarkentuu vaikutusarvioilla

Tuulivoima

- Eri maakuntaliitot ohjaavat maakuntakaavoituksella kattavasti **tuulivoimatuotannon sijoittumista**. Tuulivoiman aluevaraukset perustuvat perusteellisiin taustaselvityksiin ja vaikutusten arviointiin. Selvitysten perusteella osoitetaan aluevarauksia, alueen ominaisuutta osoittavia tai kehittämismerkintöjä* sekä laaditaan ohjaavat yleismääräykset ja suunnittelumääräykset joko kokonaismaakuntakaavoihin tai vaihemaakuntakaavoihin.
- Tuulivoima-alueiden vaikutusten arvioinnissa selvitetään mm. maisemavaikutukset, luontoon ja luonnonympäristöön kohdistuvat vaikutukset, yhdyskuntarakenteeseen, asumisviihtyisyyteen ja virkistyskäyttöön kohdistuvat vaikutukset, ilmastovaikutukset, taloudelliset vaikutukset sekä yhteisvaikutukset muiden mahdollisten tuulivoima-alueiden kanssa.
- Tuulivoimarakentamista suoraan ohjaavaa yleiskaavaa voidaan käyttää tuulivoimarakentamisen ohjaamiseen ilman maakuntakaavassa osoitettua aluemarkintää silloin, kun kyseessä ei ole merkitykseltään seudullinen tuulivoima-alue. Esim. Pohjanmaan maakuntahallitus on päättänyt 12.12.2022, että seudullisesti merkittävän tuulivoima-alueen raja on 7 tuulivoimalaa. Keski-Suomessa seudullisesti merkittävän tuulivoima-alueen kokoraja on vähintään kymmenen voimalan alueet.

*Maakuntakaavan merkintätyyppejä ovat 1) aluevarausmerkinnät ja niihin oikeusvaikutukseltaan rinnastuvat viivamerkinnät sekä kaavaan mittakaavaan nähden pienialaisille kohteille käytettävät kohdemarkinnat, 2) osa-alueen erityisominaisuutta ilmaisevat merkinnät (kuten tuulivoimatuotantoon soveltuva alue), 3) kehittämisperiaatemarkinnat.



Ote Keski-Suomen 2040
maakuntakaavasta, hyv. 8.12.2023

Tuulivoimatuotantoon soveltuva alue (tv)



Merkinnällä osoitetaan tuulivoimatuotantoon soveltuva alue. Merkintään ei sisälly MRL 33 §:n mukaista ehdollista rakentamisrajoitusta.

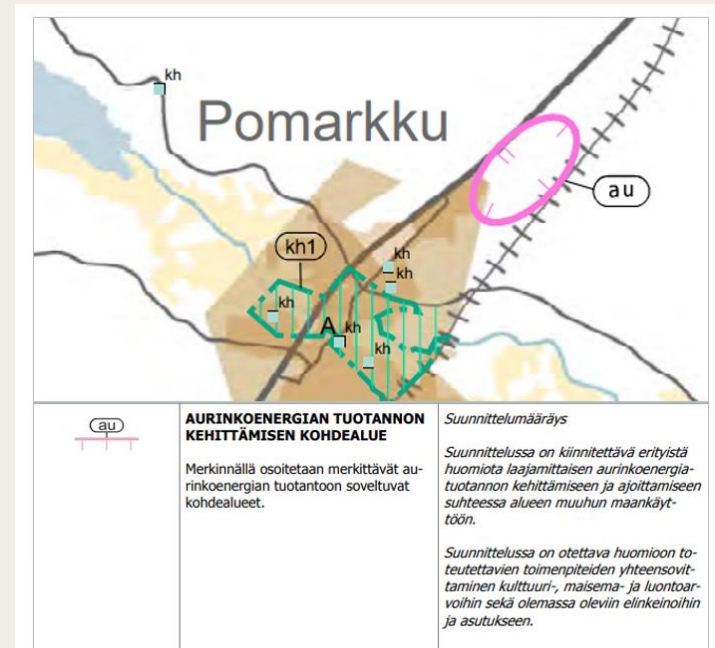
Suunnittelumääräys: Alueen suunnittelussa on otettava huomioon rakentamisen vaikutukset asutukseen, liikenneväyliin, maisemaan, kulttuuriperintöön, luontoon ja maa-aineshuoltoon. Aluetta suunniteltaessa tulee turvata puolustusvoimien toimintaedellytykset sekä ottaa erityisesti huomioon puolustusvoimien toiminnasta, kuten lentoliikenteen aiheuttamat rajoitteet sekä tutkajärjestelmistä ja radioyhteyksien turvaamisesta johtuvat rajoitteet.



Aurinkovoiman ohjauksen käytännöt vaihtelevat maakunnittain

Aurinkovoima

- Maakuntakaavoissa ohjataan **aurinkovoiman tuotantoalueiden sijoittelua** vaihtelevasti. Tuotantoalueiden sijoittelua voidaan ohjata aluevarauksin, ominaisuusmerkinnöin, kehittämismerkinnöin tai maakuntakaavan yleismääräyksillä.
- Joihinkin maakuntakaavoihin on laadittu kattavia taustaselvityksiä aurinkoenergiasta (mm. Satakunta), joiden perusteella ohjeistusta aurinkoenergian tuotannosta viedään maakuntakaavoihin.
- Satakunnan 2. vaihemaakuntakaavassa on käsitelty mm. aurinkoenergian tuotantoa. Aurinkoenergian tuotannon teeman käsittelyssä keskeisintä on ollut aurinkoenergian tuotantolaitosten maakunnallisesti merkittävän kokoluokan määrittely, laajojen aurinkoenergian tuotantoalueiden vaikutusten arviointi ja sijoittelukriteeristön kokoaminen. Satakunnan vaihemaakuntakaavassa 2 osoitetaan 14 potentiaalista aurinkoenergian tuotantoaluetta kehittämisperiaatemerkinällä.
- Etelä-Karjalan maakuntakaava 2040:n ohjausryhmän kokouksessa 22.2.2023 on linjattu, että aurinkovoimapuistoja ei tulisi Etelä-Karjalassa osoittamaan maakuntakaavassa, koska aurinkovoimapuistojen vaikutukset ovat paikallisia, eivät seudullisia tai maakunnallisia.
- Etelä-Pohjanmaalla on laadittavana Etelä-Pohjanmaan maakuntakaava 2050, jonka ehdotusvaiheen yleismääräyksissä määrätään aurinkoenergiasta mm., että "Laajat aurinkoenergia-alueet on sijoitettava pääosin muille kuin metsäalueille ja viljelyskäytössä oleville peltoalueille."
- Aurinkovoiman – kuten tuulivoimankin – tuotantoalueiden toteutuminen on hankekehityslähtöistä. Hankekehittäjä etsii sopivan tuotantoalueen, neuvottelee maanomistajien kanssa ja tekee kunnalle/kaupungille aloitteen tuotantoalueen kaavoittamisesta. Pienialaiset aurinkovoiman tuotantoalueet voidaan toteuttaa suunnittelutarveratkaisulla.
- Teollisen luokan aurinkovoiman tuotantoalueet vaativat miltei poikkeuksetta YVA-lain mukaisen ympäristövaikutusten arvioinnin.



Ote Satakunnan 2. vaihemaakuntakaavasta, hyv.
17.5.2019



Aurinkoenergian tuotantoalueiden merkitseminen maakuntakaavaan

- Aurinkoenergian tuotantoalueiden sijoittumista ja toteuttamista voidaan maakuntakaavassa ohjata aluevarauksilla ja kehittämisperiaatemerkinnoilla (viiva- ja kohdemerkinnät) ja niihin liittyvillä suunnittelumääräyksillä. Myös maakuntakaavan yleismääräyksillä ohjataan aurinkoenergian tuotannon sijoittumista ja toteuttamista.
- Maakunnat käsittelevät aurinkovoimaloiden aluevarausten esittämistä maakuntakaavassa omista lähtökohdistaan.
- Aurinkovoimaloiden aluevarausten esittämiseen maakuntakaavassa vaikuttaa myös mahdollinen tarve ylikunnallisesta suunnittelusta ja aurinkovoimaloiden mahdolliset ylikunnallisesti vaikutukset.
- Voimassa olevan maankäyttö- ja rakennuslain (MRL) 5.2.1999/132 4. luku ohjaa maakunnan suunnittelua. MRL 4. luku 25 §: "Maakuntakaavassa esitetään alueiden käytön ja yhdyskuntarakenteen periaatteet ja osoitetaan maakunnan kehittämisen kannalta tarpeellisia alueita. Aluevarauksia osoitetaan vain siltä osin ja sillä tarkkuudella kuin alueiden käyttöä koskevien valtakunnallisten tai maakunnallisten tavoitteiden kannalta taikka useamman kuin yhden kunnan alueiden käytön yhteen sovittamiseksi on tarpeen."
- **Uusi alueidenkäyttölaki on valmisteilla** ja tavoite lain eduskuntakäsittelylle on asetettu keväälle 2025. Hallitusohjelman mukaisesti uuden alueidenkäyttölain tavoitteena on mm. vähentää maakuntakaavan yksityiskohtaisuutta. Lisäksi Ympäristöministeriössä on **valmisteilla opas kaavoituksen ja lupamenettelyn tueksi**, hankeaikataulu 3/2023 - 6/2024.
- Maakunnallisesti merkittävästä aurinkovoimalaitoksen mittakaavasta ei ole olemassa yksiselitteistä määritelmää. Maakunnallinen merkittävyys perustuu
 - tuotantoalueen pinta-alaan,
 - tuotantokapasiteettiin; yleisesti teollisen mittakaavan aurinkovoimaloiksi on määritelty teholtaan yli 1 000 kW voimalat, maakuntakaavaan voidaan esittää aluevarauksia pienemmillekin voimaloille,
 - tuotantoalueen edellyttämään sähköverkkoliityntään; suuret aurinkovoimalat edellyttävät vähintään 110 kW sähköverkkoliityntää,
 - tuotantoalueesta aiheutuvien vaikutuksiin (mm. sijainti luonnonympäristössä, kulttuuriympäristössä ja maisemassa sekä suhteessa asutukseen).



Aurinkoenergian tuotantoalueiden merkitsemistä edeltää vaikutusten arviointi

Aurinkovoimaloiden tuotantoalueiden aluevarausten merkitseminen maakuntakaavaan edellyttää taustaselvitystyötä:

- Laaditaan **paikkatietoanalyysi** potentiaalisimmista aurinkoenergian tuotantoalueista - potentiaalisimpien aurinkoenergian tuotantoalueiden kriteerien määrittely: esim. tuotantoalueiden koko, kantaverkon läheisyys, soveltuvimmat alueet esim. suoalueet ja entiset turvetuotantoalueet, teiden läheisyys, tuotantoalueiden ja niiden ympäristön maankäyttö- ja kaavoitustilanne. Kohteita voidaan nostaa tarkasteluun myös hankekehittäjien tai kuntien aloitteesta, jos näin päätetään.
 - Todetaan voimassa olevaan maakuntakaavaan merkityt, maakuntakaavan taustaselvityksissä ja muissa jo laadituissa selvityksissä tunnistetut **arvoalueet, joille tuotantoalueiden sijoittaminen ei ole mahdollista**: mm. luonnonympäristön arvoalueet, luonnonsuojelualueet, virkistysalueet, arvokkaat maisema-alueet, arvokkaat kulttuuriympäristöt, muinaisjäännösten alueet, arvokkaat geologiset muodostumat, pohjavesialueet, tuotannossa olevat peltoalueet, laajat metsäalueet, asuinalueet.
 - **Suljetaan pois arvoalueille sijoittuvat** paikkatietoanalyysissä löydetty tuotantoalueet ja **arvioidaan yleispiirteisesti** jäljelle jäävien alueiden **soveltuvuus** teollisen mittaluokan aurinkoenergian tuotantoon.
 - **Arvioidaan soveltuvimpien tuotantoalueiden vaikutukset (MRL 9§ ja MRA 1§)** alue- ja yhdyskuntarakenteeseen, luonnonympäristöön ja maisemaan, liikenteeseen ja tekniseen huoltoon, ilmastoon, asutukseen, virkistykseen, terveyteen. Arvioidaan myös tuotantoalueiden yhteisvaikutuksia.
 - **Valitaan** vaikutusten arvioinnin pohjalta **maakuntakaavassa esitettävät aurinkoenergian tuotantoalueet**, valitaan maakuntakaavassa esitettävä kaavamerkintä sekä laaditaan tuotantoalueita koskevat yleismääräykset ja suunnittelumääräykset.
- Aurinkovoimaloiden tuotantoalueiden aluevarausten esittäminen maakuntakaavassa huolellisesti laadittujen taustaselvitysten pohjalta edesauttaa voimaloiden hankekehityksen liikkeelle lähtöä ja selkeyttää aurinkovoimaloiden tuotantoalueiden kuntatason kaavoitusta.
 - Aurinkovoimaloiden aluevarausten esittäminen maakuntakaavassa edesauttaa kuntatasolla hiilineutraalisuudelle asetettujen tavoitteiden saavuttamista. Vaikutus käynnissä oleviin hankkeisiin riippuu ohjauksen periaatteista ja alueiden sijoittumisesta.



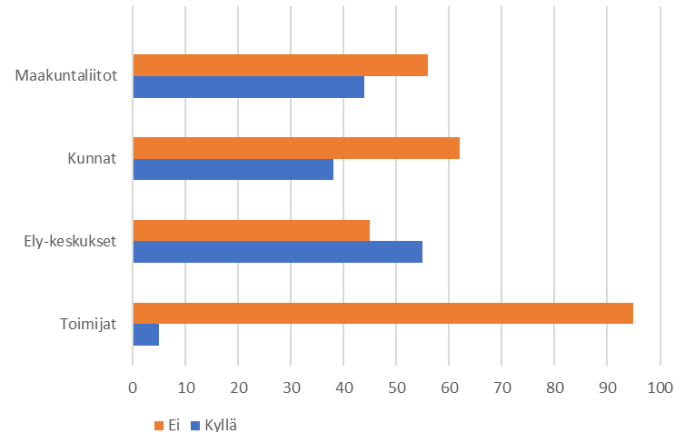
Aurinkoenergian tuotantoalueiden sijoittumisen ohjaustarve maakuntakaavoituksen tasolla jakaa mielipiteitä

Aurinkovoima

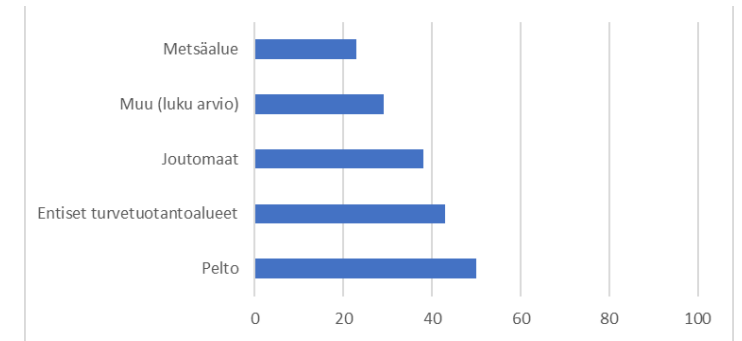
Ympäristöministeriön julkaisemassa aurinko-voimaan liittyvässä taustaselvityksessä vastaukset kysymykseen: "Tulisiko laaja-alaisten maa-asenteisten aurinkovoimaloiden sijoittumista ohjata sitovasti maakuntakaavalla?" vaihtelivat sekä toimijaryhmän sisällä että niiden välillä (kuvaajat ohessa).

Avoimissa vastauksissa mainittiin mm. että sähköverkko vaikuttaa sijoittumiseen, kunnilla ei ole välttämättä resursseja ei-analyysiin (eli analyysiin, jossa esitetään paikkatietoanalyysin perusteella mitkä alueet eivät sovellu aurinkoenergialle). Kunnat suhtautuivat hieman positiivisemmin ohjaamiseen ei-analyysillä kuin ohjaamiseen ylipäänsä. Toimijat toivat esiin että kaikkia potentiaalisia alueita ei voida löytää maakuntatason selvityksessä. Osa vastaajista korosti että hankkeilla on suuret vaikutukset ja osa korosti että kyse on paikallisista hankkeista, joilla on tuulivoimaa pienemmät vaikutukset. Maankäytössä yleisimpiä olivat pellot ja entiset turvealueet.

Pitäisikö laaja-alaisten maa-asenteisten aurinkovoimaloiden sijoittumista ohjata sitovasti maakuntakaavalla?



Minkä tyyppisille alueille voimaloita on pääasiassa suunniteltu tai jo luvitettu/toteutettu (kunnat)





Energiavarastoinnille ei voimassa olevissa maakuntakaavoissa ole osoitettu alueita, mutta ollaan murrosvaiheessa

Energiavarastointi

- Energiavarastointi on Suomessa suhteellisen uusi, mutta nopeasti kasvava ala. Energiavarastoinnille ei nykyisissä voimassa olevissa maakuntakaavoissa ole osoitettu aluevarauksia, kehittämismerkintöjä tai ohjaavia yleismääräyksiä.
- Energiavarastointihankkeiden koko ja niiden vaatima tila vaihtelee suuresti varastointiperiaatteesta riippuen. Hankkeiden toteutus tapahtuu kuntatason kaavoitus- ja luvitusmenettelyllä.
- Osa maakuntakaavoittajista on sitä mieltä, että vihreää siirtymää koskevat toiminnot voisi esittää maakuntakaavassa aluevarausten ja osa-aluemerkintöjen sijaan vaihtoehtoisesti reunaehtojen kautta. Reunaehdot tarkempaan suunnitteluun tulisivat tällöin maakuntakaavan suojelumerkintöjen ja muiden kaavassa osoitettavien rajoittavien merkintöjen kautta, ei kuitenkaan varsinaisina "no-go"-merkintöinä. Myös maakuntakaavojen yleisiä suunnittelumääräyksiä voitaisiin hyödyntää siinä, että maakuntakaava edistäisi niitä hankkeita, jotka eivät ole vielä tiedossa tai joille ei voi osoittaa sijaintia. (Lähde: *Tulevaisuuden maakuntakaava – maakuntakaavoituksen nykytila ja kehittämistarpeita*; YM 2023:46)
- Pohjois-Pohjanmaan liitossa on laadittavana energia- ja ilmastovaihem maakuntakaava, joka on ehdotusvaiheessa. Pohjois-Pohjanmaan energiamurros edellyttää uusia energian tuottamisen, varastoinnin ja siirron ratkaisuja. Maakuntakaavan työpaketissa on ollut mm. EMMI-hanke (<https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/kehittaminen/omat-hankkeet/emmi/>), jossa selvitetään uusiutuvan energiantuotannon ja siihen kytkeytyvän vihreän vetytalouden mahdollisuudet ja maankäytön reunaehdot Pohjois-Pohjanmaalla. Vety tarjoaa vaihtoehdon energian varastointiin ja energiantuotannon ja -kulutuksen vaihtelujen tasaamiseen.





Raskaan liikenteen latausinfra on uusi, mutta nopeasti lisää merkitystä saava teema

Raskaan liikenteen latausinfra

Osassa maakunnista on selvitetty raskaan liikenteen latausmahdollisuuksia ja käyttövoimaa tarkemmin. Esimerkiksi Päijät-Hämeessä ja Etelä-Karjalassa selvitys on tehty, Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla se on käynnissä.

Selvitysten mukaan sähköistyminen todennäköisesti etenee jakeluliikenteessä nopeammin kuin raskaimmissa kuljetuksissa. Logistiikkatoimijoiden omat järjestelmät eivät luultavasti ratkaise taukojen aikaista lataustarvetta, jolloin latausta tarvitaan myös jakeluliikenteen kannalta keskeisille keskusten lähialueille eikä pelkästään terminaaleihin ja siirtymiin. AFIR asetus asettaa vaatimuksia myös levähdysalueille. Tehontarve nousee sääntelyn ja lataustarpeen kasvun seurauksena myös saman sijainnin sisällä, mikä edellyttää ennakointia myös sähköverkon kehittämisessä.

Selvitysten tietoa on voitu hyödyntää esim. rakennemallin taustatietona ja soveltuvien osien kaavoituksessa pohdittaessa liikenteen näkymiä ja aluekehitystä. Kuntarajat ylittävä raskas liikenne edellyttää kuntatasolla maankäytön ohjaamista; yksittäisten latausasemien tilantarve on rajallinen, mutta paikallisesti merkittävä.





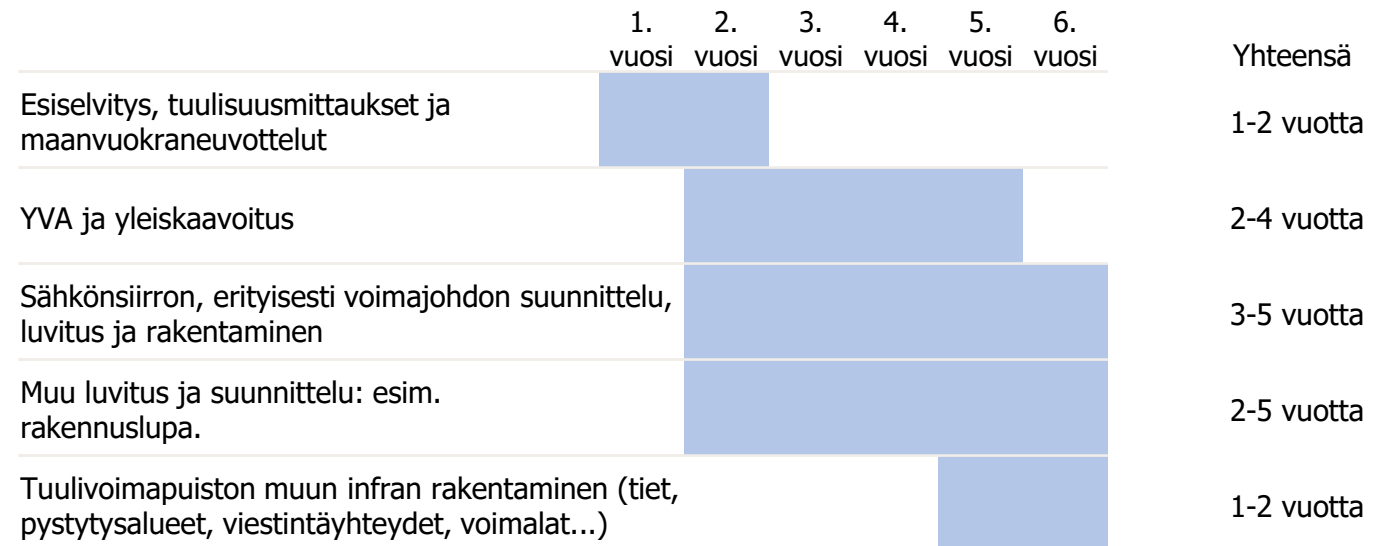
Tuulivoimahankkeiden indikatiivinen aikataulu

Uusiutuvan energian potentiaalikappaleessa esitelty tuulivoimayhdistyksen hankelistaan perustuvat valmistumisvuodet ovat pääosin realistisia, vaikka paikoin hieman optimistisia. Hankelistan ja oheisen kuvaajan perusteella, voidaan todeta, että hankkeen valmistumiseen arvioidaan kuluvan noin 4-6 vuotta. Mikäli Keski-Suomen maakuntakaava-alueilla on jo hankkeita käynnissä, niin vuonna 2024 esiselvitysvaiheessa olevan hankkeen voivat valmistua noin vuoteen 2030 mennessä.

Yleiskaava ja YVA-vaiheessa olevien hankkeiden valmistuminen 2030 on realistista, mikäli niiden investointipäätökset toteutuvat suunnitelmien mukaisesti. Kaavaluonnosvaiheessa olevien maakuntakaava-alueiden ulkopuolisilla alueilla olevien hankkeiden toteutumiseen liittyy merkittäviä hankekoko- ja ympäristöriskejä.

Skenaariokappaleessa hankekantaa onkin arvioitu yleiskaavavaiheessa olevien hankkeiden avulla, sillä niillä nähdään realistisin potentiaali toteutua vuoteen 2030.

Tuulivoimahankkeiden indikatiivinen hankeaikataulu



Hankkeen kokonaiskesto yhteensä 5-6 vuotta. Julkaisusta hankkeesta 4-5 vuotta. Arvio ei sisällä mahdollisen kaavavalituksen vaikutusta.



Aurinkoenergiahankkeiden indikatiivinen hankeaikataulu

-Nykytilanteessa aurinkoenergian menettelyt ratkaistaan hankekohtaisesti hankkeen piirteiden ja lausuntojen perusteella. Tarvittavat menettelyt vaikuttavat prosessin keston ja tarvittaviin selvityksiin.

Aurinkovoimahankkeen hankeaikataulu (**hankkeella suuret vaikutukset**)

	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	4. vuosi	5. vuosi	6. vuosi	Yhteensä
Esiselvitys, maanvuokraneuvottelut							1-2 vuotta
Mahdollinen YVA ja mahdollinen yleiskaava							2-4 vuotta
Sähkönsiirron, erityisesti voimajohdon suunnittelu, luvitus ja rakentaminen							3-5 vuotta
Muu luvitus ja suunnittelu							2-5 vuotta
Muu infran ja alueen rakentaminen (tiet, pinnanmuokkaukset, telineet, muuntaja, aita, paneelit)							1-2 vuotta

Hankkeen kokonaiskesto yhteensä 4-6 vuotta. Julkaistusta hankkeesta 3-5 vuotta.

Aurinkovoimahankkeen hankeaikataulu (**kevyeempi menettely ja nopea luvitus**)

	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	4. vuosi	5. vuosi	6. vuosi	Yhteensä
Esiselvitys, maanvuokraneuvottelut							1-2 vuotta
Luvitus esim. suunnittelutarveratkaisu, rakennuslupa, toimenpidelupa							1-2 vuotta
Ympäristöselvitykset soveltuvien osien							1-2 vuotta
Lyhyt liityntäjohto ja sähkönsiirtoinfra							2-3 vuotta
Muu tekninen suunnittelu							2-3 vuotta
Muu infran ja alueen rakentaminen (tiet, pinnanmuokkaukset, telineet, muuntaja, aita, paneelit)							1-2 vuotta

Hankkeen kokonaiskesto yhteensä 3-4 vuotta. Julkaistusta hankkeesta 2-3 vuotta. Kansallinen ohjeistus on muuttumassa ja se voi vaikuttaa prosessien sisältöön ja keston.



Energiavarastojen indikatiivinen hankeaikataulu

Lieriömäinen vesipohjainen energiavarasto

	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	
Suunnittelu				0-1 vuotta
Luvitus				0-2 vuotta
Rakentaminen				1-2 vuotta

Yhteensä 2-3 vuotta. Kaavamuutostarve tai selvitykset voivat pidentää hankeaikaa merkittävästi

Akkuvaraston hankeaikataulu

	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	Yhteensä
Suunnittelu ja tilaaminen				0-1 vuotta
Rakennuslupa				0-1 vuotta
Rakentaminen				1-2 vuotta

Yhteensä 2-3 vuotta. Merkittävimmät aikatauluun vaikuttavat tekijät ovat toimitusajat. Mikäli edellytetään kaavamuutosta se pidentää aikataulua. Voidaan toteuttaa uusiutuvan energian hankkeen rinnalla/ aikatauluikkunassa, jos päätös on tehty riittävän aikaisin.

- Karkean aikataulutarkastelun perusteella energiavarastojen toteuttaminen on verrattain nopeaa, jolloin puhutaan muutamista vuosista, mikäli kaavamuutosta ei tarvita eikä tarvita pitkää erillistä liityntäjohtoa. Siksi julkaistujen energiavarastahankkeiden rakentuminen vuoteen 2030 olisi realistista.
- Tunnistettu julkistettu hankevolyyymi on kuitenkin rajallinen. Lisäksi toteutuminen edellyttää investointipäätöksiä.



Raskaan liikenteen suurteholatausasemien indikatiivinen hankeaikataulu

EU ja kansalliset säädökset ja ilmastotavoitteet ja lainsäädännössä erityisesti vaihtoehtoisten polttoaineiden jakeluinfrastruktuuria koskeva asetus (AFIR) ja autojen päästönormit tulevat ohjaamaan kohti sähköisiä käyttövoimia ja tiheämpää latausverkostoa

Pääosa sähköauton latauspisteistä voidaan toteuttaa asiointilatauksena tai kevyenä pikalatauksena kevyellä luvituksella. Raskaalle liikenteelle tarvitaan kuitenkin suurempia lataustehoja ja suurempia pinta-aloja. Latausasemien sijainnit voivat erota nykyisten huoltoasemien sijainneista, koska osa asemista on liikenteellisesti hyvissä paikoissa, mutta sähköverkon näkökulmasta ns. heikon verkon alueella. Raskaan liikenteen latauspisteiden osalta nähdään maankäytön ohjaustarvetta pääsääntöisesti kuntatasolla. Latauspisteiden ja levähdysalueiden yhteydessä voidaan harkita myös akkuvarastoa.

Kansallisesti tilannetta on tarkasteltu Rambollin LVM:lle tekemässä julkaisussa, jossa on ehdotuksia myös Keski-Suomen alueelle (ks. kuvakaappaus ohessa).

Raskaan sähköisen latausinfran tilanteen tarkempi selvittäminen on perusteltua lähivuosina esimerkiksi osana kaikkia uusia tai päivitettäviä huoltoasemia ja logistiikka-alueiden kaavoja.

Raskaan liikenteen teholatauskenttä karkea hankeaikataulu

	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	Yhteensä
Esisuunnittelu				0-1 vuotta
Tarkempi kohdesuunnittelu				0-1 vuotta
Kaavoitus				n. 2 vuotta
Rakentaminen				1-2 vuotta

Yhteensä 2-3 vuotta. Kaavamuutos ja sähköisen infran rakentaminen voi pidentää aikataulua. Uusilla raskasta latausta mahdollisesti tarvitsevilla alueilla esim. logistiikka-alueet, huoltoasemat asia olisi hyvä selvittää osana kaavoitusta.



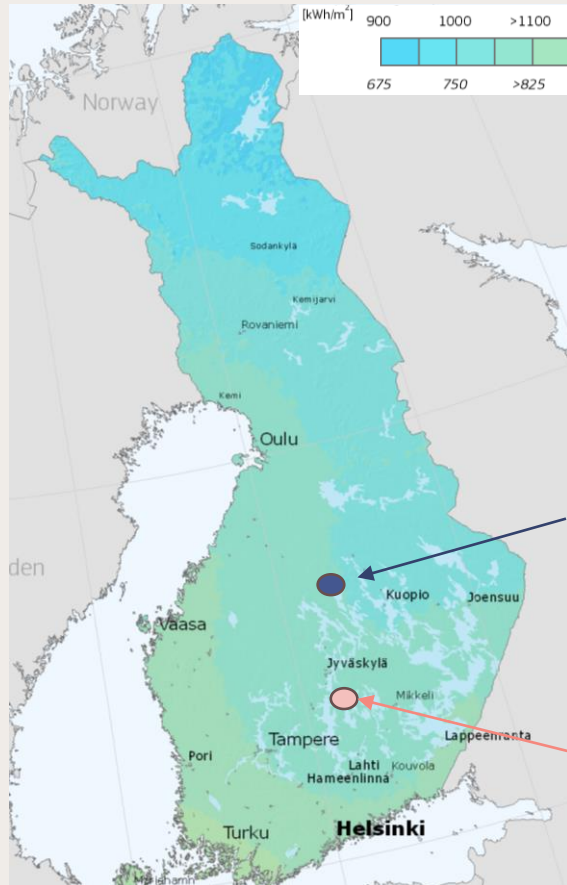


Liite 2:

Aurinkovoimaselvitys – Suurten tuotantoalueiden ja hajautetun aurinkovoiman pientuotannon potentiaali Keski-Suomessa

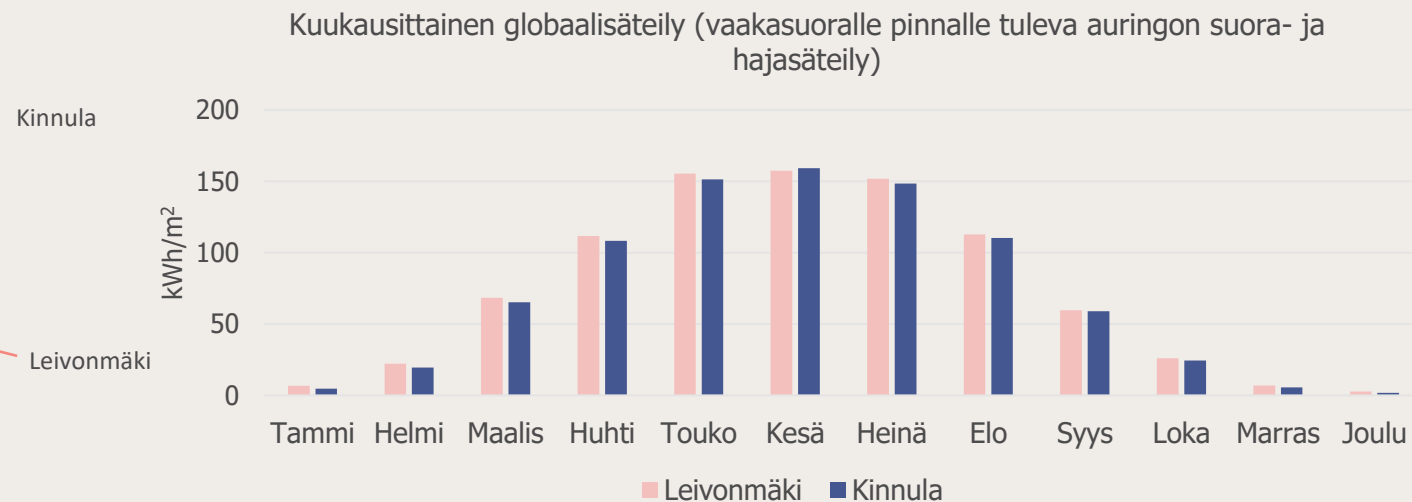


Auringon säteily määrä vaihtelee vuodenajan mukaan runsaasti, mutta alueelliset erot ovat Keski-Suomessa vähäiset



Koko Suomen alueelta on laskettu aurinkosähköpotentiaali optimaalisesti kallistetulta pinnalta (kuva oikealla PV-GIS/Euroopan yhteisöt). Potentiaali laskee hieman pohjoiseen. Paikkatietoaineiston yleispiirteisyyden takia säteilyn vaihtelua ei huomioitu paikkatietanalyysissä vaan käytettiin yleisiä kertoimia, jotka ottivat riittävästi huomioon eri olosuhteet tuotantopotentiaalin kokonaisluvuissa.

Kinnulasta maakunnan pohjoisosassa ja Leivonmäeltä maakunnan eteläosassa tehtiin auringon säteilyvoimakkuuden esimerkkitarkastelut PVGIS-tietokannan avulla. Kuvaajasta voi havaita säteilyn (ja tuotannon) painottumisen maaliskuun ja syyskuun väliselle ajalle, sen ollen pienimmillään tammi-joulukuussa. Maakunnan sisäiset erot säteilyintensiteetissä ovat selvästi pienemmät valtakunnallisen lounais-koillinen -linjan säteilyintensiteetin eroihin verrattuna.

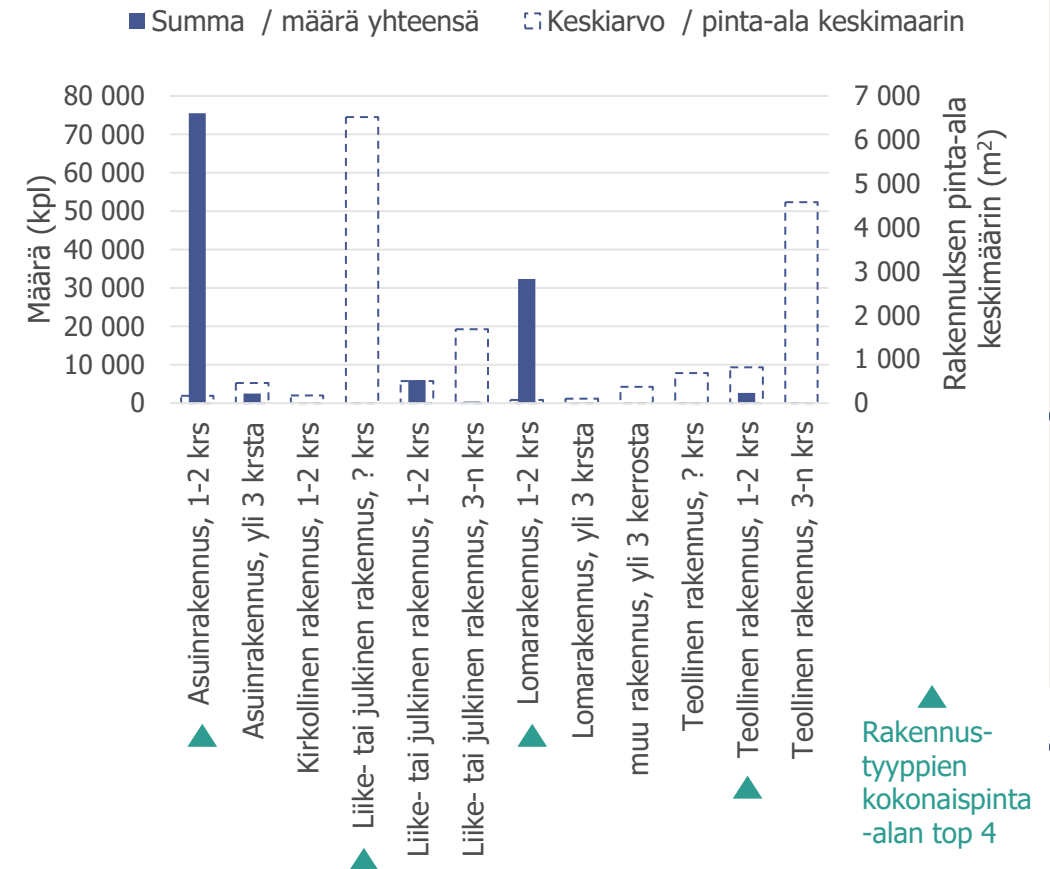




Rakennuskanta Keski-Suomessa on pientalovaltaista, mikä luo vahvaa potentiaalia hajautetulle aurinkovoimatuotannolle

Asuin- ja lomarakennukset edustavat määrältään suurinta osuutta Keski-Suomen maakunnan rakennuskannasta. Liike- tai julkisten rakennusten sekä teollisten rakennusten keskimääräinen pinta-ala on kuitenkin merkittävästi suurempi. Kummassakin näistä rakennuskategorioista hajautetun aurinkovoiman potentiaali on merkittävä arvioidun kattopinta-alan tarjoaman paneelien sijoitusalan ansiosta.

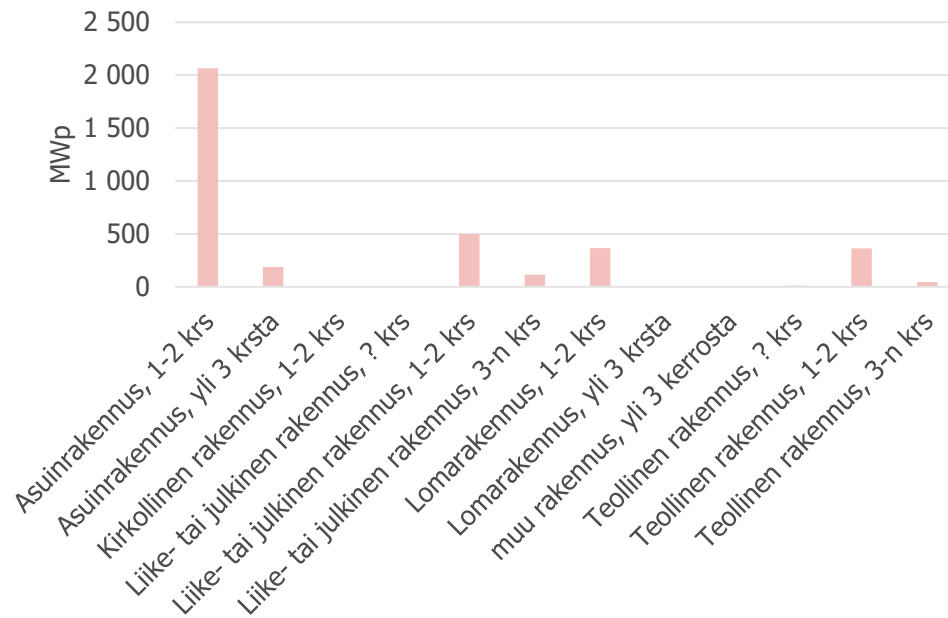
Rakennustyyppi	Pinta-alan summa
Asuinrakennus, 1-2 krs	12 297 000 m ²
Asuinrakennus, 3-n krs	1 112 000 m ²
Kirkollinen rakennus, 1-2 krs	3 000 m ²
Liike- tai julkinen rakennus, ? krs	26 000 m ²
Liike- tai julkinen rakennus, 1-2 krs	2 966 000 m ²
Liike- tai julkinen rakennus, 3-n krs	677 000 m ²
Lomarakennus, 1-2 krs	2 167 000 m ²
Lomarakennus, 3-n krs	1 000 m ²
muu rakennus, 3-n krs	10 000 m ²
Teollinen rakennus, ? krs	72 000 m ²
Teollinen rakennus, 1-2 krs	2 152 000 m ²
Teollinen rakennus, 3-n krs	270 000 m ²
Kaikki yhteensä	21 755 000 m²



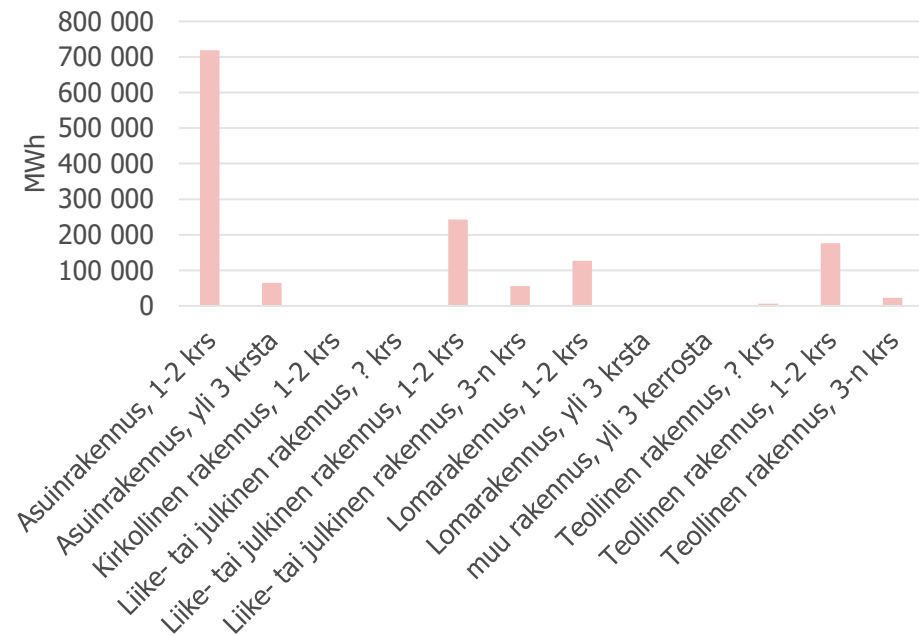


Aurinkovoiman suurin teoreettinen potentiaali on asuin-, liike- ja teollisuusrakennuksissa

Aurinkotuotantopotentiaali alueella (MWp)



Aurinkotuotantopotentiaali alueella (MWh)



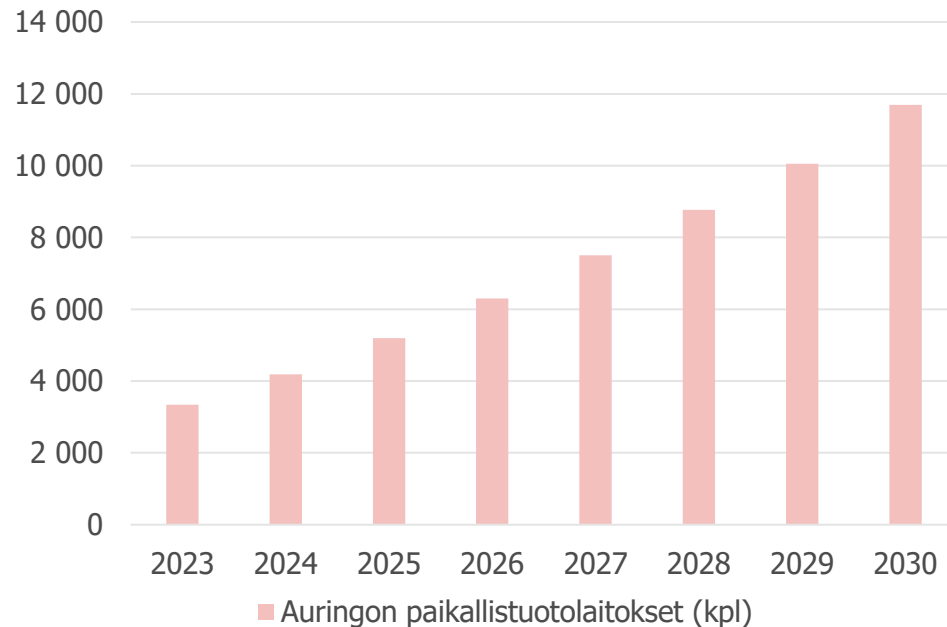
Rakennusten pinta-alaan suhteutettuna tehty laskenta-arvio aurinkoenergian potentiaalista

2 000 - 3 000 MWp
1 400 000 MWh/a

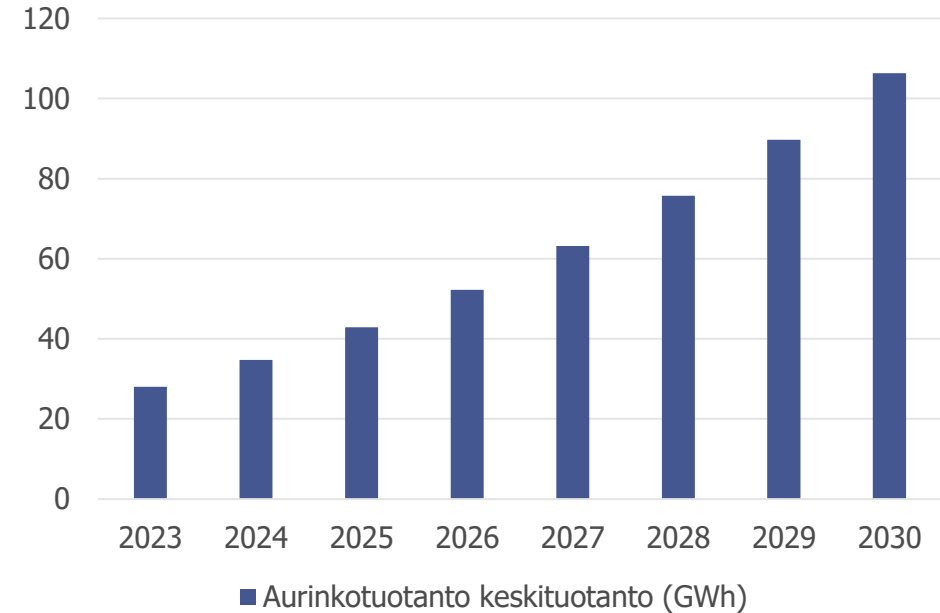


Aurinkovoiman pientuotannon kapasiteetin ennakoidaan miltei nelinkertaistuvan vuoteen 2030 mennessä

Arvio auringon pientuotolaitosten määrän kehityksestä (kpl)



Arvio auringon pientuotantolaitosten keskituotannosta (GWh)



Arvio hajautetun aurinkovoiman
pientuotannosta vuonna 2030

13 000 kpl

Tuotantokohteiden määrä

210 MWp

Paneeliteho

120 000 MWh/a

Optimaalinen vuosituotanto



Suurien aurinkotuotantoalueiden analyysin vaiheistus

Vaihe 1

Poissulkevat kriteerit
ja
paikkatietoanalyysi



Vaihe 2

Teknistoloudellinen
pisteytys
ja jatkoalueet



Vaihe 3

Kriteerien ja
alustavien karttojen
kommentointi
ohjausryhmässä



Vaihe 4

Lopulliset tulokset ja
potentiaalin
laskenta

*Tuotos:
"Reikäjuusto"-kartta*

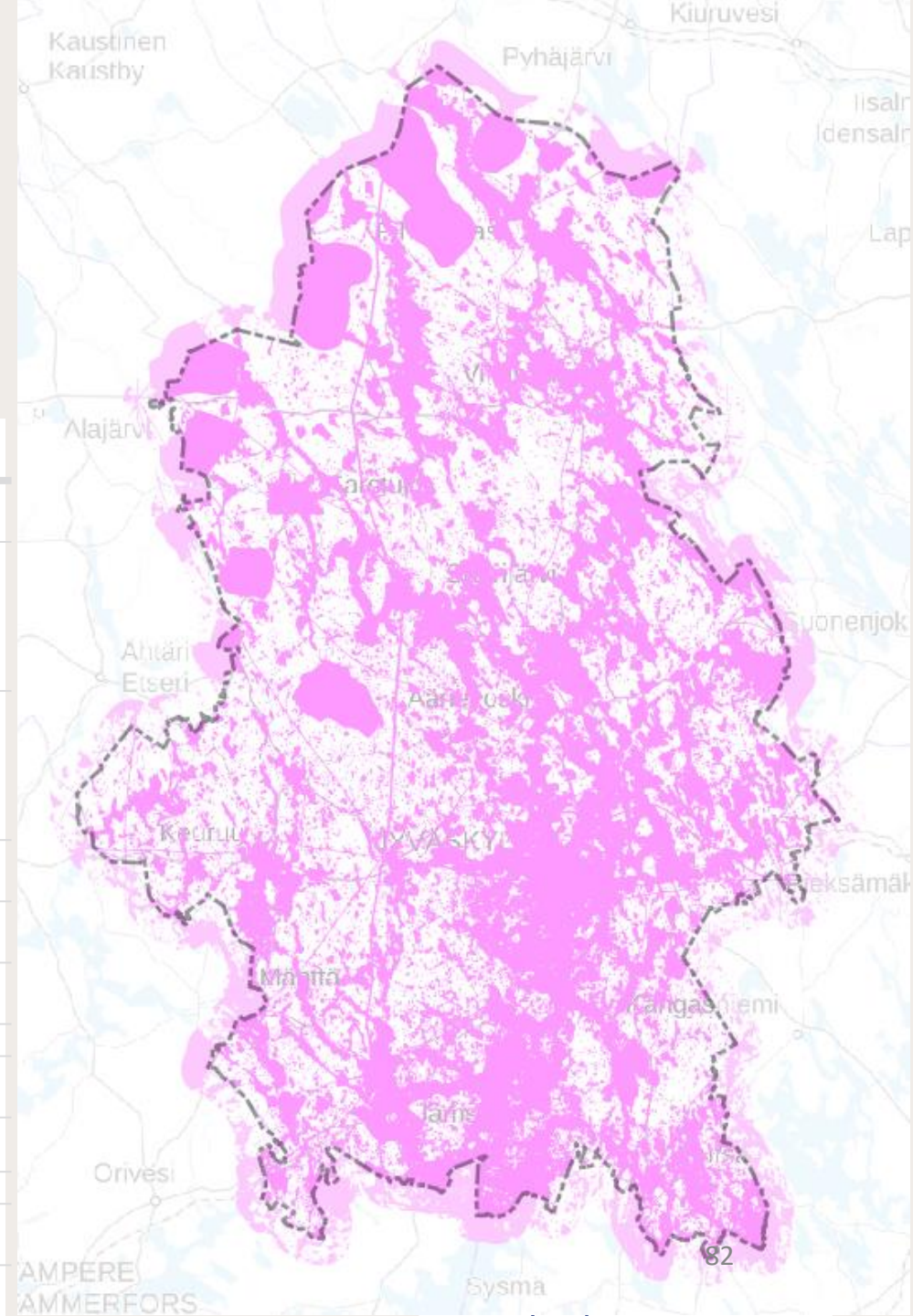
*Tuotos:
Alueet kartalla
pisteytettynä*

*Tuotos:
Tarkennettu kriteeristö*

Suurien aurinkotuotantoalueiden poissulkevat kriteerit (1/2)

Oheisia kriteerejä ja etäisyyksiä on käytetty poistamaan aurinkoenergialle huonosti soveltuvat alueet jatkotarkastelusta. Analyysi ei ota huomioon tapauskohtaista harkintaa. Tapauskohtaisesti esimerkiksi pienempi aurinkoenergian tuotantoalue voi olla mahdollinen tai vielä pidempi poissulkuetäisyys voi olla perusteltu.

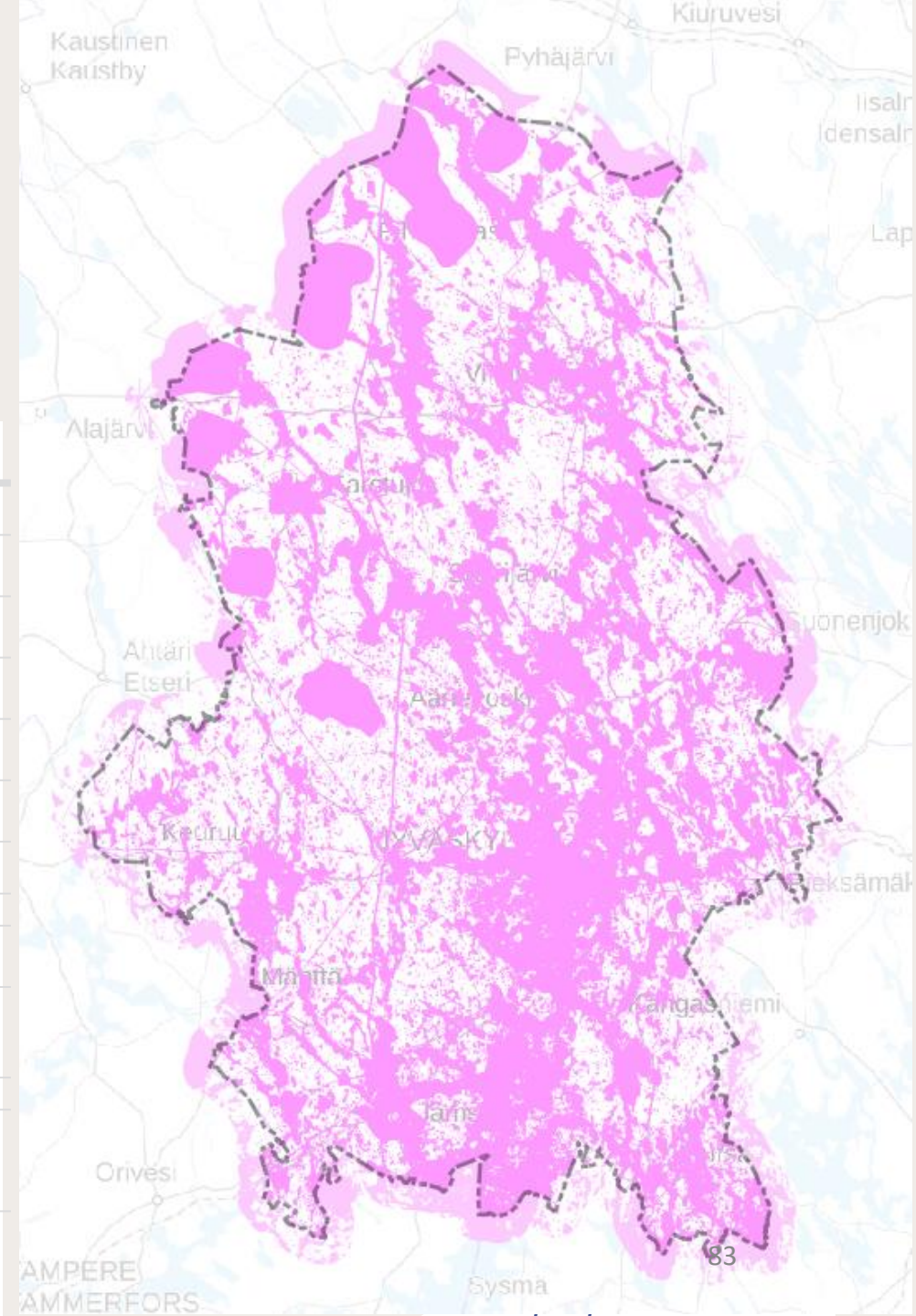
Poissulkeva kriteeri	Poissulkuetäisyys alueen lisäksi	Peruste etäisyydelle/huomionnille
Valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet	100 m	Rakentaminen matalaa, mahdollinen muu infra alueen vieressä ja maisemavaikutus.
Maakuntakaavan alueet: Ei asutusalueille, puolustusvoimien alueille, virkistysalueille, suojelualueille, maakunnallisesti arvokkaille kulttuuriympäristöille tai maisema-alueille, kaivosalueille, matkailupalvelujen alueille.	100 m	Maakuntakaavan tavoitteiden mahdollistaminen, osin päällekkäisyys muihin kriteereihin.
Maakuntakaavan alueet: monipuolinen työpaikka-alue, teollisuus- ja varastoalue (kem), seudullisesti merkittävä tiivistettävä taajama, keskustatomintojen alakeskus, keskustatoimintojen alue	0 m	Soveltuu huonosti laajoille maa-asenteisille puistoille, voi soveltua tapauskohtaisesti muuten.
Asuinrakennukset ja mökit (MML)	200 m	Maisemavaikutukset rakennuksiin ja pihapiiriin, osin tapauskohtainen.
Kylät ja pienkylät (RKY polygonin reunasta)	400 m	Yhdyskuntarakenteen eheys ja laajeneminen, kaavoituksen jatkumon katkeamattomuus.
Taajamat (RKY polygonin reunasta)	500 m	Yhdyskuntarakenteen eheys ja laajeneminen, kaavoituksen jatkumon katkeamattomuus.
Suojellut rakennukset	50 m	Suojellut rakennukset ja pihapiiriä poissuljettu.
Finiba, IBA, maali-alueet	100 m	Rakenteen mataluus, usein lähialueet rinteitä/kosteikkoja.
RKY-alueet	200 m	Maisema-arvot, kulttuurihistorialliset arvot.
Muinaisjäännökset	25 m	Inventoinnin epätarkkuudet, voi jäädä alueen sisälle tapauskohtaisesti.
Luonnonsuojelualueet, ohjelma-alueet	100 m	Reunavaikutus ja mahdollinen muu infravaikutus.



Suurien aurinkotuotantoalueiden poissulkevat kriteerit (2/2)

Oheisia kriteerejä ja etäisyyksiä on käytetty poistamaan aurinkoenergialle huonosti soveltuvat alueet jatkotarkastelusta. Analyysi ei ota huomioon tapauskohtaista harkintaa. Tapauskohtaisesti esimerkiksi pienempi aurinkoenergian tuotantoalue voi olla mahdollinen tai vielä pidempi poissulkuetäisyys voi olla perusteltu.

Poissulkeva kriteeri	Poissulkuetäisyys alueen lisäksi	Peruste etäisyydelle/huomionnille
Natura-alueet	100 m	Reunavaikutus ja mahdollinen muu infravaikutus.
Vesialueet	50 m	Vesistö ja reuna-alueet huonosti rakennettavissa, mahdollisia lintuarvoja.
Sähköasema	300 m	Sähköaseman liittymismahdollisuudet, laajennusmahdollisuudet.
Valtatie, kantatie tai seudullinen pääkatu	50 m	Piennar soveltuu huonosti rakentamiseen/liikenneturvallisuus.
Voimajohdot ja voimajohto maakuntakaavaraukset	100 m	VAT mahdollistaminen, varjostus, lunastusalueen huomiointi.
Valtakunnallisesti arvokkaat tuulirantakerrostumat	0 m	Paikallinen vaikutus
Valtakunnallisesti arvokkaat kallioalueet	0 m	Paikallinen vaikutus
Valtakunnallisesti arvokkaat kivikot	0 m	Paikallinen vaikutus
Valtakunnallisesti arvokkaat moreenimuodostumat	0 m	Paikallinen vaikutus
SYKE Zonaatioaineisto versio 6., paras 10 %	0 m	Monimuotoisuuden kannalta arvokkaimmat alueet. Pienialainen alue voi jäädä alueen sisälle tapauskohtaisesti.
Pohjavesialue	50 m	
Natura-riskivöhykkeet	0 m	Keski-Suomen maakuntakaavan 2040 Natura-arvioinnissa tunnistetut riskivöhykkeet; suojeluperustelajien säilymisen edellytykset
Soidensuojelu täydennysehdotuskohteet	0 m	Luontoarvoilta arvokkaita suoalueita





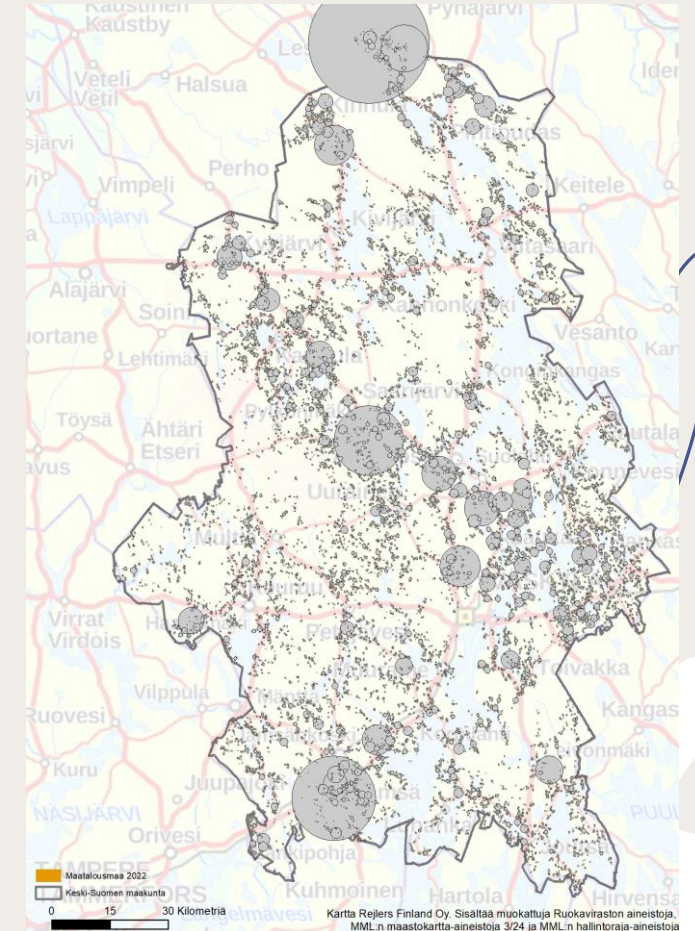
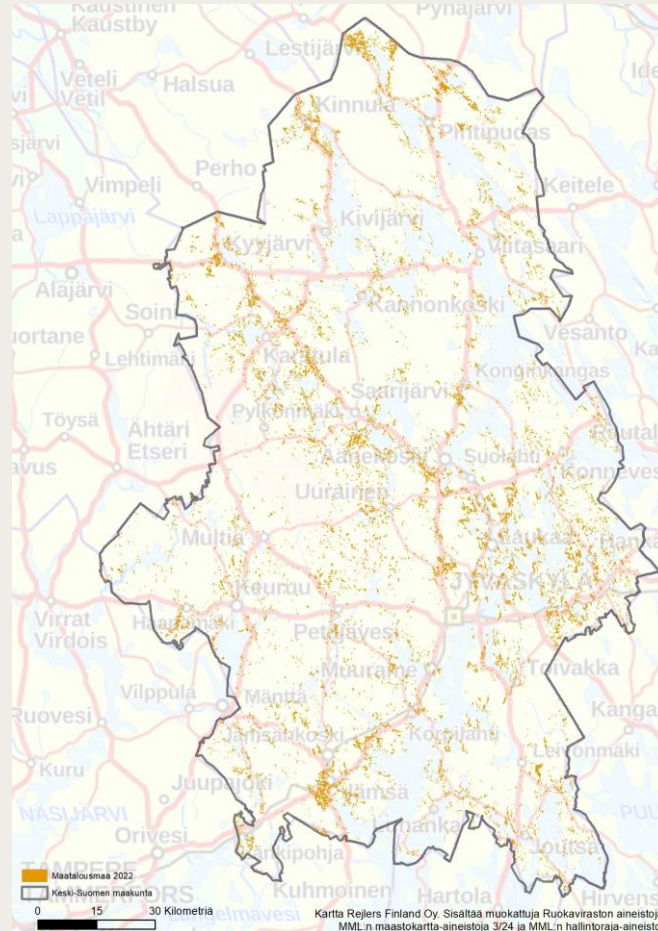
Suurilla aurinkovoima-alueilla voi olla vaikutusta yhtenäisiin pelto-alueisiin

Aurinkovoiman keskeiset vaikutukset kohdistuvat metsiin ja niiden lajistoon sekä asutukseen mm. maiseman kautta. Lisäksi vaikutuksia on myös peltoalueisiin. Ohjausryhmän keskustelun perusteella metsäalueita ei korostettu pisteytyksessä, vaikka niitä ei myöskään lisätty ei-alueiksi. Sen sijaan peltoalueet otettiin huomioon, vaikka vaikutukset yhtenäisiin peltoihin herättikin keskustelua. Toisaalta valtakunnallisissa alueidenkäyttötavoitteissa kehoitetaan varautumaan uusiutuvan energian ja sen edellyttämien logististen ratkaisujen tarpeisiin, mutta toisaalta korostetaan riittävän yhtenäisten pelto- ja metsäalueiden säilymistä.

Vasemmanpuoleiseen karttakuvaan on eroteltu Keski-Suomen alueelta maatalousmaa (sisältäen sekä maataloustukia saavat alueet, että tukien ulkopuoliset alueet). Oikeaan on ylikorostettu alueet, joilla on yhtenäisiä maatalousalueita. Ympyrä on suurempi kuin todellinen alue. Mitä suurempi ympyrä sitä suurempia yhtenäisiä peltoalueita.

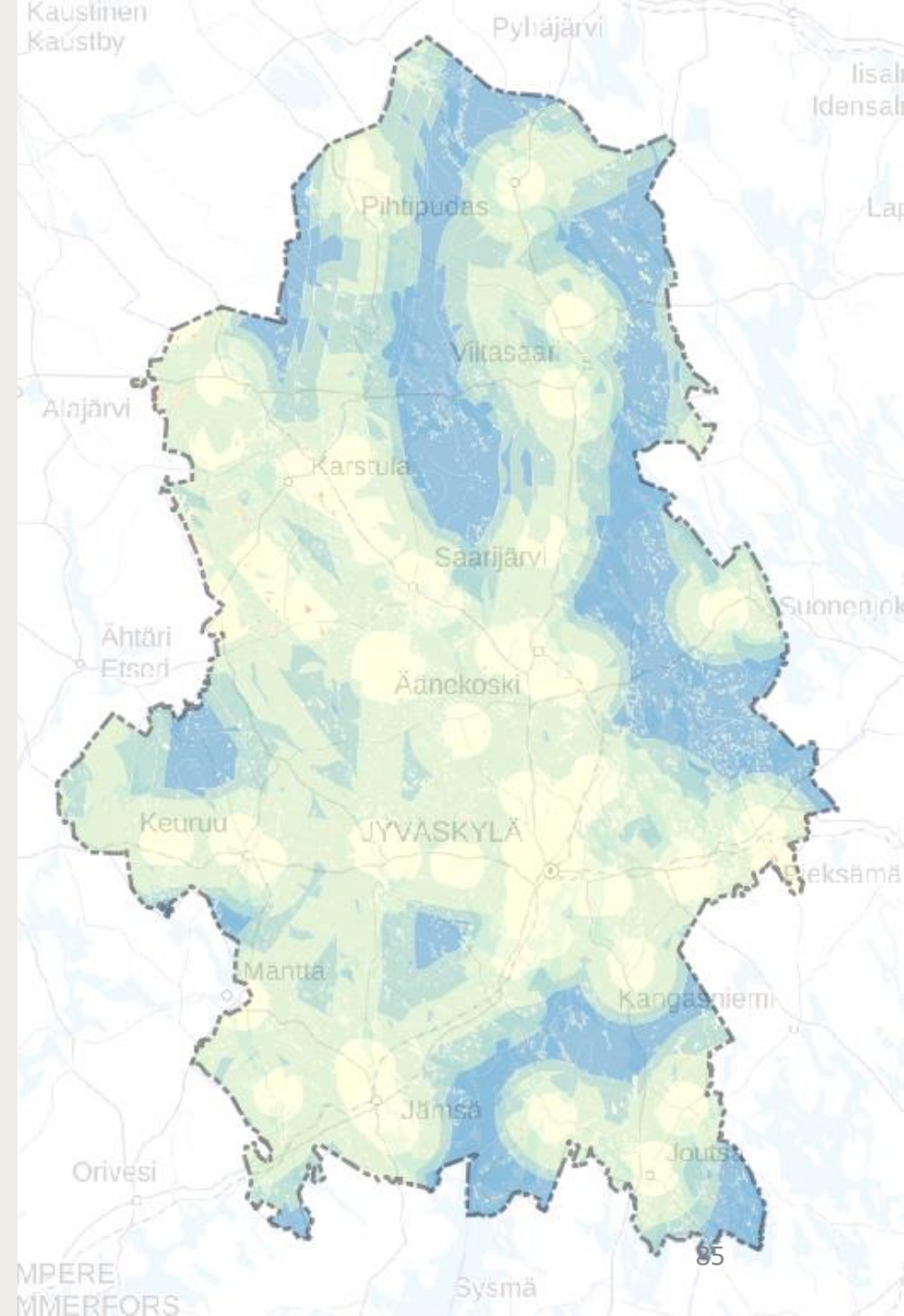
Kartta ei ota kantaa aurinkoenergian sijoittamiseen, vaan ainoastaan kuvaa missä maakunnan alueella sijaitsevat suurimmat yhtenäiset peltoalueet.

(Peltomaisemia on huomioitu analyyseissä myös mm. poistamalla valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet ja rakennusetaisyyksillä sekä pisteyttämällä korkeammin käytöstä poistunut maatalousmaa. Toisaalta hankealueiden koko vaikuttaa liittymisjohtojen määrään.)



Suurien aurinkotuotantoalueiden teknistaloudellinen pisteytys

Teknistaloudellinen tarkastelu	Pisteet	Etäisyyden vaikutus			
Turvetuotantoalue	4				
Käytöstä poistunut maatalousmaa (2000-2020 aineisto, yli 50 prosenttia alueesta ei peltoa tai niittyä maastokartalla)	2				
Pellot	1				
Voimajohtoverkon läheisyys (olemassa oleva ja maakuntakaavassa oleva yhteystarve)	0-3	0-4 km = 3	4-8 km = 2	8-10 km = 1	
Muuntoaseman läheisyys (olemassa olevat ja Fingrid mahdolliset alueet 2022)	0-3	0-5 km = 3	5-10 km = 2	10-20 km = 1	
Päällystettyjen teiden läheisyys	0-2	Alle 3 km = 2	Alle 6 km = 1		





Aurinkoenergian potentiaali

Vaihe

Tietojen yhdistämisvaihe yhteispinta-ala (ha)

Pisteet 12 (poissulkevat kriteerit ei huomioitu)	1 889
Pisteet 9 (poissulkevat kriteerit ei huomioitu)	47 666



Rajaus poissulkevilla kriteereillä

Pisteet yli 12 (poissulkevat kriteerit huomioitu)	1 536
Pisteet yli 9 (poissulkevat kriteerit huomioitu)	15 926



Rajaus alueen koon perusteella

Pisteet 12 (poissulkevat kriteerit huomioitu ja mukana alueet min 40ha)	873
Pisteet 9 (poissulkevat kriteerit huomioitu ja mukana alueet min 40ha)	6 952

Tuotannon laskentaperiaatteena on käytetty 0,6-1,1 MW/ha. Laskennan ylähaarukka olettaa hieman teknologista kehitystä, oletetaan myös, että voimalat asennetaan kaltevasti eikä tasoon.

Ei-analyysi ja teknistaloudellinen kriteeristön perusteella oletettu, että alue on pääosin rakennettavissa.

12 pisteen alueet (min. 40ha)

Yhteisteho: **524 – 960 GWp**

Vuosituotanto: **445 – 817 GWh**

9 pisteen alueet (min. 40ha)

Yhteisteho: **4 171 – 7 647 GWp**

Vuosituotanto: **3 548 – 6 506 GWh**

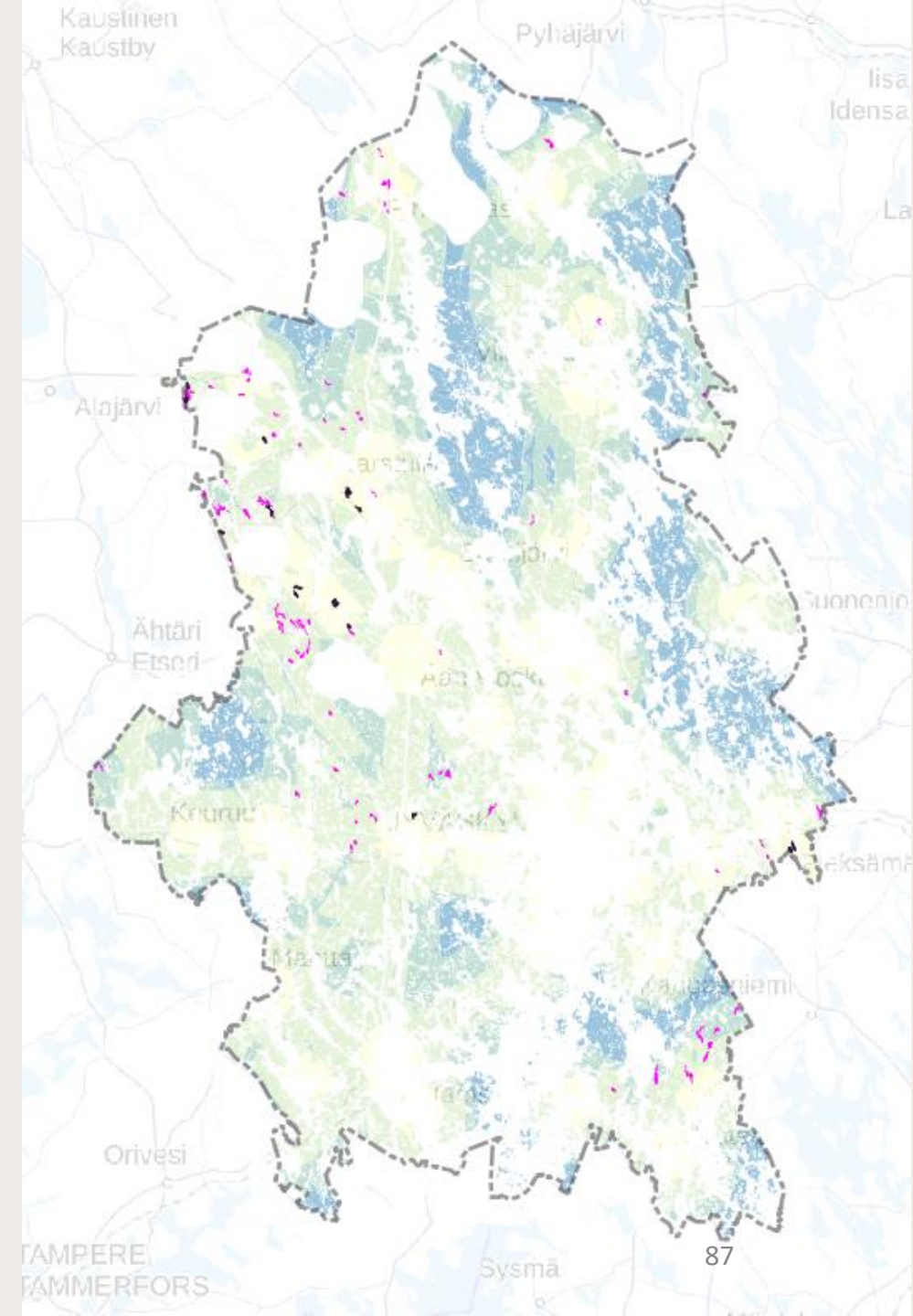
Potentiaaliset kohteet suurten aurinkopuistojen sijoittumiselle

Paikkatietoanalyysien perusteella potentiaalisimmat sijainnit suurille aurinkotuotantoalueille sijoittuvat maakunnan luoteiselle laidalle Karstulan suunnalle. Lisäksi muita alueita on mm. Jyväskylän ja Keuruun välillä, Pihtiputaalla, sekä Joutsan pohjoispuolella.

Viereiselle kartalle on teknistaloudellisen pisteytyksen päälle korostettu yli 40 ha suuret aurinkotuotantoalueet, jotka ovat saaneet analyysissa joko **yli 9 pistettä** tai **yli 12 pistettä**. Alueet ovat suodatettu myös poissulkevien kriteerien mukaan. (Tarkempi kartta kaikista potentiaalisista alueista löytyy kappaleesta energianvarastoinnin potentiaali ja suunnitellut hankkeet)

► 9 pisteen alueet kattavat n. 6 952 ha

► 12 pisteen alueet kattavat n. 873 ha



Yli 40 hehtaarin potentiaaliset aurinkovoiman tuotantoalueet sijoittuvat usein turvetuotantoalueille

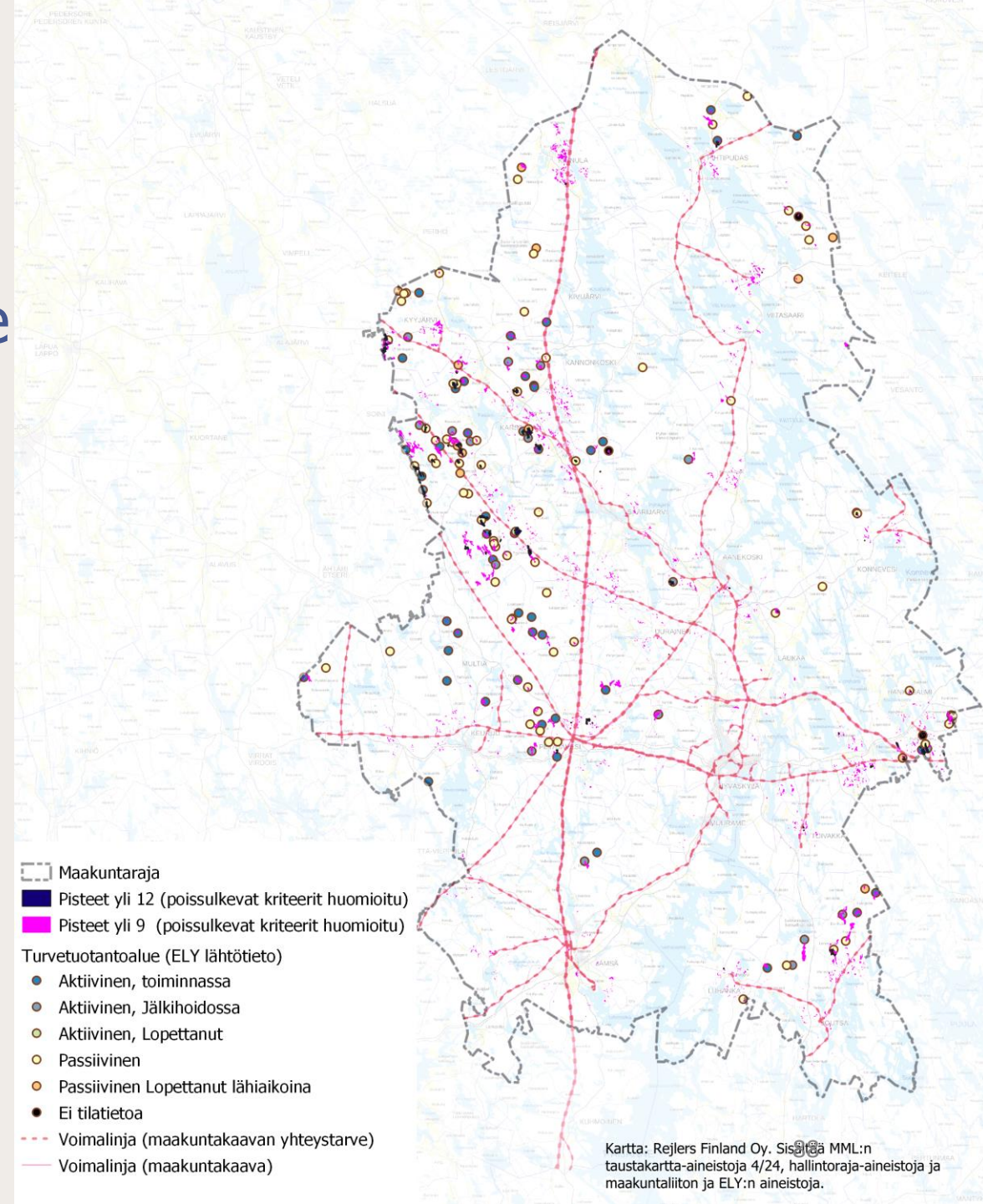
Viereiselle kartalle teemoitettu:

Alueet, jotka ovat saaneet analyysissa joko:

- **yli 9 pistettä** tai
- **yli 12 pistettä**.

Sekä ELY:n turvetuotantoalueiden tilannetieto symboleilla ja maakuntakaavan voimalinjavarakset

Kartan tavoite on kuvata, missä määrin maakunnan turvetuotantoalueet ovat aktiivisessa käytössä ja verrata paikkatietoanalyysin tuloksia tähän tietoon. Kartta ei ota kantaa yksittäisten alueiden toteutettavuuteen.



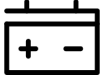


Liite 3:

Energian varastointiselvitys – Energian
varastointiteknologioiden vertailu ja hyödynnettävyys
maakunnassa



Energian varastointiin on kehitetty useita teknologioita, joiden toimintaperiaatteet eroavat suuresti toisistaan

Sähkökemialliset varastot	Lämpövarastot	Pumppuvoimalaitokset	Mekaaniset varastot	Kemialliset varastot
 Akut - Laajimmin saatavilla oleva energian varastointimuoto, joka perustuu sähkövarauksen kemialliseen sitoutumiseen - Yleisimpänä akkutekniikkana litiumionikennot  Superkondensaattorit - Erityisesti lyhyen, alle minuutin purkuajan tarpeisiin soveltuva tekniikka - Superkondensaattorissa energia varastoidaan sähkökenttään	 - Lämpövarasto koostuu lämmön tai kylmän talteenotosta ja vapauttamisesta - Tyypillisenä esimerkkinä on Suomessakin yleistyvät kaukolämpöakut, joissa lämpö varastoidaan kuumaan veteen säiliöihin tai luolastoihin - Lämpövarastojen toimintaan voi liittyä myös varastointiväliaineen tilanmuutoksia esimerkiksi kaasusta nesteeksi ja päinvastoin - Lämpöä voidaan varastoida myös kiinteisiin aineisiin, kuten hiekkaan	 - Pumppuvoimala perustuu veden potentiaalienergiaan, jota muutetaan kahden eri altaan välillä pumppaamalla vesi ylös ja vapauttamalla se takaisin turbiinien kautta - Pumppuvoimalaitosten osuus maailmanlaajuisesta sähköenergian varastointikapasiteetista on lähes 96%	 - Mekaaniset varastot hyödyntävät kineettisiä pyörimis- tai gravitaatiovoimia tai ilman termodynaamisia ominaisuuksia - Yleisimmin tutkitut mekaanisen energiavaraston tyypit ovat vauhtipyörät ja ilmajärjestelmät (Compressed air energy storage CAES ja Liquid air energy storage LAES) - Gravitaatiovoimalat/painovoima-akut pohjautuvat kiinteiden massojen potentiaalienergian säätelyyn	 - Kemialliset energiavarastot tarkoittavat suuressa mittakaavassa lähinnä Power-to-X:ään pohjautuvaa varastointia. Power-to-X-teknologiat tarkoittavat sähköenergian muuntamista synteettisten yhdisteiden kemialliseksi energiaksi, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi polttokennoissa tai polttoprosessissa - Yleisimpänä väliaineena on elektrolyysillä tuotettu vety

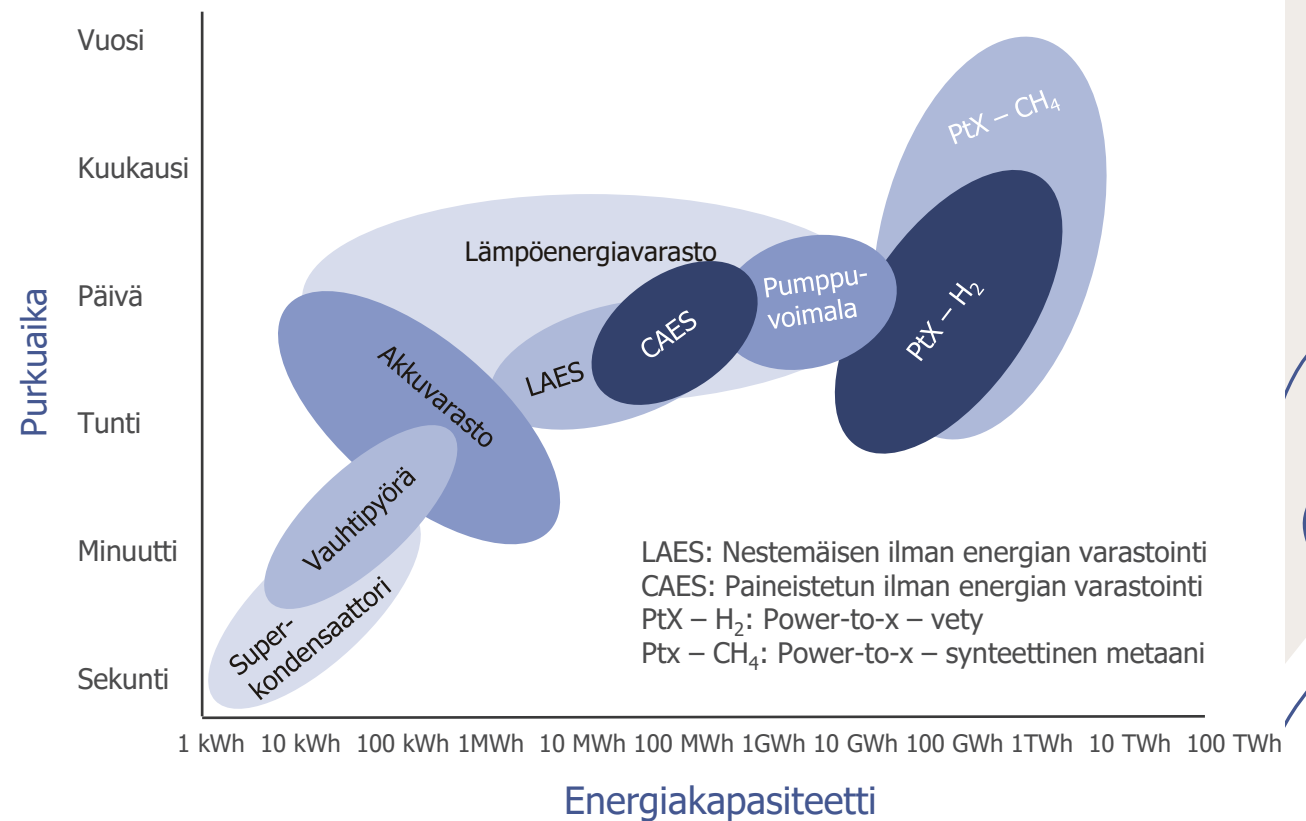


Varastointiratkaisuissa määräävät erot muodostuvat kapasiteetista, purkuajasta, hyötysuhteesta ja energian kulutuskohteesta

Kehitetyistä energiavarastoinnin teknologioista suurin osa tähtää sähköenergian varastointiin ja palauttamiseen takaisin sähköksi. Suomessa on tällaisten ratkaisujen lisäksi tarvetta myös lämpövarastoille, joita useat lämpöyhtiöt ovat toteuttaneet 2010- ja 2020-luvuilla.

Tällä hetkellä maailman sähköenergian varastointikapasiteettia hallitsee pumppuvesivoimavarastointi. Keski-Suomessa sen toteutettavuus on kuitenkin topografian vuoksi heikkoa. Muiden sähköenergian varastoteknologioiden tekninen kypsyys tai kapasiteetti ei yllä samalle tasolle. Teollisen kokoluokan akkuvarastoja on kuitenkin toteutettu Suomessakin, ja ne todennäköisesti soveltuvat myös Keski-Suomen sähköverkkoon kytkettäviksi.

Energiavaraston käyttökohdetta rajaa voimakkaasti sen purkuaika sekä kokonaiskapasiteetti. Kasvaviin uusiutuvan sähköenergian tuotannon heilahteluihin varautumiseen tarvitaankin lisää energiavarastojen ja kulutusjoustomahdollisuuksien kehitystä.





Veteen tai kiintoaineisiin pohjautuvat lämpövarastot tasapainottavat lämmön tuotantoa ja kulutusta



Fortumin Suomenojan CHP-laitoksella Espoossa on käytössä 20 000 m³:n kaukolämpöakku, jonka lisäksi laitosalueella on v. 2023 käynnistynyt myös 100 MW sähkökattila, jonka avulla voidaan vähentää vanhojen hiili- ja kaasukattiloiden käyttöä.

Case-esimerkin lähde: [Fortum](#)



- Veteen pohjautuvien lämpövarastojen tekninen kypsyyssaste on korkea
- Vesilämpövarastojen teho on skaalattavissa hyvin esimerkiksi erilaisiin kaukolämpöverkkoihin; sadoista kilowateista useisiin megawatteihin
- Yhdessä hiilineutraalin lämmöntuotantokonseptin kuten sähkökattilan kanssa lämpövarasto voi vähentää tehokkaasti fossiilisen energian käyttöä



- Lämpövarastojen sovellukset Suomessa painottuvat kaukolämmön tuotannon kuormituksen tasaamiseen. Keski-Suomen hiilineutraalisuustavoitteiden edistämiseksi lämpövarastoilla tulisi pystyä vähentämään fossiilienergian käyttöä. Tämä ajatus toteutuukin esimerkiksi [Alvan strategiassa](#), mutta lämpövarastot eivät ratkaise kaikkia sähköistyvän Keski-Suomen energianvarastointitarpeita.
- Sähkön varastointiin soveltuvien lämpövarastojen kehitys ei ole vielä kaupallisesti kypsällä tasolla. Tästä on esimerkkinä [Polar Night Energyn hiekka-akun kehitystavoitteet](#) sähköä tuottavaksi varastoksi



Sähkökemiallisilla varastoilla voidaan ylläpitää sähköverkon tehotasapainoa



Neoenin akkuvarastot Lappeenrannan Ylikkälässä sijaitsevat Fingridin kantaverkon sähköaseman lähellä. Toisen vaiheen valmistuttua varastojen kokonaiskapasiteetti on 86,4 MW / 142,9 MWh. Ylikkälän akkuvarastot toimivat Fingridin reservimarkkinoilla.

Case-esimerkin lähde: [Neoen](#)



- Akkuvarastoilla on jo teollisen kokoluokan hankkeita käynnissä Suomessa
- Akkuja voidaan hyödyntää sähköverkon taajuustasapainon säätövoimana ja osittain myös kulutuksen ja tuotannon tasapainottamisessa
- Keski-Suomessa akkuvarastoilla voisi olla korkea sijoittumispotentiaali esimerkiksi luoteisosien tuulivoimahankkeiden yhteydessä tai kantaverkon vahvoilla liityntäpisteillä (Petäjävesi, Toivila)



- Nykyisten akkuvarastohankkeiden kapasiteetit ovat riittäviä kattamaan vain pienen osan uusien tuulivoimapuistojen tuotantokapasiteeteista, jolloin ne eivät yksinään riitä ratkaisemaan uusiutuvan sähköntuotannon ja kulutuksen epätasapainoa Keski-Suomessakaan
- Akkujen purkuajat ovat toistaiseksi lyhyitä, jolloin ne eivät sovellu myöskään kausivarastoksi



Mekaanisia energiavarastoja kehitetään vastaamaan akkuvarastojen haasteisiin ja tukemaan sähköjärjestelmää



Sveitsiläinen Energy Vault rakentaa Rudongiin Kiinaan painovoima-akun, jonka kapasiteetti on 100 MWh. Sama yhtiö kehittää myös Yhdysvaltojen Houstoniin 36 MWh:n kapasiteetin painovoimaan perustuvaa energiavarastoa.

Case-esimerkin lähde: [Energy Vault, Tekniikka & Talous](#)



- Mekaanisilla energiavarastoilla voitaisiin osallistua sähköverkon tasapainotukseen
- Mekaanisen energian varastointiteknologiat eivät vaadi mittavasti maa-alaa eikä korkeuseroja, minkä vuoksi niiden paikalliset ja käytönaikaiset ympäristövaikutuksetkin ovat hyvin pienet



- Vauhtipyörät, paineilmavarastot ja painovoima-akut eivät ole vakiintunutta teknologiaa suuren kapasiteetin kokoluokassa. Painovoima-akuissa on kuitenkin kymmenien megawattituntien pilotteja rakenteilla
- Mekaanisten varastojen usein lyhyet purkuajat voivat aiheuttaa sen, ettei niiden soveltaminen merkittävästi edesauttaisi Keski-Suomen hiilineutraaliustavoitteiden saavuttamista



Pumppuvoimalaitokset ovat teknisesti kypsiä, mutta ne vaativat erityiset maantieteelliset olosuhteet



Kemijoki Oy esisuunnittelee Ailangantunturiin Kemijärvellä pumppuvoimalaitosta, jonka huipputeho olisi 550 MW ja kapasiteetti joitakin gigawattitunteja. Laitoksen kokoluokka riittäisi osallistumaan sähköntarpeen vuorokautisen vaihtelun tasapainottamiseen yhtenä merkittävimmistä teknologiavaihtoehtoista.

Case-esimerkin lähde: [Kemijoki Oy](#)



- Sopivan kohteen löytyessä pumppuvoimalaitos olisi kapasiteetiltaan parhaimpia sähkön varastointimuotoja
- Pumppuvoimaloilla on energiavarastojen paras teknologian kypsyysaste



- Pumppuvoimalaitokset vaativat merkittäviä korkeuseroja, eikä niille sopivaa maastopotentialiaa ole Keski-Suomessa tunnistettu
- Rakennettavilla voimaloilla on paikallisesti merkittävät ympäristövaikutukset, mikäli käyttöönotto vaatii uuden laajan tekojärven tai altaan rakentamisen



Kemiallisissa energiavarastoissa on valtava potentiaali, mutta niiden kustannus- ja hyötysuhdehaasteet täytyy vielä ratkaista



P2X Solutions rakentaa vuonna 2024 valmistuvan Suomen ensimmäisen teollisen kokoluokan Power-to-X-laitoksen Harjavaltaan. Sen elektrolyysierikapasiteetti on 20 MW. Harjavallan laitoksella tuotetaan vedyn lisäksi siitä jalostettua metaania. Harjavallan laitoksen konsepti ei kuitenkaan pohjautu kokonaan energian varastointiin, sillä tuotettua vetyä käytetään myös teollisuuden prosesseissa.

Case-esimerkin lähde: [P2X Solutions](#)



- Puhtaan vedyn ja sen jatkojalosteiden tuotanto voisi luoda paikallista kysyntää suurellekin määrälle uutta tuulivoimakapasiteettia
- Keski-Suomessa tuotettava vety jalosteineen parantaisi maakunnan energiaomavaraisuutta
- Vetytuotteiden liikennekäytön arvoketju hyötyisi paikallisesti tuotetusta vedystä

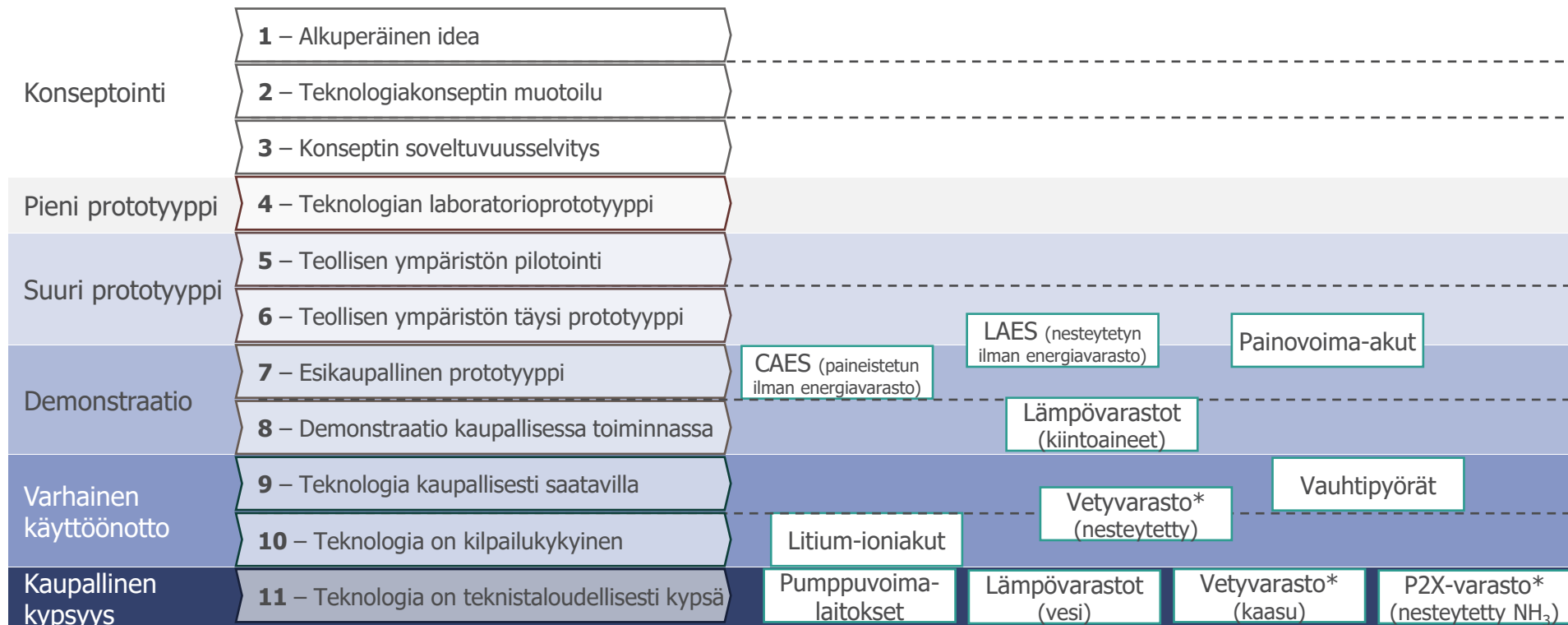


- Elektrolyyserivedyn ja sen johdannaisten tuotantoprosessin hyötysuhde jää matalaksi. Mikäli tuotettu vety pitää palauttaa takaisin sähköenergiaksi, jää varastoinnin kokonaishyötysuhde jopa n. 30 prosenttiin
- Vetyratkaisujen hyötysuhteen parantaminen edellyttäisi tehokasta hukkalämmön hyödyntämistä. Sen potentiaali Keski-Suomessa jää melko vähäiseksi.
- Uusiutuvan sähköntuotannon vaihteluihin mukautuvan vedyntuotannon kokemukset ovat vielä hyvin rajallisia suuressa kokoluokassa



Energian varastointiteknologioista vesilämpövarastot ja pumppuvoimalaitokset ovat teknisesti kypsimpiä

Energian varastointiratkaisujen teknologista kypsyystä arvioidaan tyypillisesti TRL-asteikolla (Technology Readiness Level). Teknologian valmiutta arvioiva vertailuluku ei huomioi Suomen kansallisia tai Keski-Suomen alueellisia erityispiirteitä ratkaisun mahdollisuuksia arvioitaessa. Teknistaloudellisesti onnistuneen ratkaisun suunnittelu vaatii varastointiin kytkeytyvän energiajärjestelmän tarkastelua kokonaisuutena.



*Vety- ja Power-to-X-varastojen kypsyysaste perustuu varastointiratkaisun valmiuteen. Vihreän vedyn tuotantoteknologioiden kypsyysaste on [IEA:n arvioinnin](#) mukaan tasolla 9.



Energiavarastojen hanketilanne Keski-Suomessa on lupaava – uusillekin hankkeille odotetaan kasvavaa kysyntää

- Energian käytön kokonaisuutta ja nykytilannetta on selvitetty tarkemmin energiataseselvityksessä. Maakuntakaavoituksen yhteyshenkilöille tehdyn kyselyn perusteella maakunnan alueella on yksittäisiä pienen kokoluokan sähkövarastoja.
- Uusiutuvan energian hankkeiden osalta energiavarastoja selvitetään joissakin hankkeissa osana hankekonseptointia. Oletettavaa on, että tällaiset varastot sijaitsisivat hankealueella tai sen välittömässä läheisyydessä. Tuulivoimahankkeista ainakin Tukkimäen (Karstula) ja Lehmikorven (Keuruu) yleiskaavaluonnoksissa on varaus akkuvarastolle EN-merkinnällä ja siihen liittyvällä määräyksellä hankealueen sisällä. Lisääntyvä tuuli- ja aurinkovoima voi toimia kannustimena uusille energiavarastohankkeillekin.
- Jämsän Kaipolan entisen tehtaan alueelle suunnitellaan Valkea Energy Storage -nimistä 50 MW:n kokoista energiavarastoa, johon on mahdollisuus myöhemmin lisätä 40 MW. Hanke on saanut rakennusluvan. Rahoitusneuvottelut ovat kesken. Hankkeen läheisyyteen selvitetään myös aurinkovoimaa.
- Alva rakentaa Jyväskylän Rauhalahden voimalaitosalueelle vuonna 2026 valmistuvan kaukolämpövaraston, jonka koko on 15 000 m³ ja energiakapasiteetti n. 800 MWh. Vastaavan kapasiteetin vesisäiliöön pohjautuvia ratkaisuja on rakennettu muualle Suomeen jo aiemmin, kuten esimerkiksi Suomenojan voimalaitokselle Espooseen.
- Ilmatar on saanut Työ- ja elinkeinoministeriöltä 19,5 miljoonan tuen Keski-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan rajan läheisyydessä olevaan Louhukankaan hybridihankkeeseen, johon kuuluu tuulipuisto, aurinkopuisto ja 25 MW/50HWh akkuvarasto. Todennäköinen akkuvaraston sijaintipaikka on Etelä-Pohjanmaan puolella.



Liite 4:

Sähkö- ja lämpöenergian varastoinnin esimerkkiprojekteja Suomessa ja tietoa maakuntakaavoituksen tueksi



Suomen toteutuneissa energiavarastohankkeissa korostuvat teknologian ja maantieteen mahdollisuudet ja rajoitteet

- Suomessa on toteutettu etenkin 2010- ja 2020-lukujen aikana useita energia-varastohankkeita, joiden yhdistävänä tekijänä on ollut tavoite parantaa reagointikykyä energian tuotannon tai kulutuksen vaihteluihin. Keski-Suomen julkistettut akku- ja lämpövarastohankkeet edustavat vastaavia ratkaisuja kuin muualle Suomeen jo toteutetut energianvarastointiprojektit
- **Toistaiseksi merkittävimmät sähköenergian varastohankkeet ovat perustuneet energian lataamiseen ja purkamiseen nopeasti**, jotta varastoratkaisu tai siihen kytkeytyvä voimalaitos kykenisi osallistumaan sähköjärjestelmän tehotasapainoa ylläpitäville säätösähkö- ja reservimarkkinoille
- Pidemmän ajan ja suuremman kapasiteetin sähkövarastoja ei ole Suomessa käytössä vielä vuonna 2024, mihin voi vaikuttaa mm. teknologioiden kypsyys, kustannustaso ja Suomen maaperän tasaisuus pumppuvoimalaitoksia ajatellen
- **Lämpövarastot kaukolämpöjärjestelmissä ovat yleistyneet kymmenessä vuodessa ja niiden energiakapasiteetit ovat kasvaneet.** Kohonneet polttoaineiden hinnat, sähkökattilaratkaisut ja sähkön hinnan vaihtelut ovat edistäneet investointipäätöksiä lämpövarastoihin
- **Tämän selvityksen hanke-esimerkeissä painotetaan niiden maankäyttö-vaikutuksia ja kaavoitusratkaisuja, joilla hankkeiden toteutumista tuettiin kuntien ja aluehallintojen toimesta**

Lähde: [Hyvinkään Lämpövoima Oy](#), [Yle](#)



Kulomäen lämpövarastohankkeessa tavoitellaan säästöjä talven kaukolämmön huippukulutukseen varastoimalla energiaa vesialtaissa kuukausien ajan. Varastoaltaat pyritään saamaan käyttövalmiiksi vuonna 2026, mutta investointipäätöstä ei ole vielä tehty.



Energiavarastoihin liittyvissä maankäytön kysymyksissä korostuu varaston hyödyntäjän ja maankäytön suunnittelun yhteistyö

Energiavarastoratkaisut

Osa energiavarastoista soveltuu paremmin lyhytaikaiseen vuorokauden sisäiseen varastointiin ja osa soveltuu kausivarastointiin tai useiden päivien pituiselle purkuajalle. Akkuteknologia kehittyy jatkuvasti; tilantarpeen ja kapasiteetin suhdeluku m²/MW vaihtelee eri akkuteknologioiden välillä jonkin verran. Joustoa tuovien akkujen osalta pieni kokonaistilavuus ei ole yhtä kriittinen tekijä kuin vaikkapa kodinelektroniikassa, ja akkujen energiatiheys saattaa alentua laitokseen kasvaessa kustannustehokkuuden vuoksi. Siksi toteutuneiden hankkeiden (esim. Batcave, Ylikkälä, Suvilahden sähkövarasto) tilantarpeet ovat suuntaa antavia tulevaisuuden akkujen tilantarpeita ajatellen.

Suuremman energiakapasiteetin varastointiratkaisuja ovat esimerkiksi veteen lämpöenergiaa varastoiva kalliovarasto (esimerkkinä Mustikkamaa) ja hiekkakuoppaan toteutettava, veteen energiaa varastoiva varasto (esimerkkinä Kulomäki). Lämpölaitosten yhteyteen toteutettavat vesisäiliölämpövarastot ovat maankäytön vaikutuksiltaan huomattavasti pienempiä.

Raskaan liikenteen latausasemien yhteyteen voi harkita mahdollisuutta sijoittaa akkuvarasto, jolloin se tulee huomioida kaavoitusvaiheessa.

Pumppuvoimalaitokselle soveltuvia alueita ei tunnistettu tässä selvityksessä, mutta sillä olisi merkittävä alueellinen vaikutus maankäyttöön varsinkin tekoallasratkaisuna toteutettuna.

Energiavarastojen tilantarve ja vaikutus kaavoitukseen

Suomessa käytössä olevien energiavarastojen tilantarpeet vaihtelevat kymmenistä metreistä yli kymmeneen hehtaariin. Tilantarpeeseen vaikuttaa varaston tyyppi ja kapasiteetti.

Maisemavaikutuksiin vaikuttaa varaston tyyppi ja koko. Osa varastoista voi olla verrattain korkeita (säiliövarasto), kun taas toiset ovat matalia, mutta pinta-alaltaan suurempia. Usein sijainti voidaan sovittaa verrattain hyvin muuhun yhdyskuntarakenteeseen esim. energiantuotantoalueen yhteyteen, virkistysalueiden läheisyyteen tai jopa maisemoida muraalilla, kuten Espoossa.

Kaava- ja luparatkaisut vaihtelevat teknologiasta, alueen nykytilanteesta ja maankäytön muutostarpeista johtuen. Maankäytön ohjaus on tapahtunut usein kuntatasolla joko kaavalla tai lupakäytännöillä.

Mikäli tunnistetaan uusia merkittäviä energian varastointihankkeita maakunnan alueella, niin niiden yhteys maakuntakaavaan kannattaa tarkastella tilankäytön ja turvallisuuden näkökulmasta. Osa energiavarastoista voi sijoittua esimerkiksi EN-alueelle, jolloin riittävän suuret kaavavaraukset tukevat joustavaa alueiden käyttöä esim. akuille, lämpökattiloille tai energiavarastoille. Riittävät tilavaraukset myös mahdollistavat alueiden laajentamisen sähkön korvatussa muuta energian käyttöä ja mahdollisesti vaatiessa esim. muutoksia sähköasemille.



Energiavarastojen varaukset yleiskaavoissa voisivat edistää akustojen sijoittumista uusiutuvan energian tuotantoalueille

Uusiutuvan energian hankkeen energiavarastot

- Akkuvarastoja ei usein ole huomioitu tuulipuistojen yleiskaavoissa. Mikäli niitä rakennetaan puistojen yhteyteen, asiaan otetaan kantaa todennäköisimmin lupaprosessin yhteydessä. Akkuvarastojen ympäristövaikutusten merkittävyyttä voi tällaisissa tapauksissa vähentää potentiaalinen sijainti hankealueella sähköaseman läheisyydessä.
- Keski-Suomen alueella ainakin kahdessa kaavaluonnoksessa eli Tukkimäen ja Lehmikorven tuulivoimahankkeiden yleiskaavoissa on kuitenkin otettu energiavaraston mahdollisuus huomioon, mikä sujuvoittaa varastojen toteutettavuutta, mikäli varastohankkeita lähdetään edistämään.

**EN-2**

Energiahuollon ja energiavarastoinnin alue. Merkinällä osoitettu likimääräinen alue, jolle voidaan rakentaa sähköasemakenttä, kojeistorakennuksia, akkuvarastoja ja huoltorakennuksia. Sähköasemakenttä tulee aidata.

Lähde: [Keuruun kaupunki](#), [Karstulan kunta](#)

**EN**

Energiahuollon ja energiavarastoinnin alue. Merkinällä osoitettu likimääräinen alue, jolle voidaan rakentaa sähköasemakenttä, kojeistorakennuksia, akkuvarastoja ja huoltorakennuksia. Sähköasemakenttä tulee aidata.



Superkondensaattori parantaa vesivoimalaitoksen säätökykyä nopeimmissa kuormanvaihtelutilanteissa

Superkondensaattori, Sodankylä

- Kemijoki Oy:n Kurkiaskan voimalaitoksella Sodankylässä sähköä tuotetaan vesivoiman ja superkondensaattoreihin varastoidun energian hybridijärjestelmällä.
- HYCAP-nimeä ("HYdropower CAPacity") kantavassa hankkeessa asennetun sähkövaraston ansiosta voimalaitos pystyy vastaamaan hyvin lyhyen aikavälin – jopa sekunnin sadasosan – muutoksiin sähkön kysynnässä ja tuotannossa. Kondensaattorien energiakapasiteetti onkin vain 44 kWh, eikä niillä pyritä varastoimaan sähköenergiaa pidempiä purkuaikoja varten.
- Kemijoki Oy:n sähkövarastot on sijoitettu kahteen merikonttiin, joissa sähkö on varastoitu superkondensaattoreihin.





Ylikkälän akkuvarastot toimivat Fingridin reservimarkkinoilla ja sijaitsevat kantaverkkoaseman lähistöllä

Ylikkälän akkusähkövarastot, Lappeenranta

- Toteutetaan kahdessa vaiheessa: Ylikkälä Power Reserve One ja Power Reserve Two
- Ensimmäisen hankevaiheen koko oli n. 3 800 m², 30 MW/30 MWh, kymmenen merikonttia ja muuntaja. Käyttöönotto oli vuonna 2021
- Ylikkälä Power Reserve One –hanke toteutettiin Lappeenrannan kaupungin myöntämällä suunnittelutarveratkaisulla (alueen osayleiskaavoitus oli rakentamisen aikaan meneillään, luvan pohjana oli kaavaluonnos)
- Akkusähkövaraston alue sisällytettiin Lappeenrannan keskustan osayleiskaavan 2030 läntisen osa-alueen (kv 28.1.2019) energiahuollon alueeseen (EN)
- Alueelle on rakenteilla hankkeen toinen vaihe Ylikkälä Power Reserve Two, 56.4 MW / 112.9 MWh, käyttöön vuonna 2025. Se toteutetaan Lappeenrannan kaupungin myöntämällä rakennusluvalla.
- Fingrid Oyj:n 400 kV:n kantaverkkolinjan Ylikkälän sähköasema sijaitsee hankealueen lähellä, joten verkkokapasiteettia on hyvin saatavilla.
- Akkusähkövaraston liiketoiminta perustuu toimintaan Fingridin reservimarkkinoilla





Suvilahden akkukokonaisuus avasi tietä sähkön reservimarkkinatoimintaan keskittyville varastoratkaisuille

Suvilahden akkuvarasto, Espoo

- Helenin Suvilahden akkuvarasto oli valmistuessaan v. 2016 Pohjoismaiden suurin akkukäyttöinen energiavarasto
- Varasto sijaitsee Suvilahden voimalaitoksen v. 1956 hyväksytyllä asemakaava-alueella. Hankkeelle myönnettiin rakennuslupa 2015.

	Suvilahden sähkövarasto
Käyttöönottovuosi	2016
Nimellisteho	1.2 MW
Energiakapasiteetti	0.6 MWh
Kontin koko	12 x 2 x 2 metriä
Toiminta	Taajuussäätöä palveluna reservimarkkinoilla (2019 lähtien FCR-N –tuntimarkkinoilla)
Sijainti	Suvilahden aurinkovoimala
Akkujen rakenne	n. 15 000 litium-ioni-kennoa
Investoinnin arvo	2 M€





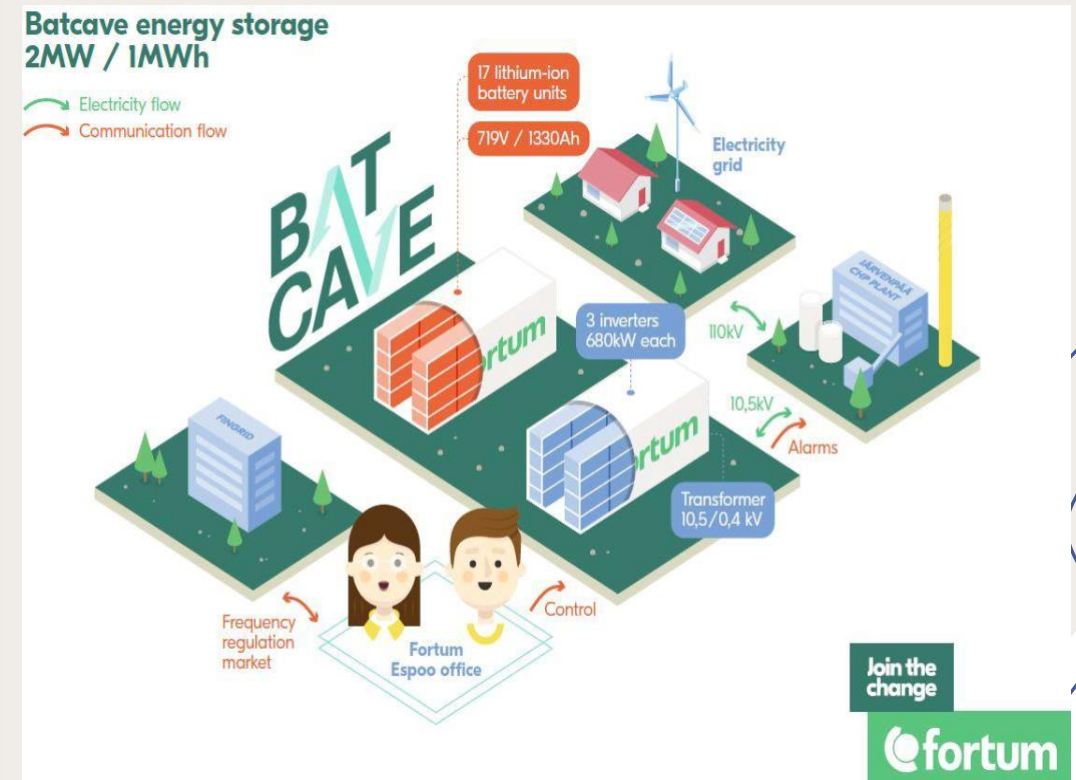
Fortumin akkuratkaisu toteutettiin reservimarkkinoita varten Suvilahden ja Ylikkälän hankkeiden tavoin

Batcave Järvenpää

- Batcave-akkuvarasto rakennettiin v. 2017 Järvenpään kaukolämpöä ja sähköä tuottavan CHP-laitoksen yhteyteen
- Liiketoimintaperiaatteena on Fingridin reservimarkkinoille osallistuminen, vastaavasti kun Ylikkälän akkuvarastoilla

	Batcave, Järvenpää
Käyttöönottovuosi	2017
Nimellisteho	2 MW
Energiakapasiteetti	1 MWh
Toiminta	Taajuussäätö Fingridin reservimarkkinoilla
Sijainti	Järvenpään biovoimalaitos
Akkujen rakenne	6 600 litium-ioni-kennoa
Investoinnin arvo	1.6 M€ (30% tukea työ- ja elinkenoministeriöltä)

Lähde: [Fortum](#)

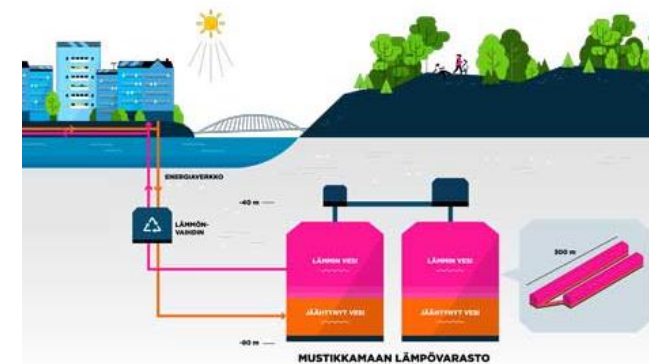


Mustikkamaan luolalämpövarasto, Helsinki

- Mustikkamaan saaren alla 80 metrin syvyydessä sijaitsevat kaksi käytöstä poistettua öljyluolaa muutettiin lämpövarastoiksi kaukolämpökäyttöön.
- Luolat palvelevat kaukolämpöverkon asiakkaita tasaamalla kulutushuippuja vuoden ympäri
- Myös jätevesien hukkalämpöä on mahdollista muuntaa kaukolämmöksi varastoimalla lämpöä lämpöluolien veteen ja vapauttamalla sitä käyttöön tarpeen vaatiessa

	Mustikkamaan vesivarasto
Käyttöönottovuosi	2021
Purkuteho	120 MW
Energiakapasiteetti	11,6 GWh
Varaston koko	320 000 m ³
Toimintaperiaate	Kaukolämmön kulutushuippujen tasaaminen verkon ylijäämälämmöllä
Varastoaineen käyttölämpötila	45-100
Investoinnin arvo	n. 15 M€

- Helenin tavoite on olla hiilineutraali vuonna 2035, ja maanalaiset lämpöluolat ovat tärkeä teknologia tavoitteen saavuttamiseksi. Lämpövaraston avulla Helen pystyy talven kylmimpään aikaan vähentämään öljyllä tai kaasulla toimivien lämpölaitosten käynnistyskertoja. Lämpöluolat vähentävät Helenin hiilidioksidipäästöjä 21 000 t/a.
- Alueella on v. 1997 vahvistettu asemakaava. Mustikkamaan luolavaraston erityispiirteenä on maapohjan virkistyskäyttö puistona; varaston kohdalla asemakaavan merkintänä on (VL-1) eli lähivirkistysalue





Kulomäen kausivarastohanke Hyvinkäällä tähtää pitkän ajan lämmön taltiointiin talven kulutushuippuja varten

Lämmön kausivarasto, Kulomäki, Hyvinkää

- Hyvinkään Lämpövoima suunnittelee maakuoppiin rakennettavia kaukolämpövarastoja entiselle soranottoalueelle
- Investoinnilla tavoitellaan 1,5 miljoonan euron säästöjä vuodessa lämmöntuotannon polttoainekuluissa
- Lämpövaraston toimintaa tukemaan Hyvinkäällä on aikeena rakentaa Sahanmäkeen sähkökattila (n. 20 MW), jonka tuotannolla varastoa voidaan ladata, kun sähkö on edullista – etenkin lämmityskauden edellä
- Kausivarastolle tavoitellaan 70 %:n kokonaishyötysuhdetta

	Kulomäen vesivarasto
Käyttöönottovuosi	2026
Purkuteho	30 MW
Energiakapasiteetti	20 GWh/a
Varaston koko	500 000 m ³
Toimintaperiaate	Lämmön kausivarastointi vuodenaikojen välillä
Varastoaineen käyttölämpötila	40-90 °C
Investoinnin arvo	20 M€ (40% investointituki, TEM)



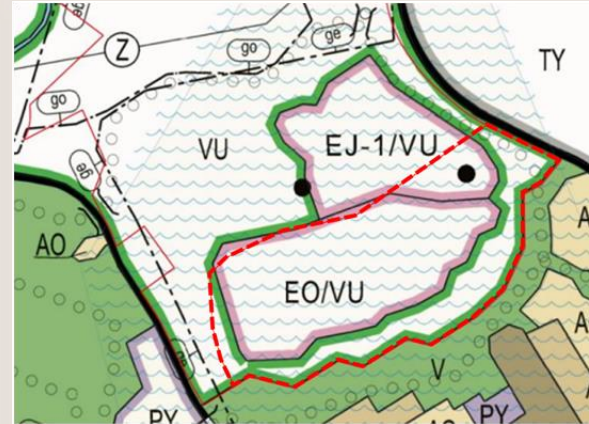
Lähde: [Hyvinkään Lämpövoima Oy](#), [Yle](#)



Kulomäen hankkeeseen liittyy merkittävää maankäyttöä, mutta alueen menneisyys soranottoalueena vähentää muutostarpeita

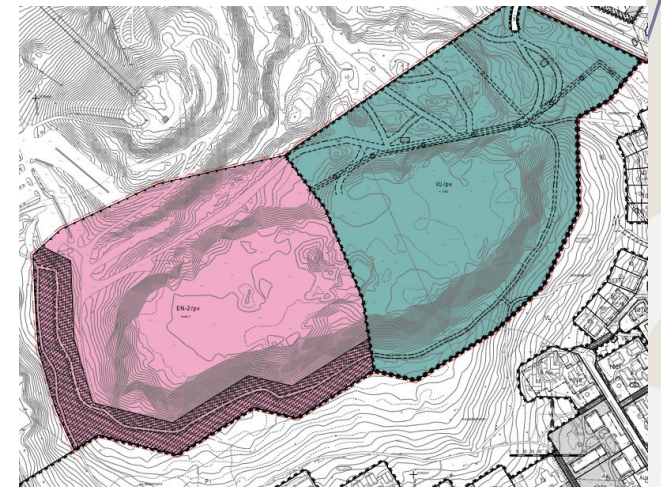
Lämmön kausivarasto, Kulomäki, Hyvinkää

- Kulomäen kausivaraston kaavoitusratkaisu oli asemakaavan ehdotusvaiheessa keväällä 2024. Suunnittelualueella on voimassa Keskustaajaman osayleiskaava 2030 (kv 16.4.2012). Alue on merkitty pääosin urheilu- ja virkistyspalveluiden alueeksi.
- Asemakaavoitettavan alueen koko on n. 26,4 ha, josta lämpövarastolle tarkoitettua energiahuollon korttelialuetta (EN-2) n. 13,3 ha. Suunnitellut lämpökuopat ovat pinta-alaltaan n. 7 ha.
- Asemakaavan laatimisen tavoitteena on lämmön kausivaraston rakentamisen mahdollistaminen alueelle ja alueen toimintojen kehittäminen sekä yhteensovittaminen
- Käytännössä lämpökuoppavaraston rakentaminen toteutettaisiin paikallisesti saatavien maa-ainesten siirrolla. Muodostunut allas muokattaisiin vesitiiviiksi ja suojattaisiin lämpöeristetyllä kannella.



Hankealueen raja
osayleiskaavassa

Asemakaavan
valmisteluvaiheen kaavakartta
21.4.-22.5.2023





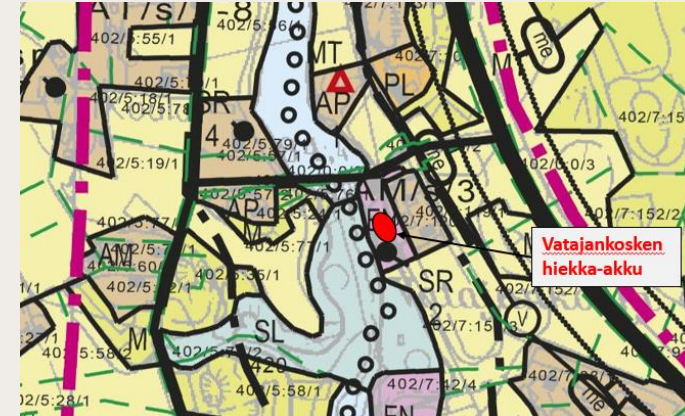
Vatajankosken hiekka-akussa kaukolämmöksi päätyvä energia varastoidaan vesialtaan sijaan hiekkaan

Hiekka-akku, Kankaanpää

- Hiekka-akussa sähköllä lämmitetään hiekkaa, josta varastoitunut lämpöenergia puretaan lämmönvaihtimilla kaukolämmöksi. Pilottikokoluokan ratkaisun toteuttaja oli Polar Night Energy Oy
- Hiekkalämpövarastolle toteutettiin Kankaanpään kaupungin myöntämällä toimenpideluvalla. Varasto sijaitsee Vatajankosken voimalaitosalueella, jolla on voimassa Karvianjokilaakson osayleiskaava (hyv. 4.3.2002). Kaavamerkintänä oli jo valmiiksi energiahuollon alue (EN).

	Kankaanpään hiekkavarasto
Käyttöönottovuosi	2022
Purkuteho	100 kW
Energiakapasiteetti	8 MWh
Varaston koko	n. 80-90 m ³
Toimintaperiaate	Kaukolämmön tuotannon tasaaminen hiekkaan varastoidun lämmön avulla
Varastoaineen käyttölämpötila	150-600 °C
Investoinnin arvo	Ei tiedossa

Lähde: [Vatajankoski Oy](#), [Kankaanpään kaupunki](#), [Polar Night Energy Oy](#)





Suomenojan lämpövarasto tukee kaukolämmön sähköistymistä Espoossa

Suomenojan CHP laitos, Espoo

- Fortum toteutti rakennusaikanaan Suomen suurimman kaukolämpöakun lämpölaitoksen yhteyteen tasaamaan lämmöntuotantoa. Nykyään lämpöakkua lämmitetään myös sähkökattilan avulla.
- Suomenojan voimalaitosalueella oli lämpövaraston rakennusaikaan voimassa ollut asemakaava (v. 1975), jonka perusteella rakennuslupa myönnettiin. Kaavamerkintänä on Yt5 (Kunnallisteknisten rakennusten ja laitosten korttelialue). Voimalaitos sijaitsee tunnetun lintukosteikon vierellä, mikä huomioitiin varastoratkaisun maisemoinnissa muraalitaideteoksella.

	Suomenojan vesilämpövarasto
Käyttöönottovuosi	2015
Purkuteho	70 MW
Energiakapasiteetti	800 MWh
Varaston koko	20 000 m ³
Toimintaperiaate	Lämmöntuotannon tasaaminen (v. 2023 lähtien käytössä myös sähkökattila)
Varastoaineen käyttölämpötila	90 °C
Investoinnin arvo	n. 15 000 litium-ioni-kennoa





Pursialan kaukolämpöakulla tasataan kaukolämmön tuotantokuormaa

Pursialan voimalaitoksen kaukolämpöakku, Mikkeli

- Etelä-Savon Energia Oy:n Pursialan voimalaitoksen yhteyteen toteutettiin lämpöakku vastaavalla toimintaperiaatteella kuin Fortumin Suomenojan laitoksella Espoossa vuotta aiemmin. Myös tätä vesipohjaista lämpövarastoa tukemaan on suunnitteilla sähkökattilainvestointi.
- Varastoratkaisulle myönnettiin rakennuslupa voimalaitosalueella rakennusaikana voimassa olleen asemakaavan perusteella (kaavamerkintänä EN, eli energiahuollon alue). Ympäristölupa sisällytettiin voimalaitoksen aiempaan ympäristölupaan tekstin täydennyksellä.

	Pursialan vesilämpövarasto
Käyttöönottovuosi	2016
Purkuteho	30 MW
Energiakapasiteetti	350 MWh
Varaston koko	7000 m ³
Toimintaperiaate	Lämmöntuotannon tasaaminen (suunnitteilla myös sähkökattila)
Varastoaineen käyttölämpötila	40-97 °C
Investoinnin arvo	2,5 M€

