

# ENERGIANTUOTANTO POHJANMAALLA JA ETELÄ-POHJANMAALLA 2050

## RAPORTIN TIIVISTELMÄ

Tiivistelmän laatijat: Etelä-Pohjanmaan liitto ja Pohjanmaan liitto  
Selvityksen tekijä: Ramboll Finland Oy

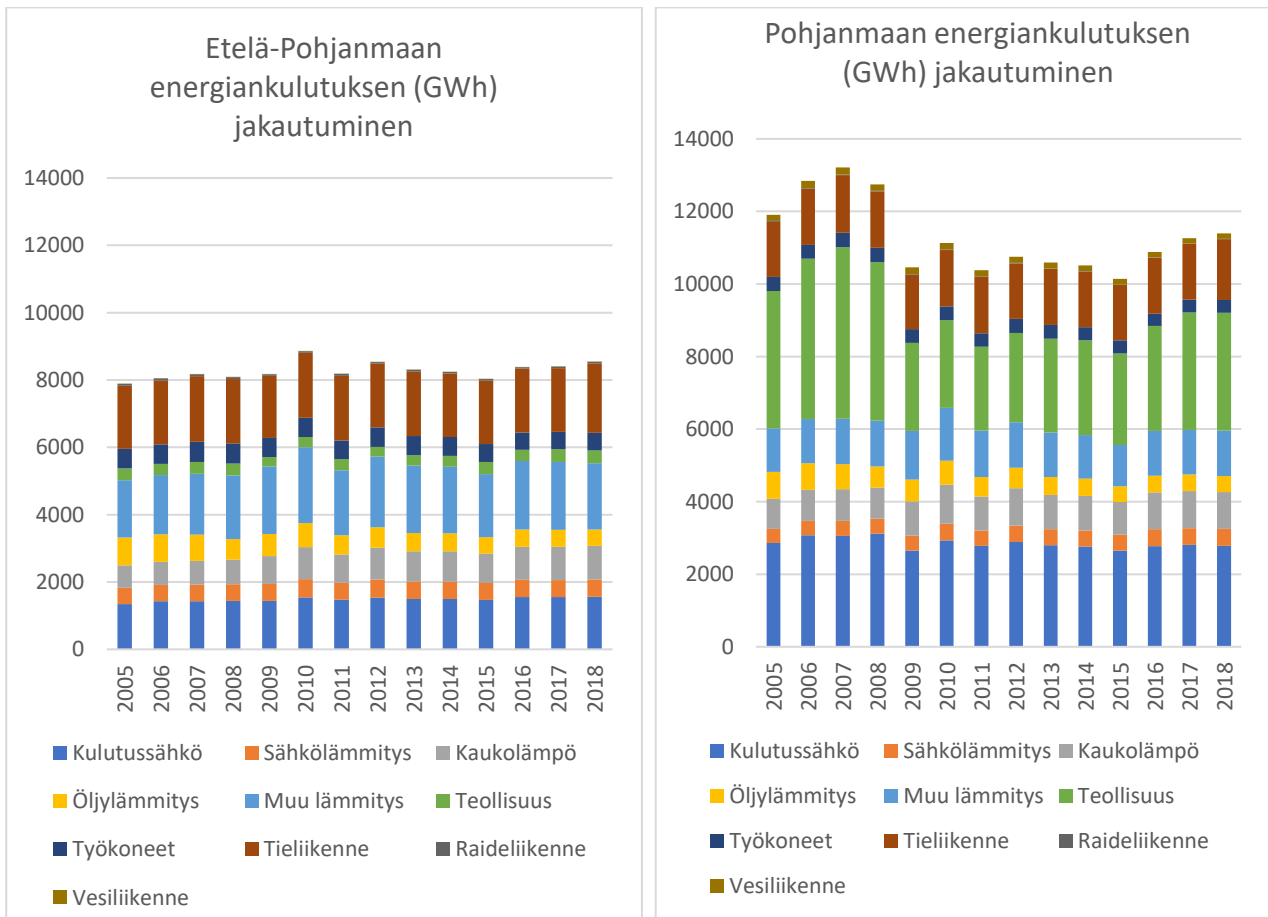


## Energiatuotanto Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla 2050

**Energiatuotantaselvitys Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla 2050 toimii keskeisenä taustaselvityksenä maakuntien strategisessa suunnittelussa eli maakuntasuunnitelman tai -strategian ja maakuntakaavan laadinnassa. Selvityksessä tutkitaan mahdollisuuksia siirtyä energiatuotantojärjestelmään, joka perustuisi päästöttömään energiaan. Selvityksessä on kuvattu Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan energiankulutuksen ja -tuotannon nykytila, arvioitu maakuntien energian tarve vuonna 2050 sekä esitetty potentiaalisimpia vaihtoehtoja päästöttömiin energiatuotantojärjestelmiin siirtymiseksi molemmissa maakunnissa.**

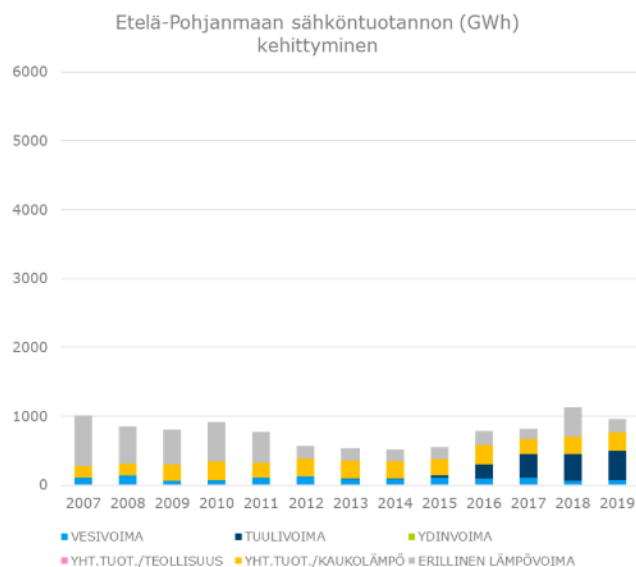
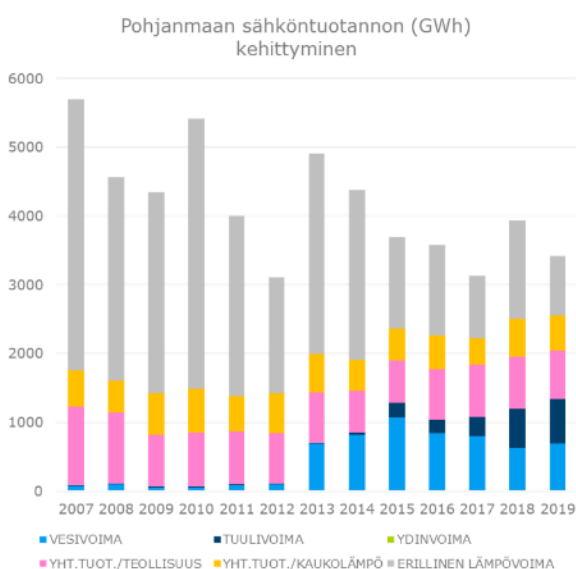
### Energiakulutuksen ja -tuotannon nykytilanne

2020-luvulle tultaessa Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan maakuntien yhteenlaskettu energiankulutus on noin 20 000 GWh, mikä on noin 6,7 % koko Suomen energiankulutuksesta, samalla kun maakuntien väestö on noin 6,6 % koko maan väestöstä. Pohjanmaa on väestömäärään suhteutettuna energiantensiivisempi kuin Etelä-Pohjanmaa. Perustelu tähän löytyy Pohjanmaan energiantensiivisestä teollisuudesta.



**Kuvat 1 ja 2: Energiakulutuksen jakautuminen Etelä-Pohjanmaalla ja Pohjanmaalla**

Erytisesti Etelä-Pohjanmaalla energiankulutus on ollut tasaista vuosien 2005–2018 välillä, Pohjanmaalla on ollut samalla aikajaksolla hieman enemmän vaihtelua. Molemmissa maakunnissa suurimmat energiankulutuskohteet ovat asuminen, liikenne ja teollisuus, mutta osuudet vaihtelevat maakunnittain.



Kuvat 3 ja 4: Sähköntuotannon kehittyminen Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla

Sähkön tuotanto on keskittynyt Pohjanmaan isoihin voimalaitoksiin ja maakunnassa on paljon sekä yhteistuotantoa teollisuudessa että erillistä lämpövoimaa. Pohjanmaalla on myös vesivoimaa enemmän kuin Etelä-Pohjanmaalla. Etelä-Pohjanmaan alueella on selkeästi vähemmän sähköntuotantoa. Tuulivoiman osuuden kasvu näkyy jo ja kasvun uskotaan kiihtyvän tulevaisuudessa.

GWh/a	Kaukolämpö	Sähkö	Yhteensä
<b>Etelä-Pohjanmaa</b>	882	128	1 010
<b>Pohjanmaa</b>	895	436	1 331

Taulukko 1: Kaukolämmön ja sähkön yhteistuotanto Etelä-Pohjanmaalla ja Pohjanmaalla vuonna 2019

GWh/a	Hiili	Öljy	Turve	Biopolttoaineet	Jäte	Muut polttoaineet	Lämpöpumput	Yhteensä
<b>Etelä-Pohjanmaa</b>	0	38	785	416	0	0	33	1 273
<b>Pohjanmaa</b>	117	10	260	688	469	7	13	1 564

Taulukko 2: Kaukolämmön ja sähkön yhteistuotantoon käytetyt energialähteet

Kaukolämmön ja sähkön yhteistuotannon osalta maakunnat ovat varsin samanlaisia ja jopa samankokoisia. Etelä-Pohjanmaalla turve ja biopolttoaineet ovat merkittäviä energialähteitä, Pohjanmaalla lisäksi jätteenpoltto. Kaukolämmön turve- ja biopohjaista erillistuotantoa on lähes yksinomaan Etelä-Pohjanmaalla. Turpeen käytön väheneminen tulevaisuudessa vaikuttaa kuitenkin molempiin maakuntiin.

### Energian tarve 2050

Selvityksessä on määritetty arvioita energian tarpeille vuonna 2050 perustuen julkisesti saatavilla oleviin selvityksiin. Määrittelyssä on huomioitu erilaiset ilmastotavoitteet - tärkeimpänä Suomen tavoite olla hiilineutraali yhteiskunta vuonna 2035 ja hiilinegatiivinen nopeasti sen jälkeen. Varsinaisia energiantuotannon tavoitteita ei ole tässä tilanteessa vielä asetettu.

Molemmissa maakunnissa energian kokonaistarpeen arvioidaan vähenevän vuoteen 2050 mennessä, Etelä-Pohjanmaalla noin 26 % ja Pohjanmaalla noin 12,5 % vuoden 2020 tasosta. Ero maakuntien välillä johtuu lähinnä teollisuudesta, jossa energian tarpeen arvioidaan säilyvän nykyisellään ja jota on Pohjanmaalla selkeästi enemmän kuin Etelä-Pohjanmaalla. Teollisuuden energiantarpeen arvioidaan säilyvän nykyisellään

ennen kaikkea teollisuuden voimakkaan sähköistymisen vuoksi. Suhteellisesti kaikkein eniten molemmissa maakunnissa vähenee muiden kuin asuinrakennusten lämmitykseen sekä asumiseen liittyvä energian tarve, mitä selittävät erityisesti erilaiset rakennusten energiatehokkuustoimet sekä ilmastomuutoksesta johtuva lämmitysenergian tarpeen väheneminen.

<b>Etelä-Pohjanmaa (GWh/a)</b>	<b>2020</b>	<b>2050</b>	<b>Pohjanmaa (GWh/a)</b>	<b>2020</b>	<b>2050</b>
Teollisuus	1234	1234	Teollisuus	7 083	7 083
Asuminen	2 377	1 445	Asuminen	2 116	1 330
Muiden rakennusten lämmitys	425	208	Muiden rakennusten lämmitys	375	184
Liikenne	1 705	1 194	Liikenne	1 625	1 138
Muut	564	564	Muut	537	537
<b>Yhteensä</b>	<b>6305</b>	<b>4 644</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>11 736</b>	<b>10271</b>

**Taulukko 3: Energian kokonaistarve ja sen jakautuminen Etelä-Pohjanmaalla ja Pohjanmaalla vuosina 2020 ja 2050**

### Energiajärjestelmään vaikuttavat muutostekijät ja maakunnissa vireillä olevat energiahankkeet

Energiantuotantoon ja energiajärjestelmään vaikuttavia, teknologiakehitykseen liittymättömiä keskeisiä muutosvoimia ovat mm. poliittiset linjaukset ja tukien kehitys, lainsäädäntö, alueelliset erityispiirteet ja ilmastositoumukset.

Tunnistettavissa on voimakas poliittinen ohjaus kohti uusiutuvia energianlähteitä esimerkiksi lopettamalla hiilen käyttö ja vähentämällä turpeen polttoa sekä siirtymällä päästöttömään liikenteeseen.

Energia-alan merkitys talouden kasvun ajurina vahvistuu. Sähköistyminen ja säästä riippuvaisten energiantuotantomuotojen lisääntyminen johtavat energian hinnan vaihteluihin, joka synnyttää tarpeen energian varastoinnille. Päästöoikeuden hinnan nousu ja energiaverotuksen uudistaminen voimistavat siirtymää päästöttömään energiantuotantoon.

Samalla, kun väestön ja yritysten keskittyminen kasvukeskuksiin jatkuu, kuluttajat ja erilaiset yhteisöt ovat tulevaisuudessa aktiivisempia toimijoita omissa energian kulutus- ja tuotantoratkaisuissaan. Energiaälykkäät ja omavaraiset teollisuus- ja asuinalueet sekä asukkaiden energiayhteisöt lisääntyvät. Myös maatalous keskittyy suuremmille maatiloille, joissa on omaa energiantuotantoa. Teollisuuskeskittymien, taajamien, harvaan asuttujen alueiden ja maatilojen energiaratkaisut lähtevät eriytymään toisistaan. Energia-alalta vaaditaan uudentyypisiä ratkaisuja ja palveluja, kuten kaksisuuntaisia lämpöverkkoja.

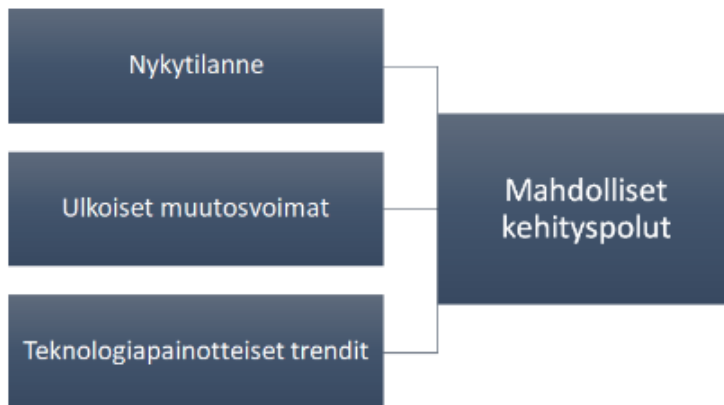
Erilaiset säädökset ja valmisteilla olevat lainsäädäntöuudistukset tulevat kasvattamaan uusiutuvan energian osuutta energiajärjestelmässä merkittävästi. Tämä edesauttaa kehittämään niiden tuotantoteknologioita ja laskee energian hintoja.

Lisääntyvän ympäristövastuun myötä kasvihuonepäästöjen vähentäminen, päästöttömän energian ostaminen ja kiertotalous valtavirtaistuvat ja tulevat osaksi kuluttajien ja yritysten arkea. Puhdas energia muuttuu brändäystekijäksi. Luonnon monimuotoisuuteen ja hiilinieluihin kohdistuvat vaatimukset vaikuttavat bioenergian käyttöön ja imagoon. Puhtaan liikenteen ratkaisut integroituvat energiajärjestelmään, kuten akut ja latausinfra sähkövarastoina.

Molemmissa maakunnissa on paljon energiajärjestelmän kehittämiseen liittyvää tutkimus- ja kehitystoimintaa sekä vireillä olevia hankkeita. Merkittävimmät hankkeet maakunnissa keskittyvät sähkön siirtokapasiteetin lisäämiseen, tuuli- tai aurinkoenergian tuotannon lisäämiseen, biokaasun liikennekäytön lisäämiseen, teollisuuden, liikenteen tai lämmityksen sähköistymiseen sekä turpeen ja fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen biomassalla. Myös merkittäviä kysyntäjoustoja ja lämpövarastointiin liittyviä hankkeita on vireillä.

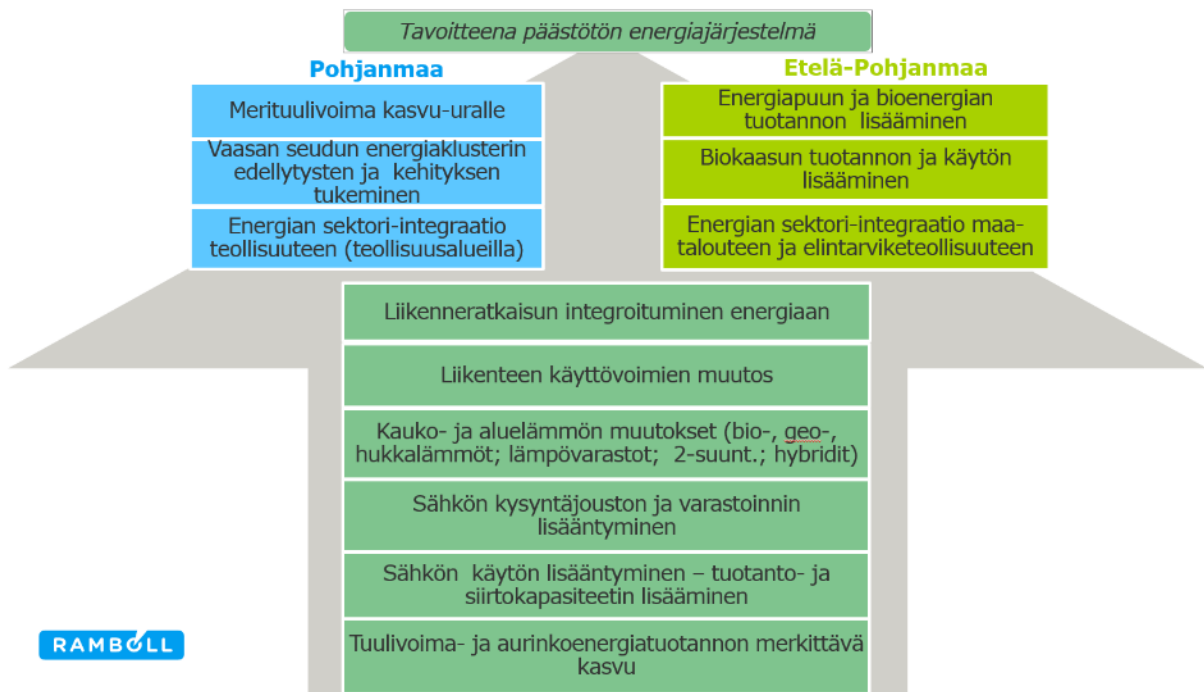
## Energiajärjestelmän kehitysvaihtoehdot ja todennäköisimmät trendimäiset muutokset vuosina 2020–2050

Selvityksessä on tarkasteltu Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan energiajärjestelmän nykytilannetta sekä meillä olevia kehityshankkeita. Lisäksi on arvioitu energiajärjestelmän kehitykseen vaikuttavia ulkoisia tekijöitä, eli muutosvoimia ja teknologiapainotteisia trendejä. Näistä muodostuvat selvityksessä tarkastellut energiajärjestelmän mahdolliset kehityspolut ja teemat, jotka jakaantuvat maakuntien yhteisiin sekä maakuntakohtaisiin erityisteemoihin.



Kuva 5: Selvityksen rakenne

### KEHITYSPOLUN TEEMAT: YHTEISET JA MAAKUNTIEN ERITYISTEEMAT



Kuva 6: Energiajärjestelmän muutoksen yleiset ja maakuntakohtaiset teemat.

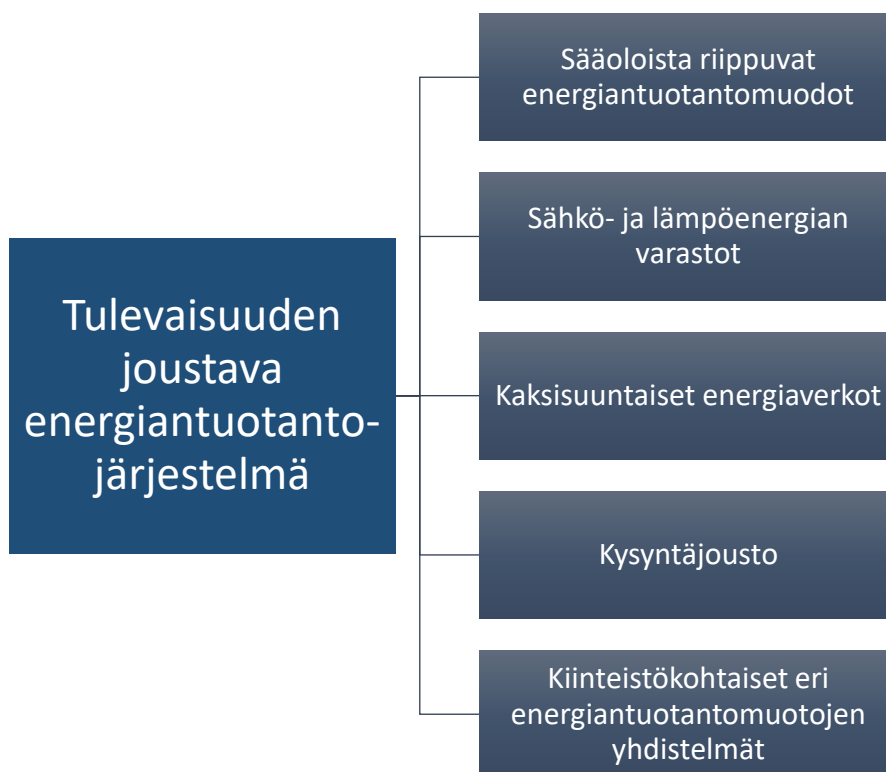
**Energiajärjestelmän kehityksen todennäköisimpiä trendimäisiä muutoksia** ovat esimerkiksi sähkön kysynnän voimakas kasvu sekä kaukolämmön tuotannon ja polttoon perustuvan lämmöntuotannon vähentyminen. Yhteiskunnan voimakas sähköistyminen edellyttää sähköntuotannon lisäämistä, mikä varsinkin Etelä-Pohjanmaan kohdalla tarkoittaa merkittävää muutosta nykytilanteeseen, jossa maakunnassa tuotetaan sähköä vain n. 1000 GWh vuodessa. Pohjanmaan maakunnassa merkittävä kysymys on merituulivoiman lisääminen. Selvityksen arvion mukaan sähköntuotannon lisäämisen myötä molemmista maakunnista tulee sähkön nettoviejiä.

Tulevaisuudessa polttoon perustuvan lämmityksen tilalle tulevat geoterminen lämpö, lämpöpumput ja hukkalämmön hyödyntäminen. Tämä muutos koskettaa voimakkaasti molempia maakuntia, joissa yleinen rakennusten lämmitysmuoto on kauko- tai aluelämpö, jota tuotetaan suurilta osin vielä polttoon perustuen. Jäljelle jäävä polttoon perustuva lämpö tuotetaan tulevaisuudessa bioenergialla. Myös lämmöntuotanto sähköistyy ja lämmitysratkaisut, jossa kaukolämpö yhdistetään johonkin toiseen lämmitysmuotoon, yleistyvät.

Liikenteessä siirrytään puhtaisiin käyttövoimiin. Henkilöautoissa sähköstä tulee yleisin käyttövoima. Ras- kaassa liikenteessä dieselillä (enenevässä määrin biodiesel ja uusiutuva diesel) ja sähköllä on noin 40 % osuudet, loppu on kaasua.

Sääriippuvainen, vaihteleva energiantuotanto (tuuli, aurinko) sekä energianhallinta ja kysyntäjousto lisääntyvät. Teknologioiden kehittyminen ja kustannusten alentuminen lisäävät energian hajautettua tuotantoa ja pientuotantoa sekä lämmityksen hybridiratkaisuja. Sähköä ja lämpöä varastoidaan tulevaisuudessa enemmän, myös paikallisesti. Lämpövarastojen sekä kiinteistöjen ja sähköautojen sähkövarastojen kehittymisen myötä myös energian kustannukset alentuvat.

Energian jakeluverkkojen muutoksia ovat mm. kiinteistöjen ja pienalueiden mikroverkot sekä rakennusten käyttäjälähtöisyys ja integroituminen älyverkkoon. Energiaverkot muodostuvat monin paikoin kaksisuuntaiseksi niin, että energian kuluttajat myös tuottavat ja myyvät lämpöä ja sähköä energiajärjestelmään.



**Kuva 7: Tulevaisuuden joustava energiantuotantojärjestelmä**

## Maakuntien energiatuotantomuotojen vaihtoehdot ja synergiamahdollisuudet

**Energiantuotannon vaihtoehtoja** tulevaisuudessa sähköntuotannon osalta ovat maatuulivoima, merituulivoima, biosähkö, aurinkosähkö ja aaltovoima sekä lämmöntuotannon osalta biolämpö, geoterminen energia, aurinkolämpö alueellisena ratkaisuna, modulaarinen pienydinvoima, lämpöpumput eri lämmönlähteillä sekä kiinteistökohtaiset tuotantoratkaisut. Kiinteistökohtaiset energianhallinnan ratkaisut, lämpövarastot sekä teollisuuden energiatehokkuuden parantaminen ovat lyhyemmällä aikavälillä käyttökelpoisia tapoja optimoida tuotannon ja kulutuksen kokonaisuutta, eli energijärjestelmää. Teollisuuden energiatehokkuusratkaisuissa hyödynnetään tyypillisesti valmista, kustannustehokasta ja vähäpäästöistä tekniikkaa.

Kun energijärjestelmän kehitysvaihtoehtojen *valmiusastetta, kustannustasoa ja vähäpäästöisyyttä* arvioidaan suhteessa toisiinsa, *lyhyemmällä aikavälillä* selvitysalueella potentiaalisimmat sähkön tuotantomuodot sähköntuotantoteknologian osalta ovat maatuulivoima, aurinkosähkö ja biosähkö, *pidemmällä aikavälillä* myös merituulivoima ja aaltovoima. Lämmöntuotantoteknologian osalta turpeen korvaaminen on ajankohtaista ja potentiaalisimmat uudet päästöttömät lämmöntuotantomuodot ovat biomassan poltto, lämpöpumput sekä kiinteistökohtaiset energiantuotannon ratkaisut.

Selvityksessä esiin nostettuja Pohjanmaan energijärjestelmän kehittämisen erityisteemoja ovat merituulivoiman lisääminen, maakunnan energiaklusterin kehitys sekä energian sektori-integraatio maakunnan energiaintensiiviseen teollisuuteen. Etelä-Pohjanmaan erityisteemoja ovat energiapuun, bioenergian ja biokaasun tuotannon ja käytön lisääminen sekä energian sektori-integraatio maatalouteen ja elintarviketeollisuuteen.

Selvityksessä esiin nostettujen maakuntakohtaisten kehitysvaihtoehtojen ja erityisteemojen ohella myös muita teemoja voidaan pitää maakunnissa tärkeinä energijärjestelmää, esimerkiksi energia-alan sektori-integraatiota kehitettäessä.

**Energiantuotantomuotojen sisäisiä synergiamahdollisuuksia** ovat biosähkön ja -lämmön yhdistetty tuotanto, erilaisten lämmöntuotantomuotojen toiminta samassa lämpöverkossa tai järjestelmässä, vaihtelevan sähköntuotannon (tuuli, aurinko-) yhdistäminen muihin sähköntuotantomuotoihin ja sähkövarastoihin, sähkön hyödyntäminen lämpöpumppujärjestelmissä sekä sähkökattiloiden käyttö osana lämmöntuotantoratkaisua.

**Maankäytön ja kaavoituksen synergioita** voivat olla esimerkiksi tuuli- ja aurinkovoimaloiden sijoittaminen samalle alueelle, saman siirtoverkon / verkkoinfran hyödyntäminen, aurinkovoimaloiden sijoittaminen entisille turvetuotannon alueille sekä bioenergian tuotantolaitosten polttoainekuljetuksiin liittyvät synergiat.

**Ulkoisia synergioita** syntyy teollisuuden, liikenteen tai muun yhdyskuntahuollon kanssa. Esimerkiksi teollisuuden ja jätevedenkäsittelyn hukkalämpöjen hyödyntäminen lämpöverkoissa, sähköjärjestelmän integroituminen liikenteen ja teollisuuden sähköistymiseen varastointi- ja kysyntäjoustoratkaisuina, energiantuotannon integroituminen jätehuoltoon; metsäteollisuuden/ metsätalouden jätteiden ja sivuvirtojen hyödyntäminen energiana (jätteenpoltto, biokaasun tuotanto orgaanisista jätteistä).

## Maakuntien strategisessa suunnittelussa huomioitavia asioita

Energijärjestelmän muutokset ja päästöttömään energijärjestelmään siirtyminen tulevien vuosikymmenten aikana edellyttävät energiantuotantokysymysten huomiointia maakuntien strategisessa suunnittelussa.

Maakuntien alueidenkäytön suunnittelussa on huomioitava esimerkiksi aluevaraukset ja sijoituspaikat laajempia maa-alueita edellyttävälle rakenteille, kuten maatuulivoimaloille sekä Pohjanmaalla myös merituulivoimaloille, laajoille aurinkoenergia-alueille sekä alueellisille sähkö- ja lämpövarastoille.

Energiantuotantoalueiden sijoittelussa tulisi mahdollisuuksien mukaan huomioida liityntämahdollisuudet olemassa olevaan sähköverkkoon.

Tuulivoiman lisärakentamisen sosiaalisen ja poliittisen hyväksyttävyyden kannalta olennaista on kiinnittää huomiota riittävän yhtenäisiin ja saavutettaviin tuulivoimalta vapaaksi jääviin alueisiin, joissa on mahdollisuus luonnossa virkistäytymiseen hiljaisessa luonnonmaisemassa.

Sähköistyminen edellyttää vahvempaa sähköverkkoa sekä sähkön jakelu- ja siirtoverkon laajempia tilavaruuksia – myös mahdollinen tuleva vetyverkosto on huomioitava suunnittelussa. Hukkalämmön hyödyntäminen edellyttää lämpöverkkojen aiempaa vahvempaa ulottamista esimerkiksi teollisuusalueille. Datayhteyksiä tulee kehittää älykkään energiaverkon turvaamiseksi.

Mahdollisten uusien biovoimalaitosten sijainti sekä biopolttoaineiden sujuva ja tarkoituksenmukainen logistiikka kuljetuksineen ja varastoineen ovat ratkaisevia biomassaan pohjautuvan energiantuotannon kannalta.

Alue- ja yhdyskuntarakenteen suunnittelussa tulisi kiinnittää huomiota yhdyskuntarakenteen eheyteen erityisesti kaukolämpöverkkojen läheisyydessä. Lisäksi tulisi tukea kiinteistökohtaisia energiaratkaisuja kuten rakennusten aurinkopaneeleja sekä arvioida mahdollisia suosituksia uusien asuinalueiden lämmitysratkaisuksi.

Päästötön liikenne edellyttää uusiutuvia energianlähteitä käytäviä liikennöintivälineitä, sähköajoneuvojen latausasemia, liikennekaasun tai -vedyn tankkausasemia sekä satamien muutoksia LNG/H<sub>2</sub>-laivoja varten.

Energiamurroksen osana tulee huomioida esimerkiksi käytöstä poistuneiden polttolaitosten ja turvetuotantoalueiden jatkokäyttö sekä niiden mahdollinen roolin muuttuminen energijärjestelmän osana, esimerkiksi energiavarastoina, tuuli- tai aurinkoenergiatuotannon alueina tai energiakasvien viljelyalueina.

Sektori-integraatio eli eri energiasektoreiden yhdistyminen tuotanto- ja kulutuspiikkien tasaamiseksi sekä energian varastointi ovat olennaisessa roolissa, kun maakunnissa sopeudutaan volyyymiltaan vaihtelevaan energiantuotantoon ja ilmastomuutoksen aiheuttamiin säänvaihteluihin.

Pohjanmaa	Etelä-Pohjanmaa
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Merituulivoiman lisääminen</b><ul style="list-style-type: none"><li>- Aluevaraukset</li></ul></li><li>• <b>Maakunnan energiaklusterin edellytysten ja kehityksen turvaaminen</b><ul style="list-style-type: none"><li>- Vety-infrastruktuurin aluevaraukset (vedyn varastot ja jakeluinfra)</li><li>- Tuki akkuklusterin kehittymiselle</li><li>- Seudulliset pilotti- ja koealueet</li></ul></li><li>• <b>Energian sektori-integraatio teollisuuteen</b><ul style="list-style-type: none"><li>- Teollisuuden lämmöntuotantomahdollisuudet</li><li>- Lämpöverkot teollisuusalueille hukkalämpöjen hyödyntämiseen</li><li>- Yhteishankkeet (energiavarastot, power-to-x)</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Energiapuun ja bioenergian tuotannon lisääminen</b><ul style="list-style-type: none"><li>- Terminaalit, sijoituspaikat ja logistiikka</li></ul></li><li>• <b>Biokaasun tuotannon ja käytön lisääminen</b><ul style="list-style-type: none"><li>- Laitospaikat</li><li>- Biokaasun jakeluasemat osana liikennejärjestelmäsuunnittelua</li></ul></li><li>• <b>Energian sektori-integraatio maatalouteen ja elintarviketeollisuuteen</b><ul style="list-style-type: none"><li>- Laitospaikat uusille jalostuslaitoksille, kuten bioetanoli</li><li>- Syötelogistiikka</li></ul></li></ul>

Kuva 8: Maakuntien erityisteemat ja suunnittelussa huomioitavat asiat.



## Vaikutusten arviointi

Eri energiantuotantomuotojen ja -muutosten osalta eniten maankäyttöön kohdistuvia vaikutuksia arvioidaan olevan tuulivoimalla, energiansiirtoverkkojen rakentamisella, bioenergialla ja laajoilla aurinkoenergia-alueilla, jotka edellyttävät toteutuakseen maa-aluevarauksia varsinaiseen energian tuotantoon sekä energian siirtämiseen. Energiantuotantoalueiden lisärakentamiseen liittyvät sähkönsiirtojohtojen vaikutukset korostuvat niissä hankkeissa, jotka sijoittuvat etäälle kantaverkosta ja kantaverkon sähköasemista. Maankäyttövaikutuksia sekä luontoalueiden pirstoutumista on mahdollista vähentää esimerkiksi keskitetyillä sähkönsiirron ratkaisuilla.

Eniten luontoon ja ympäristöön kohdistuvia kielteisiä vaikutuksia arvioidaan olevan tuulivoimalla, bioenergialla ja laajoilla aurinkoenergia-alueilla. Vaikutukset riippuvat energiantuotantoalueiden sijoittelusta ja mittaluokasta. Kaikilla arvioiduilla energiantuotantoratkaisuilla arvioitiin olevan myönteisiä ympäristövaikutuksia kasvihuonekaasujen vähentymisen myötä.

Eniten kielteisiä sosiaalisia vaikutuksia arviotiin olevan tuulivoimalla, johon liittyvät melu- ja välkevaikutukset sekä maisemamuutokset riippuvat voimaloiden koosta, sijainnista ja määrästä. Myönteisiä sosiaalisia vaikutuksia arviotiin olevan erityisesti teollisuuden, liikenteen ja lämmityksen sähköistysratkaisuilla, jotka vähentävät melua, pienhiukkasia ja tärinävaikutuksia.