

Keinoja hiilineutraalisuustavoitteen 2035 saavuttamiseksi

Yhteystiedot: Tampereen yliopiston professorit ja tutkijat Sähkötekniikan, Automaatiotekniikan, Poliitiikan tutkimuksen, Tuotantotalouden yksiköistä (Nimet alla).

Keinot (6 tärkeintä numeroituna)

Energiamurroksen haasteena on hallita kaksi eri aikajännettä. Alla on listattu keinoja sekä **lyhyen aikajänteen energianvarastointi haasteisiin (L)** sekä **pidemmän aikavälin energiamurroksen ratkaisuihin siirtymiseen lisäinvestoinneilla (P)**. Poliitiikan keinoin voidaan luoda kannusteet tulevaisuuden ratkaisujen investointeihin.

1) Uusiutuva energia: **Jotta uusiutuvaa energiaa saadaan liitettyä huomattavan paljon, niin järjestelmään tarvitaan joustokykyä.** Tuotannonjouston lisäksi kulutusjousto ja varastot pitää mitoittaa nettokulutuksen (kulutus – tuuli- ja aurinkosähköntuotanto) vaihteluiden perusteella ja saada voimakkaammin reagoimaan sähkön saatavuuteen hintaohjauksen, aggregointisopimusten, tiivistetyn asiakas-myyjä yhteistyön (L&P), PPA-sopimusten (L&P), jne. kautta. Kulutuskohteiden toteuttaminen fyysisten resurssien tasolla edellyttää uudenlaisia käytäntöjä, joissa huomioidaan sähkön nettokulutuksen vaihtelut ja sen aiheuttamat riskit sähkön käyttäjien liiketoiminnalle (L). Energia-markkinoiden päivittäisen jouston lisäksi tarvitaan säästä riippuvaa kausikohtaista joustoa.

Poikkeus- ja häiriötilanteiden varalta tarvitaan myös **kapasiteettimekanismi**, jolla taataan tällaisen äärimmäisen harvoin (esim. kerran 30 vuodessa) tarvittavan kapasiteetin olemassaolo sähköjärjestelmän ylläpitämiseksi sen jälkeen, kun kaikki markkinaehtoiset (tyypillisesti lyhytkestoiset) joustoresurssit on jo hyödynnetty. Tämän kapasiteettimekanismin toteuttaminen on kuitenkin äärimmäisen ristiriitaista, koska harvoin käytettynä siihen ei tulisi investoida paljoakaan, mutta toisaalta se ei saisi häiritä subvention kautta normaalia energiamarkkinaa. Tämä tulisi toteuttaa siten, että resurssit ovat käytettävissä myös normaalitilanteessa markkinaehtoisesti, mutta niin, että ne eivät vääristä markkinaa. Tämä vaatii yhteiskunnallisesti perusteltua taloudellista näkökulmaa päätöksenteossa. (P)

2) Energian varastointi: Avainasemassa ovat **joustoja tukevat energiavarastot** (esim. **isot lämmön kausivarastot**, vetyvarastot ja pumppuvoimalat), riittävät sähkönsiirtoyhteydet koko Pohjoismaiden ja Baltian markkina-alueella (jotta voidaan tasoittaa nettokulutuksen vaihteluita mahdollisimman laajalla alueella ja hyödyntää koko markkina-alueen joustomahdollisuuksia). Yksi esimerkki konkreettisesta ehdotuksesta on sähköpörssin uudeksi tarjoustyyppiksi ehdotettu **storage order (L)** ja **siihen liittyvä hyötykorvausmenettely**, jolla luodaan kannattavuutta joustoinvestoinneille. Lisäksi tarvitaan pidemmällä aikavälillä muitakin varastointiratkaisuja, jotka vaativat merkittäviä investointeja (esim. vetyvarasto, joka vaatii vielä toimivan vetytalouden, kts. TEM julkaisu: Salminen et al. (2022)).

3) Sähkön hinnoittelu: Edellä mainittu **hyötykorvausmenettely tasoittaisi kuluttajille näkyvää sähkön päivänsisäistä hintavaihtelua**. Joustoa syntyisi markkinaehtoisesti, kun markkina sisältäisi mekanismin, jolla jouston tarjoajat saisivat tästä korvausta. Esim. pienillä hinnankorotuksilla saataisiin halvasta sähköstä kerättyä maksuja, jotka kattaisivat

nämä korvaukset, tällöin päivän keskihinta laskee kun halvimpien hintojen osalta hinnat hiukan nousisivat. Tällä keinolla saadaan hintojen heilumista tasapainotettua.

4) Teollisuuden sähköistyminen: Teollisuuden näkökulmasta sähkön pitäisi olla hinnaltaan kohtuullista ja ennustettavaa pitkällä aikavälillä, ja saatavilla lähes jatkuvasti. Sähköistyminen tuuli- ja aurinkovoiman avulla taas edellyttää joustokykyä resurssien tasolla. Siksi on oleellista, että suurteollisuudelle luodaan lähitulevaisuudessa lyhyt- ja pitkäkestoiselle joustolle taloudelliset kannusteet. Suomelle tärkeiden **metsä-, metalli- ja kemianteollisuuden sähköistäminen** edellyttää vetytaloutta, joka puolestaan voi tarjota varastointiratkaisuja, niihin liittyviä liiketoimintamalleja sekä edelleen CO₂-sivuvirtoja vetypohjaisen uusiutuvan metanolin tai e-metaanin tuotantoon.

5) Liikenteen sähköistyminen: **Henkilöauto- ja paikallisliikenteen** osalta CO₂-päästöjä saadaan pienennettyä palauttamalla jakeluvelvoite aikaisemmalle tasolle tai jopa nopeuttamalla tätä muutosta. Samalla tulee kuitenkin huolehtia, ettei välillisesti jarruteta siirtymää sähköautoihin. Pitkällä aikavälillä on odotettavissa, että henkilöliikenne siirtyy kokonaan hyödyntämään sähköautoja, koska niistä tulee kokonaistaloudellisesti edullisempia kuin polttomoottoriautoista.

Raskaamman maantieliikenteen osalta tarvitaan useita erilaisia energiavaihtoehtoja. Suora sähköistäminen on mahdollista valikoiduissa käyttötapauksissa, mutta sen rinnalle tarvitaan epäsuoraa sähköistämistä, jossa vedyn tai e-polttoaineiden (biodiesel, e-diesel tai e-metaani) kautta korvataan fossiilinen polttoaine päästöttömällä vaihtoehdolla. Vetyinfrastruktuurin rakentaminen AFIR-asetuksen myötä on alkanut, mutta se koskee ainoastaan hyvin rajallisia kuljetusyhteyksiä. Kuljetuskalustoa ja polttoaineenjakausta ajatellen e-polttoaineiden reitti on luultavasti nopeampi ja edullisempi.

6) Sähkön käyttäjät: **Jos sähkön pienkäyttäjä haluaa välttää uusiutuvan energian käytöstä johtuvan hintariskin, pitäisi olla toimivat johdannaismarkkinat ja pitkäaikaiset sähkön hankintasopimukset (esim. PPA), joilla riskejä voi halutessaan ulkoistaa.**

Vaadittavat säädösmuunnokset (keinokohtaisesti)

Kokeilut mahdollistettava säännöksillä (vrt. TEMin aikaisemmin esittämä ns. ”regulation sandbox”, jossa energia-alan kohteina olisi vetytalous ja energiayhteisöt (Salminen et al., 2022).

1) Uusiutuva energia: Tarjotaan kannusteita, jotta sähköintensiivisillä asiakkaila on taloudellisia perusteita investoida joustoon. Ei tilapäisiä veroalennuksia ajoittaisten korkeiden hintojen tasaamiseksi. Luodaan kapasiteettimarkkina poikkeustilanteiden varalle.

2) Energian varastointi: **Storage orderiin** liitetty hyötykorvausmenettely olisi ensimmäinen askel, jolla voitaisiin siirtyä kohti hiilineutraalia energiajärjestelmää. Saataisiin joustolle arvoa ja luotaisiin kannattavuutta myös kuluttajan näkökulmasta oikeudenmukaisesti ja samalla vauhditettaisiin sähköistymistä.

3) Sähkön hinnoittelu: Kehitetään sähkömarkkinan hinnanmuodostusta tehokkaammaksi ja läpinäkyvämmäksi. Hinnanmuodostukseen vaikuttavat tekijät tulisivat olla kaikille avoimet ja loogiset.

4) Teollisuuden sähköistyminen: valtionyhtiöt tekevät pitkäaikaiset sopimukset sekoitevelvollisuuden myötä, jonka kautta ne sitoutuvat luomaan alkukysynnän vetypolttoaineille, aikaansaavat investointeja ja vetävät aikanaan muun teollisuuden ja kuluttajat perässään.

6) Sähkön käyttäjät: poistetaan asteittain fossiilisten polttoaineiden suoria ja epäsuoria tukia, jotka vuositasolla yltyvät miljardiluokkaan. Rakennuslainsäädännössä (esim. lämmitys, sähköauton lataus) edellytetään varautumaan sähkön saatavuuden haasteisiin nettokulutuksen vaihteluiden osalta. Tällä tavoin lisätään pienkuluttajien resilienssiä sekä hintavaihtelua että sähkön saatavuushaasteiden osalta.

Sähköverkot: Sähköverkkojen kehittämisessä edellytetään kustannustehokkaimpien keinojen hyödyntämistä ja joustomekanismien huomioimista verkon kapasiteetin varmistamisessa silloin kun se on teknis-taloudellisesti mahdollista. Sähköverkkojen liiketoiminnan kannalta sallitun tuoton laskennassa arvostetaan kuitenkin investointeja ja operatiivisten kulujen (esim. Joustopalveluiden ostaminen) kasvattaminen vähentää sallittua tuottoa. Siksi sallitun tuoton laskenta tulisi muuttaa kokonaiskustannuksiin (TOTEX) perustuvaksi.

Energiamurroksessa tarve kasvattaa sähkön siirtokapasiteettia voi kasvaa moninkertaiseksi nykyiseen verrattuna erityisesti teollisuuden osalta. Sähköverkon kapasiteettia ei regulaation näkökulmasta ole mahdollista kasvattaa ennakoivasti, vaan sitä on rakennettava tarpeen mukaan eli käytännössä solmittujen liittymissopimusten perusteella. Tästä aiheutuu kahdenlaista haastetta: 1) samalla alueella askelittain tapahtuva siirtokapasiteetin kasvattaminen on taloudellisesti erittäin epätehokasta, ja 2) uusiutuvan sähköntuotannon, varastojen ja kulutuksen sähköistymisen investoinnit viivästyvät, koska he joutuvat odottamaan sähkönsiirtoinfrastruktuurin valmistumista ennen pääsyään sähköverkkoon. Ratkaisuna näihin haasteisiin olisi verkkosäätelyn muuttaminen siten, että verkon kokonaisvaltaisessa kehittämisessä sallittaisiin huomioida pitkän aikavälin tavoiteverkon skenaarioita laajalla otannalla ja perustaa investoinnit näihin tarkasteluihin ennakoivasti huolellisen epävarmuusanalyysin pohjalta.

Päästövähennys

Kaikki yllä listatut keinot tukevat hiilineutraaliustavoitetta. Tavoitteena on nollapäästöt, ja kun yllä esitetyt keinot on toteutettu, Suomen on mahdollisuus olla jopa hiilinegatiivinen eli saada positiivinen hiilikädenjälki, kun luodaan uutta kansainvälistä liiketoimintaa vihreillä energiaratkaisuilla.

”Hintalappu”

Hintalapun ohella voidaan pohtia kasvua ja taloudellisia mahdollisuuksia. Vetyteollisuuden potentiaaliin panostaminen ja sitä kautta hyödyntäminen täysimääräisesti voi tuottaa Suomeen €9mrd liikevaihdon vuositasolla.

Investointeja tulisi kohdentaa niin, että vähennetään riippuvuutta maantieteellisesti kaukaa tulevista teknologioista ja keskitytään lähialueen (Euroopan) tarjoamiin ratkaisuihin.

Lähteet

Koskela, J., Lummi, K., & Järventausta, P. (2024). Sähkömarkkinamalli ja eri tekijöiden vaikutukset sähkön hinnan muodostumiseen sähkön vuorokausimarkkinoilla. Tampereen yliopisto. <http://www.urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-3641-7>

Koskela, J., Lummi, K., Rautiainen, A., & Järventausta, P. (2025). New Order Type and Benefit Compensation Model for Utilizing Energy Storage in European Day-Ahead Electricity Markets. Hyväksytty ISGT25 Europe konferenssiin.

Koskela, J., & Järventausta, P. (2025). Impacts of Flow-based Market Coupling on Day-ahead Electricity Market Steered by Social Welfare. Hyväksytty ISGT25 Europe konferenssiin.

Salminen, Vesa; Roiha, Ulla; Haila, Katri; Uusikylä, Petri; Lintinen, Urho; Keinänen, Anssi; Saes, Lisanne; Van der Linden, Erika. (2022). Innovaatiomyönteisen sääntelyn käytännöt kasvualoilla. Työ- ja elinkeinoministeriö 24.01.2022. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-935-3>

Allekirjoittajina asiantuntijalähteet Tampereen yliopistolla, 5.9.2025:

Sähkötekniikan yksikkö:

Juha Koskela, Pertti Järventausta ja Sami Repo

Automaatio- ja konetekniikan yksikkö:

Matti Vilkkö

Politiikan tutkimuksen yksikkö:

Pami Aalto

Tuotantotalouden yksikkö:

Ulla Saari