

# Kohti sähkömarkkinamallia 2.0

## Fossiiliset polttoaineet on korvattava puhtailla energiaratkaisuilla

Ilmastonmuutos on yksi energiasektorin pääongelmista. Pariisin ilmastopimuksen mukaan energiajärjestelmämme tulee olla päästötön vuoteen 2050 mennessä. Sopimuksen radikaaliutta ei ole sisäistetty. Fossiilisista polttoaineista on luovuttava kokonaan muutaman vuosikymmenen aikana.

Suurin osa fossiilisista polttoaineista käytetään energiana liikenteessä sekä lämmön ja sähkön tuotannossa. Energiajärjestelmä, jossa ei synny päästöjä, perustuu pitkälti puhtaita energialähteitä hyödyntäviin teknologioihin polttolaitosten ja polttomoottorien sijaan. Keskeisiä tulevaisuuden energiateknologioita ovat tuuli-, aurinko-, vesi- ja ydinvoima, lämpöpumput, älykäs talotekniikka, automaatio- ja informaatioteknologiat, energiavarastot, sähkö- ja kaasujoneuvot sekä nopeasti säätyvä biokaasuvoima. Bioenergiaa tarvitaan tulevaisuudessa muun muassa lentoliikenteen polttoaineeksi.

Tarkastelut lähes päästöttömästä energiajärjestelmästä osoittavat, että sähkön rooli energiajärjestelmässä korostuu: jopa kaksi kolmasosaa energian loppukäytöstä voi tulevaisuudessa perustua sähkөөn. Sähkön käyttö laajenee eri sektoreille, kuten liikenteeseen, lämpöön ja teollisiin prosesseihin. Jätteen ja biomassan poltolla ei ole suurta roolia tulevaisuuden globaalissa energiajärjestelmässä.

## Haasteet sähkömarkkinoilla

Nykyiset sähkömarkkinat koostuvat useista erilaisista, toisiinsa kytkeytyvistä markkinoista. Keskeisimpiä sähkömarkkinoiden ongelmia ovat sähkön tuotantokapasiteetin alentuneet investointinäkymät ja markkinasignaalien heikko välittyminen tukkumarkkinoilta loppukuluttajille. Kiinteähintaiset sähkösopimukset heikentävät kuluttajien kannusteita sähkön säästöön kysyntäpiikkien aikana ja halukkuutta osallistua kysyntäjoustoon. Nykyinen sähkön verotus- ja hinnoittelumalli ei kannusta myöskään energian varastointiin.

Uudet energiateknologiat aiheuttavat murroksen sähkömarkkinoilla. Tuulivoima alentaa sähkön hintaa tukkumarkkinoilla ilmaisen polttoaineen vuoksi ja heikentää olemassa olevan tai uuden säätövoiman tai huippukulutuksen aikaisen kapasiteetin kannattavuutta. Puhtaiden teknologioiden investoinnit eivät ole vielä markkinaehtoisesti kannattavia. Toisaalta nykyiset energiamarkkinat eivät toimi markkinatalouden periaatteiden mukaisesti, vaan ovat vahvasti julkisen sektorin ja monopoliyhtiöiden säatelemiä. Nykyistä energiajärjestelmää ei voi kutsua markkinataloudeksi monesta syystä: markkinoille pääsy

on liian vaikeaa, markkinahintaan kohdistuu voimakasta julkista interventiota eivätkä teknologiset esteet ja siilot mahdollista resurssien tehokasta allokaatiota, kuten tuotannon ja kulutuksen kilpailua.

Puhtaiden teknologioiden pitoajat ovat 25-40 vuotta ja investointien kannattavuus perustuu yhden tai kahden vuosikymmenen aikana sähköstä keskimäärin saatavaan hintaan. Fyysisillä sähkömarkkinoilla voidaan ostaa ja myydä sähköä lähellä toimitusajankohtaa. On selvää, ettei markkinataloudellisin ehdoin tehtävä merkittävä energiainvestointi voi perustua seuraavan vuorokauden "hintasignaaliin".

Vesi- tuuli- tai aurinkovoiman polttoaineen hinta on lähes nolla, joten tulevaisuudessa lähinnä vain teknologian investointikustannuksella on merkitystä. Investointikustannus riippuu teknologian hinnan lisäksi erityisesti rahoituksen korosta. Markkinariski näkyy kustannuksissa niin, että mitä suurempi riski, sitä suurempi korko ja siten kalliimpi energian hinta.

Kolme haastetta, jotka tulee ratkaista energiamarkkinoiden murroksessa ovat: rahoitus, teknologiamurros ja markkinatalouteen siirtyminen. Fyysisen sähkömarkkinan ongelmat digitalisaatio tulee ratkaisemaan. Näköpiirissä oleva teknologiamurros mahdollistaa sähköjärjestelmän siirtymisen kohti markkinataloutta. Tulevaisuuden sähkömarkkinan perusta on energian internet (IoE) eli laajamittainen "virtuaalivoimala", johon kaikki voivat ottaa osaa.

## Kohti sähkömarkkinamallia 2.0

Sähkömarkkinoiden tulee jatkossakin huolehtia sähkön kulutuksen ja tuotannon jatkuvasta tasapainosta sekä toimitusvarmuudesta. Lisäksi markkinoiden pitää mahdollistaa päästöjen vähentäminen, puhtaan energian investoinnit sekä kuluttajien dynaaminen osallistuminen markkinoille energian internetin (IoE) välityksellä.

Massiivisten markkinamuutosten toteuttamiseen tarvitaan poikkeuksellisia toimenpiteitä. Energiantuotannon lisäksi murros pitää ulottaa myös rakenteisiin ja toimintaperiaatteisiin. Tarvitaan markkinareformi.

Seuraavissa visioissa on useampi ehdotus sähkömarkkinamalliksi 2.0, joissa sähkömarkkinoiden haasteita on ratkaistu eri tavoilla. Kuluttajien rooli ja energian hinnan vaihtelu on erilainen eri malleissa, mikä vaikuttaa toteutukseen sekä myös yhteiskunnalliseen ja poliittiseen hyväksyttävyyteen.

### 1. Sähkömarkkinavisio: Energy only -markkinamallin mukautuminen suureen määrään tuuli- ja aurinkovoimaa

Pohjoismaissa uusiutuvan, vaihtelevan sähkön osuus voidaan nostaa hyvin korkeaksi mittavien vesivoimavarojen ansiosta. Nykyisten hintasignaalien mukaan markkinoilla on ylikapasiteettia, jonka tulisi poistua. Erityisesti perusvoimaa tarvitaan vähemmän, kun tuuli- ja aurinkovoiman osuus kasvaa. Ylikapasiteetin poistumisen jälkeen hintojen vaihtelu voimistuu, jolloin hetkellistä säätövoimaa tarjoavat voimalat, kuten kaasuturbiinit, muuttuvat kannattaviksi. Energiamarkkinoita kehitetään Euroopan laajuisiksi ja joustavammiksi. Hintakatot tulee poistaa markkinoilta, jotta sähkön hintapiikit voivat taata investointien kannattavuuden sekä edistää kuluttajien kysyntäjoustoa. Energy only -

markkinan haasteena on varmistaa sähkön riittävyys tyyninä pimeinä aikoina - voi olla, että kapasiteetista täytyy jossain vaiheessa maksaa erikseen. Lisäksi tuuli- ja aurinkovoiman kannattavuus voi olla heikkoa, koska hetkelliset hinnat nousut eivät hyödytä niitä taloudellisesti.

## **2. Sähkömarkkinavisio: Spot-markkinan jako varman ja vaihtelevan sähkön markkinoihin**

Spot-markkina jaetaan kahteen erilliseen, varmaan ja vaihtelevaan sähkömarkkinaan. Kuluttajatuotteet myös jakautuvat kahdeksi eri tuotteeksi. Aluksi kuluttajien vaihteleva sähkönsopimus liittyy uusiutuvan energian tukijärjestelmään, mutta vähitellen se kehittyy omaksi markkinaksi. Lopulta tuista luovutaan sekä kuluttajat voivat hankkia sähkönsä vapaasti kiinteällä kaistasopimuksella vaihtelevan sähkön markkinoilta ja/tai nykyisen kaltaisella sopimuksella varman sähkön markkinoilta. Hinnoittelu ohjaa kuluttajia täsmäyttämään omaa kulutustaan vaihtelevaan sähköön, koska kulutushuippujen aikana varman sähkön hankkiminen voi tulla tyyriiksi.

## **3. Sähkömarkkinavisio: Kuluttajälähtöinen sertifikaattimarkkina**

Kuluttajat hankkivat oman energiansa valitsemistaan aurinko-, tuuli-, bio- ym. voimaloista pitkäaikaisilla alkuperäsertifikaattien ostosopimuksilla. Energian internetissä toimiva energiatili mahdollistaa kuluttajille oman sopimustuotannon ja kulutuksen täsmäyttämisen reaaliaikaisesti. Oman kulutuksen ja sopimustuotannon välistä vaihtelua voi tasapainottaa joustosopimuksella, joka perustuu kysyntäjoustoön ja sähkömarkkinoilta hankittuun sähköön. Uusiutuvan ja vaihtelevan energian tuottajat saavat suurimman tuoton sertifikaateista, kun säätövoiman tuottajat saavat parhaimman tuoton sähkömarkkinoilta. Sertifikaatti- ja sähkömarkkinat täydentävät toisiaan.

## **4. Sähkömarkkinavisio: Energian internet ja energian keskuspankki**

Kuluttajat voimaantuvat ja osallistuvat aktiivisesti markkinoille omilla hajautetuilla teknologioilla energian internetin kautta. Energian keskuspankki perustetaan huolehtimaan energiamarkkinoiden tasapainosta ja toteuttamaan tarvittava markkinareformi.

## **Siirtymäajan toimenpiteet**

Energiantuotannossa on välttämätöntä siirtyä päästöttömään tuotantoon ja uusiutuviin energiamuotoihin, kuten tuuli- ja aurinkovoimaan. Yksi tarvittava siirtymäajan toimenpide on tuotannon ja innovatiivisten ratkaisujen tukeminen. Tuotantotuen kilpailutus on syöttötariffitukea markkinaehtoisempi malli.

Sähkön verotus- ja hinnoittelumallit tulee uudistaa siten, että ne luovat kannusteen liikenne- ja lämpösektorien sähköistämiseksi sekä kuluttajien kysyntäjoustoille sekä energian varastoinnille. Sähköverkkojen ja -markkinoiden tulee mahdollistaa kaksisuuntaisuus, energiayhteisöt ja hajautettujen resurssien hyödyntäminen.

Energiajärjestelmä tarvitsee energiakaaren eli oman ”liikennekaari” -hankkeensa. Energiakaari luo näkymän, miten digitalisaation avulla luodaan kokonaisvaltaisesti uusia markkinaratkaisuja ja uusia liiketoimintamahdollisuuksia, ottaen huomioon energiaturvan vaatimukset. Energiakaari määrittää tiekartan energiamarkkinareformin toteuttamiseksi.

## Yhteenveto: Kuluttajat, internet ja puhtaat teknologiat keskiön tulevaisuuden sähkömarkkinoilla

Teknologia- ja kehitystrendit, jotka muuttavat energiajärjestelmää väistämättä:

- Hajautetut teknologiat halpenevat ja digitalisaatio leviää. Sähkömarkkinat ja -verkot muuttuvat kaksisuuntaisiksi ja kuluttajat tulevat mukaan markkinoille internetsovellusten avulla.
- Liikenne- ja lämpösektorit sekä teollisuuden prosessit sähköistyvät.
- Perinteiset toimiala- ja markkinarajat rikkoutuvat: kiinteistö-, automaatio-, IT-, mobiili-, media- ja palvelualat tulevat mukaan energialiiketoimintaan.

Tulevaisuuden sähkömarkkinamalli 2.0 tulee rakentaa seuraavien elementtien pohjalle:

- Puhtaat ja älykkäät teknologiat
- Kuluttaja- ja käyttäjälähtöisyys
- Digitalisaatio ja energian internet

Energiajärjestelmässä tulee luopua:

- Fossiilisista polttoaineista
- Sähköverkon ja -markkinoiden yksisuuntaisuutta tukevista verotus- ja hinnoittelumalleista
- Tuotannon monopolirakenteista

Tarvittavia siirtymäajan toimenpiteitä:

- Uusiutuvan energian tuotantotuen kilpailutus, huutokauppa
- Sähkön hinnoittelu- ja verotusmallien uudistus
- Energiemarkkinareformi eli energiakaari

## Tekijät

**Ahola Jero**, LUT; **Auvinen Karoliina**, Aalto-yliopisto; **Hildén Mikael**, SYKE; **Holtinen Hannele**, VTT; **Honkapuro Samuli**, LUT; **Ollikka Kimmo**, VATT ja **Vainikka Pasi**, VTT

*Keskustelupaperi on laadittu Strategisen tutkimuksen neuvoston rahoittamien Smart Energy Transition ja EL-TRAN -hankkeiden sekä Tekesin rahoittaman Neo-Carbon -hankkeen tutkijoiden yhteistyönä.*

*Kohti sähkömarkkinamallia 2.0 -keskustelupaperin ja blogien tavoitteena on luoda suuntaviivoja sähkömarkkinoiden kehitykselle ja herättää keskustelua keinoista, joilla nykyiset markkinamurroksen haasteet voitaisiin ratkaista.*

## Blogit

Miten sähkömarkkinat toimivat?  
Kimmo Ollikka, VATT

Tuulivoima ja kysyntäjousto aiheuttavat murroksen sähkömarkkinoilla – miksi ja miten?  
Kimmo Ollikka, VATT ja Karoliina Auvinen, Aalto-yliopisto

Investointimallit murroksessa: uusi energiamarkkina perustuu ilmastoteknologioihin  
polttamisen sijaan  
Pasi Vainikka, VTT

Lämmitystä pitää sähköistää ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi  
Jero Ahola, LUT

Nykyinen energian sekatalous tarvitsee markkinareformin eli energiakaaren  
Pasi Vainikka, VTT

Kysyntäjousto ja varastot markkinoille hinnoittelun ja verotuksen uudistuksilla  
Samuli Honkapuro, LUT

Energiamurroksessa tuotannon ja innovaatioiden tukea tarvitaan  
Mikael Hildén, SYKE

Sähkömarkkinavisio: Energy only –markkinamallin mukautuminen suureen määrään  
tuuli- ja aurinkovoimaa  
Hannele Holttinen, VTT

Sähkömarkkinavisio: Spot-markkinan jako varman ja vaihtelevan sähkön markkinoihin  
Juha Forsström, VTT

Sähkömarkkinavisio: Kuluttajalähtöinen sertifikaattimarkkina  
Karoliina Auvinen, Aalto-yliopisto

Sähkömarkkinavisio: Energian internet ja energian keskuspankki  
Pasi Vainikka, VTT

Saatavissa: <http://smartenergytransition.fi/fi/julkaisut/kohti-sahkomarkkinamallia-2-0/>