

Haasteista mahdollisuuksia

– sähkön ja kaukolämmön
hiilineutraali visio vuodelle 2050



Energiateollisuus

ISBN 978-952-5615-31-9

Haasteista mahdollisuuksia - sähkön ja kaukolämmön hiili- neutraali visio vuodelle 2050

Energiateollisuus ry

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Tampereen teknillinen yliopisto

Turun kauppakorkeakoulu, Tulevaisuuden tutkimuskeskus

ISBN 978-952-5615-31-9

ESIPUHE

Ilmastonmuutos, energian hinnan suuret muutokset sekä energian toimitusvarmuuteen ja energiaturvallisuuteen liittyvät kysymykset ovat nostaneet energian keskeiseksi keskustelun aiheeksi ja päätöksenteon kohteeksi Suomessa, EU:ssa ja koko maailmassa. Ymmärretään, että energiaratkaisuja ja -politiikkaa on suunniteltava pitkällä, usean vuosikymmenen aikajänteellä.

Energiateollisuus ry:n hallitus päätti kokouksessaan 12.6.2008, että energiateollisuus valmistele oman visionsa Suomen ilmasto- ja energiapolitiikan tueksi. Vision tavoitteena on taloudellista kasvua tukeva hiilidioksidineutraali sähkön ja kaukolämmön tuotanto vuonna 2050.

Visiossa tavoitellaan yhtäältä mahdollisimman alhaisia päästöjä sähkön ja lämmön tuotannolle ja toisaalta fossiilisten polttoaineiden käytön korvaamista sähköllä ja kaukolämmöllä asumisessa, liikenteessä ja elinkeinoelämässä. Toimia tarkastellaan aina myös hyvinvoinnin ja kilpailukyvyn sekä kotimaisuuden ja toimitusvarmuuden näkökulmista.

Vision perustaksi tehtiin laaja pohjatyö vuosina 2008–2009. Siihen osallistuivat ja työtä ohjasivat Lappeenrannan teknillisestä yliopistosta professori Jarmo Partanen ja professori Samuli Honkapuro, Tampereen teknillisestä yliopistosta professori Seppo Valkealahti, Turun kauppakorkeakoulun Tulevaisuuden tutkimuskeskuksesta tutkimusprofessori Jyrki Luukkanen ja erikoistutkija Jarmo Vehmas sekä KTT, dosentti Juha Honkatukia Valtion taloudellisesta tutkimuskeskuksesta. Työhön osallistuivat lisäksi tutkija Francesca Allievi, tutkija Suvisanna Mustonen, dipl.ins. Niko Jauhiainen, tutkimusapulainen Anne Karjalainen, tutkimusapulainen Juha Panula-Ontto, harjoittelija Maria Ahoniemi ja harjoittelija Mikko Värttö.

Keskeinen osa työtä oli tulevaisuusprosessi, joka käsitti kolme ryhmätyönä toteutettua tulevaisuusverstasta ja kaksi internetin kautta toteutettua kyselyä. Kaikkiaan tulevaisuusverstaasiin osallistui yhteensä 160 ja kyselyihin vastasi 132 henkilöä elinkeinoelämästä, viranomaistahoilta, tutkimuslaitoksista, korkeakouluista, politiikasta ja järjestöistä.

Prosessissa päädyttiin neljään tulevaisuusskenaarioon, joilla pyritään kuvaamaan erilaisia kehitysvaihtoehtoja. Niiden ja muun taustatyön perusteella Energiateollisuus muodosti kuvan halutusta ja tavoitteeseen johtavasta kehitysurasta vuoteen 2050, joka kuvataan tässä raportissa.

Pohjatyön tuloksena syntyivät lisäksi raportit:

- Energiateollisuus ry:n tulevaisuusprosessin loppuraportti: Energiaskenaarioita vuoteen 2050; Katsaus energia-alan haasteisiin, mahdollisuuksiin ja vaikutuskeinoihin, Turun kauppakorkeakoulun Tulevaisuuden tutkimuskeskus
- Finnish Energy Industries - Energy Scenarios and Visions for the Future, Turun kauppakorkeakoulun Tulevaisuuden tutkimuskeskus
- Sähkön ja kaukolämmön rooli energiatehokkuudessa ja energian säästössä, Lappeenrannan teknillinen yliopisto ja Tampereen teknillinen yliopisto

Raportit on saatavissa Energiateollisuus ry:n sivuilta osoitteesta www.energia.fi.

Kiitämme kaikkia työhön osallistuneita ja erityisesti yliopistojen tutkijaryhmää, jonka panos työn tekemisessä oli korvaamaton.

Visioraporttimme on otettu positiivisesti vastaan. Energiapoliittisessa keskustelussa on ollut selvä tarve pidemmälle tulevaisuuteen katsovalle visiolle. Viime vuoden marraskuussa julkaistun raporttimme kysyntä ylitti odotukset ja olemme nyt ottaneet toisen painoksen raportista. Olemme tässä uudessa painoksessa täydentäneet joitain yksittäisiä kohtia.

Helsingissä 23. maaliskuuta 2010

Energiateollisuus ry

Kari Rämö
hallituksen puheenjohtaja

Juha Naukkarinen
toimitusjohtaja

Sisältö

Haasteista mahdollisuuksia 5

Teknologiakehitys mullistaa energiankäytön	5
Sähköstä ja kaukolämmöstä päästöneutraaleja	5
Ostovoima kehittyä sähkön ja kaukolämmön hintaa nopeammin	6
Energian kotimaisuusaste nousee ja kauppatase paranee.	6
Pitkjänteinen ja johdonmukainen energiapolitiikka välttämätön edellytys	6
Energiankulutus vuonna 2050	7

VISION LÄHTÖKOHDAT

Katse kaus tulevaisuuteen 9

Vuonna 2050 sähkön ja kaukolämmön tuotanto hiilineutraalia	9
Visiolle asetetut tavoitteet	10
Neljä vaihtoehtoista skenaariota	11
Muita kehitysmahdollisuuksia	12

TOIMINTAYMPÄRISTÖ

Valtava globaali energiantarve 13

Työtä energiaköyhyyden vähentämiseksi	13
Kansantalous jatkaa maltillista kasvuaan	14
Ilmastohaaste pienentää bruttokansantuotetta	14
Energia tärkeä kaupankäynnin väline lähialueilla	14
Euroopassa avoimet ja yhteiset sähkömarkkinat	15
Kustannustehokkaat ratkaisut tukevat hyvinvointia ja kilpailukykyä	15

TARVE

Sähkön ja kaukolämmön käyttö muuttuu 17

Rakennusten energiankäyttö tehostuu.	17
Sähkön ja kaukolämmön osuudet kasvussa	18
Energiatehokasta kaukojäähdytystä	18
Lisääntyvät sähkölaitteet kasvattavat sähkön käyttöä	18
Palvelusektorilla iso tehostamispotentiaali	19
Teollisuuden sähköntarve kasvaa maltillisesti	19
Tehostamispotentiaali pienentää sähkön tarvetta	20
Sähkön osuus teollisuuden energiankäytöstä jatkaa kasvuaan.	20
Erilaisia näkemyksiä metsäteollisuuden tulevaisuudesta.	20
Odotuksia biopolttoaineiden tulevaisuudelle	21
Metalli- ja kemianteollisuus maltillisessa kasvussa	21
Liikenne lisääntyy ja sähköistyy	21
Yhteenvedo sähkön käytöstä Suomessa vuonna 2050	23

TUOTANTO

Energiantuotanto vuonna 2050 24

Monipolttoainelaitoksista hiilinieluja	24
Päästöttömien tuotantomuotojen kilpailukyky paranee	25
Vesivoimasta lisää säättövoimaa	26
Omavaraista ja kotimaista energiaa	26
Sähkön ja kaukolämmön tuotantorakenne vuonna 2050	27

Älykäs sähköverkko mahdollistaa kysynnän joustot ja pienimuotoisen tuotannon	29
----------------------------------------------------------------------------------------	----

VISION VAIKUTUKSET

Energiateollisuuden vision vaikutukset 30

Hiilineutraali tuotanto on mahdollista.	30
Omavaraisuus vähentää päästöjä	30
Sähköllä ja kaukolämmöllä tehostetaan energian loppukäyttöä yli viidenneksellä	31
Kauppatase vahvemmaksi	32
Metsäenergian käyttö sähkön ja lämmön tuotannossa lisääntyy	33
Ostovoima kehittyä sähkön ja kaukolämmön hintaa nopeammin	33

TOTEUTTAMISEDELITYKSET

Pitkjänteistä toimintaa tavoitteiden saavuttamiseksi 35

Markkinaehtoisuutta tukevaa energiapolitiikkaa	35
Polttoainemarkkinoita on kehitettävä.	35
Yhteiskunnan ohjattava päästöjen määrää, ei kustannusta	36
Energiateknologiasta viennin tukijalka	36
Liikenteen sähköistyminen tukee tavoitteita	36
Älykäs sähköverkko mahdollistaa pientuottajien markkinoillepääsyn.	37
Ilmastovaikutus rakennusten lämmitysmuotojen perustana	37
Ohjauksen perustana asetetut tavoitteet	38

LIITE 1

Sähkön ja kaukolämmön loppukäyttö 39

1 Rakennusten lämmitys ja jäähdytys	39
2 Kotitalouksien sähkönkäyttö	41
3 Palvelut ja julkinen kulutus	43
4 Teollisuus	45
5 Liikenne	47
6 Yhteenvedo	49

LIITE 2

Tulevaisuusprosessin tuottamat skenaariot 50

1 Suomi ajopuuna kriisiytyvässä maailmassa	50
2 Ekologiset arvot hallitsevat.	53
3 Irti öljyriippuvuudesta hyvinvointi turvaten	56
4 Teollinen kasvu.	60

LIITE 3

Energiateollisuuden vision kansantaloudellinen tausta 63

VATT-malli	63
Makrotalouden kehitys Energiateollisuuden skenaariossa.	64
Toimialarakenteen kehitys Energiateollisuuden skenaariossa.	65

Lähteet 67

Haasteista mahdollisuuksia

Ilmastonmuutos on energia-alalle merkittävä haaste. Tässä skenaariotyössään Energiateollisuus on luonut tavoitetilan siitä, miten Suomessa tuotetaan ja käytetään energiaa niin, että samalla voidaan vastata ilmastonmuutokseen ja energiaturvallisuuteen liittyviin haasteisiin sekä säilyttää energia suomalaisen hyvinvoinnin perustana ja elinkeinoelämämme kilpailutekijänä. Skenaariotyössä on arvioitu myös tavoitetilan saavuttamiseen liittyviä edellytyksiä ja tarvittavia toimenpiteitä.

Teknologiakehitys mullistaa energiankäytön

Tavoitetilan mukaan vuonna 2050 Suomessa on laajamittaisesti otettu käyttöön nykyisin jo olemassa olevaa ja uutta kehitteillä olevaa energian käyttöä tehostavaa teknologiaa yhteiskunnan eri alueilla (teollisuus, rakennusten lämmitys ja jäähdytys, kotitaloudet ja liikenne). Esimerkkejä käyttöön otetusta teknologiasta ovat älykkäät sähköverkot, passiivirakentaminen, valaistustekniikka ja liikenteen sähköistyminen.

Energiatehokkuuden parantuminen pienentää energialaskua.

Merkittävää on, että energian tuoma lisäarvo saadaan vuonna 2050 aikaan nykyistä pienemmällä panoksella. Energiankäytön tehostamisessa on vielä runsaasti hyödyntämätöntä potentiaalia. Tavoitetilassa on lähdetty siitä, että energiankäytön tehostamisessa oleva potentiaali on hyödynnetty. Esimerkiksi palveluissa ja teollisuuden sähkön käytössä tehostamispotentiaalia on arviolta noin 20 prosenttia. Rakennusten lämmityksessä ja jäähdytyksessä tehostamista saadaan kaukolämmön ja haja-asutusalueilla muun muassa lämpöpumppujen avulla. Liikenteen energiatehokkuutta voidaan parantaa sähköautoilla, joiden energiankulutus on 70–80 prosenttia vastaavia polttomoottoriautoja pienempi.

Sähköstä ja kaukolämmöstä päästöneutraaleja

Vuonna 2050 nykyisistä ja rakenteilla olevista voimalaitoksista on käytössä vain jo rakennettu vesivoima ja rakenteilla oleva ydinvoimalaitosyksikkö. Suuri osa tästä lähtien rakennettavista voimalaitoksista on käytössä vielä vuonna 2050. Tavoitetilassa uudet investoinnit on toteutettu siten, että sähkön ja kaukolämmön tuotannon kokonaispäästöt laskisivat nykyisestä noin 30 miljoonasta tonnista 5–7 miljoonaan tonniin hiilidioksidia vuoteen 2050 mennessä.

Samanaikaisesti sähkö ja kaukolämpö korvaisivat fossiilisten polttoaineiden käyttöä liikenteessä, lämmityksessä ja teollisuudessa siten, että päästöt vähenisivät Suomessa noin 12 miljoonaa hiilidioksiditonniä vuosittain sellaisissa kohteissa, joissa nykyään sähkö ja kaukolämpö eivät ole käytössä. Lisäksi sähkön tuonnin ja viennin tasapainon muutos alentaisi kasvihuonekaasupäästöjä Venäjällä ja EU:n muissa jäsenmaissa.

Sähkön ja kaukolämmön avulla voidaan tämän vision kattamia CO₂-päästöjä vähentää 85–90 prosenttia, mikä merkitsee kaikkien maamme kasvihuonepäästöjen osalta yli 50 prosentin vähennystä. Energiatehokkuuden parantamisella, biopolttoaineiden käyttöönotolla ja muilla vastaavanlaisilla toimilla voidaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjä tämän visioraportin ulkopuolelle jäävissä toiminnoissa, kuten raskaassa liikenteessä, työkoneissa, lentoliikenteessä ja teollisuuden prosesseissa. Ottamalla huomioon näiden toimien päästövähennykset Suomi saavuttaa vuoteen 2050 mennessä asetetun tavoitteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä 80 prosentilla.

Ostovoima kehittyä sähkön ja kaukolämmön hintaa nopeammin

Ilmastonmuutoksen torjunta lisää kustannuksia. Myös energiantuotannon polttoaineiden hinnan arvioidaan nousevan. Tämä johtaa myös energian hinnan nousuun. Oikeilla ja kustannustehokkailla valinnoilla voidaan kuitenkin saavuttaa kehitys, jossa taloudellinen hyvinvointi ja kansalaisten ostovoima kehittyvät nopeammin kuin sähkön ja kaukolämmön hinta. Energiatehokkuuden parantuminen pienentää myös energialaskua.

Energian kotimaisuusaste nousee ja kauppatase paranee

Suomessa käytetystä energiasta merkittävä osa on ulkomailta tuotettua energiaa. Tavoitetilassa tuontiriippuvuus vähenee etenkin öljyn, kivihiilen ja sähkön osalta, ja kotimaisten uusiutuvien energialähteiden osuus kasvaa merkittävästi. Suomesta tulisi sähkön nettotuojan sijaan lievä sähkön nettoviejä. Kehitys olisi kansantaloudelle edullinen ja lisäksi selvästi omavaraisuusastetta sekä parantaisi energiaturvallisuutta. Energian nykyhinnoilla ja nykyrahassa laskien maksaisimme energian tuonnista vuosittain 2 miljardia euroa vähemmän. Arvioiduilla tulevaisuuden energianhinnoilla laskien muutos olisi 3–5 miljardia euroa vuodessa Suomelle nykyistä edullisempi.

Pitkäjänteinen ja johdonmukainen energiapolitiikka välttämätön edellytys

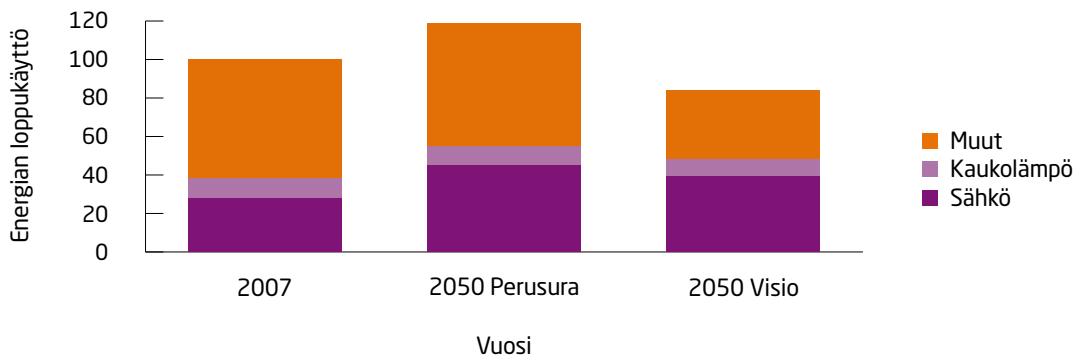
Pääomia runsaasti sitovia energiainvestointeja ei voida toteuttaa ilman vakaata ja ennustettavaa toimintaympäristöä. Hiilineutraali energiatulevaisuus edellyttää määrätietoista ja johdonmukaista energiapolitiikkaa, jossa yhteiskunta on sitoutunut päästöjen merkittävään leikkaamiseen.

Välttämättömiä toimenpiteitä ovat ainakin

- Energiavalintojen, energiatekniikoiden ja polttoaineiden on oltava monipuolisesti markkinatoimijoiden valittavissa. Yhteiskunnan ohjauksen on kohdistuttava eri tuotantomuotojen haitallisiksi koettuihin ominaisuuksiin, ei teknisiin ratkaisuihin niiden ratkaisemiseksi saati energian tuotantomuotojen valintaan.
- Kotimaisten polttoaineiden – erityisesti metsäenergian ja turpeen – käyttöä on lisättävä ja markkinoita on kehitettävä mm. hankintaa ja ohjeistusta kehittämällä.
- Suomen energiateknologian vahvuusalueisiin on panostettava määrätietoisesti. Tällaisia alueita ovat ainakin sähkön ja lämmön yhteistuotanto, kaukolämpö, sähkötekniset tuotteet ja poltoteknikka, päästöjen vähennystekniikan kehittäminen sekä ydinvoimateknikka ja -rakentaminen. Muita keskeisiä kohteita ovat energiatehokkuuteen liittyvä teknologia ja älykkääseen sähköverkkoon liittyvät ratkaisut ja laitteet, hiilidioksidin talteenotto- ja varastointitekniikka, sähköisen liikenteen kehittäminen sekä matalaenergiarakentaminen.
- Liikenteen sähköistymisen edistämiseksi verotusta on kehitettävä siten, että se tukee sähköautojen ja ladattavien hybridiautojen käyttöönottoa. Verotuksen ohella sähköajoneuvojen yleistymiseen voidaan vaikuttaa mm. tiedotuksella, liikenteenohjauksella ja infrastruktuurin kehittämisellä. Sähköautot tarjoavat Suomelle myös mahdollisuuksia teknologiatoimijana.
- Kaukolämmön kilpailukykyä on kehitettävä ja huolehdittava nykyisestä infrastruktuurista ja sen edelleen kehittämisestä. Kaukojäähdytyksen kehitykseen on panostettava.
- Hiilidioksidille on saatava maailmanlaajuinen hinta, joka kohdistuu kaikkiin päästöjä aiheuttaviin toimintoihin.
- Euroopan sähkömarkkinoista on saatava aidosti yhteiset ja avoimet.

Energiatuilla on kehitettävä uusia tekniikoita ja tuettava niiden kaupallistamista. Niiden on alennettava uusien vähäpäästöisten tekniikoiden markkinoille tulon kynnyksiä. Tavoitteena on, että tuet voidaan asteittain poistaa eikä mikään tuotanto ole pysyvän tuen varassa.

Energiankulutus vuonna 2050



Kuva 1. Energiankulutus vuonna 2050.^{1 2} Laskennassa on huomioitu energiankäytön tehostuminen kohteissa, joissa sähköllä ja kaukolämmöllä on merkittävä rooli (rakennusten lämmitys, sähkön käyttö kotitalouksissa, teollisuudessa ja palveluissa sekä henkilöautoliikenne). Näiden lisäksi energian lopukäytön arvioidaan tehostuvan lento- ja raskaassa liikenteessä, työkoneissa ja teollisuuden prosesseissa yhteensä noin 20 prosenttia. Perusurassa energian käytön tehokkuus pysyisi vuoden 2007 tasolla. Lähde: VTT, Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Kulkuvälineiden energiatehokkuutta voidaan parantaa sekä moottoritekniikkaa että kulkuneuvon ominaisuuksia kehittämällä. Moottoritekniikassa mahdollisuuksina ovat mm. sähköistäminen, hybridiratkaisut ja polttokennot. Kulkuneuvon ominaisuuksista keskeisimpiä ovat massan pienentäminen erityisesti uusilla materiaaleilla, kuten komposiiteilla, sekä ilman- tai vedenvastuksen pienentäminen.

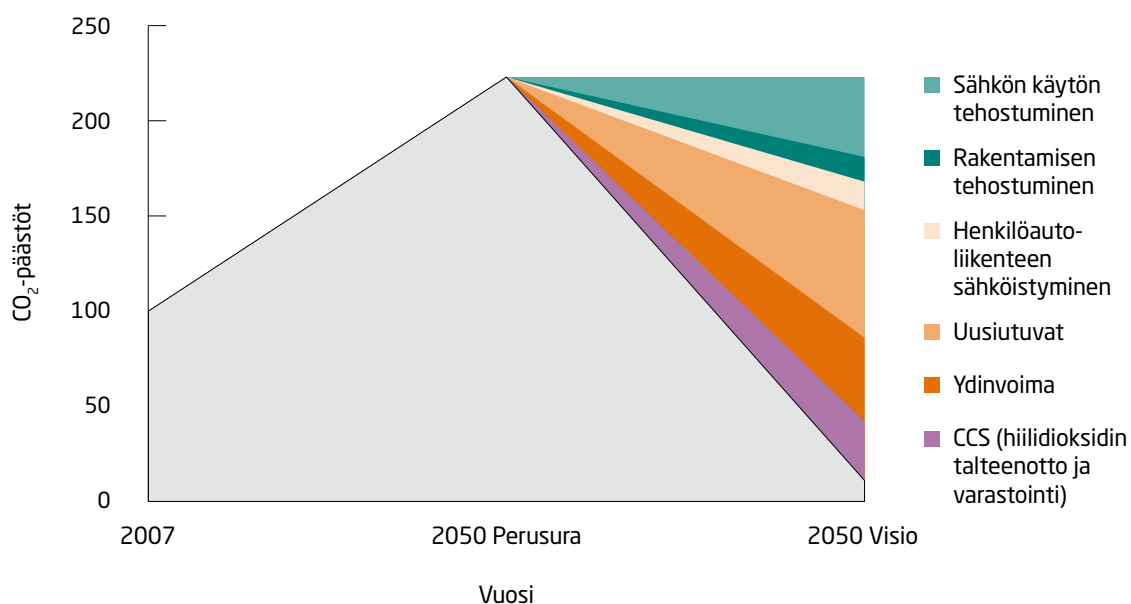
Työkoneissa hybridiratkaisut ja sähköistäminen parantavat energiatehokkuutta. Hybridikäytössä polttomoottoria voidaan käyttää parhaalla mahdollisella toiminta-alueella, minkä lisäksi esimerkiksi nostureissa tai trukeissa hyödynnetään kuorman laskemisen potentiaalienergia.

Teollisuudessa energiatehokkuutta voidaan parantaa pumppujen, puhaltimien ja paineilmalaitteistojen optimoinnilla, taajuusmuuttajilla ja korkeahyötysuhdemoottoreilla sekä lisäämällä kierrätystä. Lämpöpumppujen hyödyntäminen matalienkin lämpötilojen lämmön talteenotossa, prosessien optimaalinen mitoitus ja kehittyneet prosessin ohjaus- ja säätömenetelmät sekä prosessi-integraatio lisäävät myös energiatehokkuutta.

- Sähkön osuus energian loppukäytöstä kasvaa nykyisestä 28 prosentista noin 46 prosenttiin.
- Kaukolämmön suhteellinen osuus kasvaa lievästi (11 prosenttiin), vaikka lämmöntarve rakennuksissa pienentyy.
- Sähkön ja kaukolämmön tuotannon hiilidioksidipäästöt vähenevät noin 80 prosenttia samalla kun sähköä ja kaukolämpöä käytetään noin puolet enemmän.
- Energiatehokkuuden parantumisen myötä energian loppukäyttö on 30 prosenttia pienempi kuin perusuralla (BAU). Perusuralla tarkoitetaan kehitystä, jossa energiatehokkuus sekä sähkön ja kaukolämmön tuotanto ja polttoaineet olisivat nykyiset eikä ydin- tai vesivoimaa voi rakentaa lisää.

1 VTT. 2008. Teknologiapolut 2050 – Teknologian mahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöjen syvien rajoittamistavoitteiden saavuttamiseksi Suomessa. VTT tiedotteita 2432.

2 Immonen Paula. 2008. Hybridikäytön mitoitus liikkuvan työkoneneen energian talteenottojärjestelmäksi. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto



Kuva 2. Energiankäytön tehostumisen ja tuotantorakenteen muutosten vaikutukset CO₂-päästöihin. Kuvassa tarkastellut päästöt sisältävät sähkön ja kaukolämmön tuotannon, henkilöautoliikenteen sekä rakennusten lämmityksen polttoainekäytön CO₂-päästöt (noin 70 prosenttia Suomen CO₂-päästöistä). Lähde: Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Katse kauas tulevaisuuteen

Ilmastonmuutos, energian hinnan suuret muutokset sekä energian toimitusvarmuuteen ja energiaturvallisuuteen liittyvät kysymykset ovat nostaneet energian keskusteluun ja päätöksenteon kohteeksi Suomessa, EU:ssa ja maailmalla. Samaan aikaan energian tuotannon ja käytön teknologiat kehittyvät nopeasti.

Energiateollisuuden visio esittää sähkön ja kaukolämmön ratkaisuna energia- ja ilmastohaasteisiin. Visio vähentää merkittävästi Suomen hiilidioksidipäästöjä vaarantamatta hyvinvointia.

Suomi on energiaintensiivinen maa. Runsasta energiankäyttöä selittävät teollisuusrakenne, pohjoinen sijainti ja ilmasto, yhdyskuntarakenne sekä korkea elintaso. Energiaan liittyvät muutokset vaikuttavatkin Suomeen enemmän kuin muihin maihin.

Energia-ala on Suomen teollisuudenaloista pääomavaltaisin. Alan yritykset tekevät suuria investointeja pitkällä, vuosikymmenten aikajännteellä.

Energiaan liittyvät suuret muutostekijät vaikuttavat energiatoimialan tulevaisuuteen. Alan on suunnattava katseensa pitkälle tulevaisuuteen voidakseen nähdä miltä maailma saattaa näyttää ja miltä ala haluaa sen näyttävän tulevaisuudessa.

Energiateollisuus on vienyt läpi tulevaisuusprosessin, jonka tavoitteena on:

- arvioida talouteen ja energiaan liittyviä kehityskulkuja ja laatia vaihtoehtoisia tulevaisuuskuvia
- arvioida, miten energian tuotanto- ja käyttöteknologian kehitys ja energiatehokkuus vaikuttavat tapoihin käyttää ja tuottaa energiaa
- luoda Energiateollisuuden oma tavoitetila siitä, miten energiaa Suomessa tulevaisuudessa käytetään ja tuotetaan ottaen huomioon ilmastonmuutokseen ja energiaturvallisuuteen liittyvät haasteet ja säilyttäen energia kansalaisten hyvinvoinnin perustana ja Suomen kilpailutekijänä
- arvioida, millä edellytyksillä tähän tavoitetilaan voidaan päästä ja esittää yhteiskunnassa tarvittavat toimenpiteet.

Vuonna 2050 sähkön ja kaukolämmön tuotanto hiilineutraalia

Kansainvälisen tutkijayhteisön mielestä kasviuonekaasupäästöjä on maailmanlaajuisesti vähennettävä vähintään 50 prosenttia vuoteen 2050 mennessä, jotta ilmastonmuutoksen riskit voitaisiin pitää kohtuullisina. Teollisuusmaiden tulisi vähentää kasviuonekaasupäästöjä 80–95 prosenttia.

Energian osuus Suomen kasviuonekaasupäästöistä on noin 80 prosenttia, josta sähkön ja kaukolämmön tuotannon osuus on lähes puolet. Päästöjen vähentäminen korostaa energiantuotannon ja käytön merkitystä, vaikka toimia tarvitaan kaikilla yhteiskunnan sektoreilla.

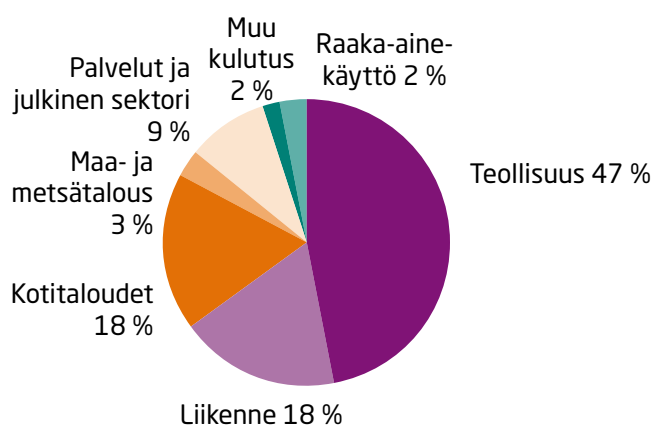
Runsaasti energiaa käyttävässä Suomessa energiateollisuuden on kannettava osuutensa kasviuonekaasujen vähentämisestä. Energiateollisuuden tavoitteena on hiilineutraali sähkön ja kaukolämmön tuotanto vuonna 2050. Sähkön ja kaukolämmön tuotanto, siirto, jakelu ja käyttö eivät tällöin tuota ilmastonmuutosta aiheuttavia kasviuonekaasupäästöjä. Tähän päästään vähentämällä päästöjä kauttaaltaan sekä korvaamalla sähköllä ja kaukolämmöllä niitä toimintoja, joista aiheutuu kasviuonekaasupäästöjä.

Visiolle asetetut tavoitteet

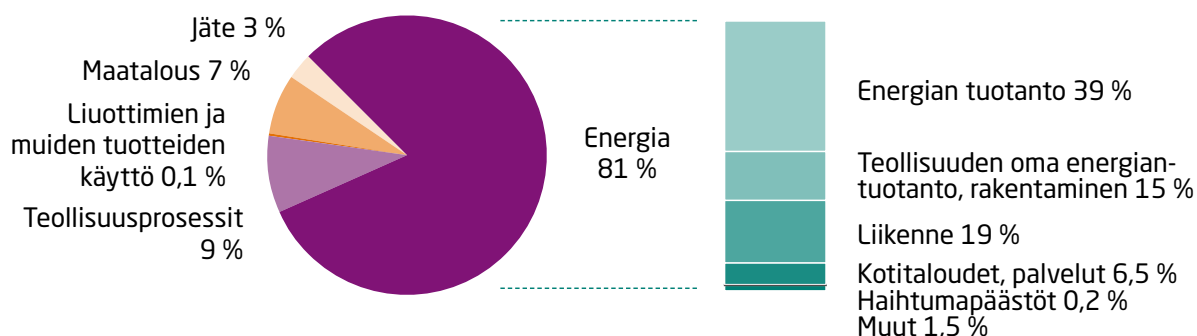
Päästöjen vähentäminen ei kuitenkaan ole ainoa haaste eikä siihen tule pyrkiä hinnalla millä hyvänsä. Tavoitetilassa hyvinvointi ja elintaso ovat Suomessa korkealla tasolla ja elinkeinoelämä on kilpailukykyinen. Suomen menestys perustuu kestäväan kehitykseen ja elämäntapaan. Energian saatavuus, käyttömahdollisuudet ja kilpailukykyinen hinta muodostavat pohjan hyvinvoinnille ja niiden ylläpitoon panostetaan.

Visiossa sähköllä ja kaukolämmöllä on merkittävä rooli yhteiskunnassa. Ne edistävät kestäväan elämäntapaa ja hyvinvointia. Päästöjen vähentämisen ohella sähkö ja kaukolämpö

- tukevat kansalaisten hyvinvoinnin ja elinkeinoelämän kilpailukykyyn kehittymistä
- ovat kilpailukykyisiä ympäristövaikutusten, hinnan ja saatavuuden näkökulmasta
- mahdollistavat kasvihuonekaasujen vähentämistä, ympäristöongelmien ratkaisemista ja energiatehokkuuden kasvattamista
- tukevat kotimaisten uusiutuvien energialähteiden hyödyntämistä.



Kuva 3. Suomen nykyinen energian loppukäyttö sektoreittain. Energiateollisuuden visio kattaa noin 90 prosenttia energiankäytöstä eli koko energian käytön lukuun ottamatta energian raaka-ainekäyttöä, työkaluiden energiankäyttöä sekä lento-, laiva- ja raskaan maantieliikenteen energiankäyttöä. Lähde: Energiatilasto. Vuosikirja 2008, Tilastokeskus.



Kuva 4. Suomen nykyiset kasvihuonekaasupäästöt jaoteltuna sektoreittain. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöistä tieliikenteen osuus on 88 prosenttia. Energiateollisuuden visio kattaa Suomen kasvihuonekaasupäästöistä noin 70 prosenttia. Lähde: Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2007. Katsauksia 2009/2, Tilastokeskus.

Neljä vaihtoehtoista skenaariota

Vuoteen 2050 asti ulottuva perinteinen skenaariotarkastelu on haastavaa. Neljäskymmenessä vuodessa syntyy uusia teollisuudenaloja ja ihmisten kulutustottumukset muuttuvat ratkaisevasti. Yhtiöiden toimintaympäristöön ja investointipäätöksiin vaikuttavat kuitenkin ratkaisevasti energia-, ilmasto-, ja ympäristöpolitiikassa tehtävät valinnat.

Skenaariotyössä ei olekaan mielekästä tarjota vain yhtä tulevaisuuskuva, vaan on pidettävä ovia avoinna erilaisille kehityskuluille.

Energiateollisuuden visio keskittyy siihen, miten sähkö ja kaukolämpö voivat olla merkittävältä osaltaan ratkaisemassa energia- ja ilmastohaasteita. Se ei vastaa ilmastokysymykseen kaikkien Suomen kasvihuonekaasupäästöjen osalta, mutta mahdollistaa hiilidioksidipäästöjen radikaalin vähentämisen.

Turun Kauppakorkeakoulun Tulevaisuuden tutkimuskeskuksen suunnittelema ja toteuttama tulevaisuusprosessi tuotti neljä vaihtoehtoista energiaskenaariota (liite 2), jotka kuvaavat erilaisia kehityskulkuja vuoteen 2050:

SUOMI AJOPUUNA KRIISIYTYVÄSSÄ MAAILMASSA

EKOLOGISET ARVOT HALLITSEVAT

IRTI ÖLJYRIIPPUVUUDESTA HYVINVOINTI TURVATEN

TEOLLINEN KASVU

Skenaariot sekä tulevaisuusprosessin tuottama aineisto ovat osaltaan vaikuttaneet esiteltävään Energiateollisuus ry:n visioon vuoden 2050 energiatulevaisuudesta.

Tarkastelu sisältää noin 70 prosenttia Suomen nykyisistä kasvihuonekaasupäästöistä. Tarkastelun ulkopuolelle rajattiin mm. teollisuusprosessien, jätehuollon ja maatalouden muut kuin energiaperäiset hiilidioksidipäästöt, kaikkien muiden kasvihuonekaasujen päästöt sekä maankäytön ja maankäytön muutosten aiheuttamat päästöt.

Hiilidioksidipäästöjen osalta tarkastelun ulkopuolelle jäi ainoastaan laiva- ja lentoliikenteen, raskaan liikenteen kuljetusten sekä työkoneiden energiankäyttö. Mukana tarkastelussa on noin 90 prosenttia kaikesta Suomen nykyisestä ja tulevasta energiankäytöstä, mukaan lukien rakennusten lämmitys ja jäähdytys, kotitalouksien sähkönkäyttö, palvelulinkeinojen, rakentamisen ja teollisuuden energiankäyttö sekä henkilöautoliikenne.

Energiateollisuuden visio esittelee toimintaympäristön (kansainvälinen, lähialueet ja Suomi), kuvaa energiantarvetta sekä energiantuotantoa, esittelee esitetyn energiavision vaikutuksia mm. kasvihuonekaasupäästöihin ja energiamarkkinoihin sekä arvioi vision toteutumisedellytyksiä.

Vision kansainvälinen toimintaympäristö vuodelle 2050 noudattelee pääosiltaan Maailman energianeuvosto WECin vuonna 2007 julkaisemaa leijona-skenaariota³. Neljästä vaihtoehtoisesta skenaariosta siinä saavutetaan maailmanlaajuisesti oikeudenmukaisin taloudellisen kasvun jakautuminen ja kestävän kehityksen toteutuminen.

Energian loppukäytön osalta Energiateollisuuden visio perustuu Lappeenrannan teknillisen yliopiston ja Tampereen teknillisen yliopiston tuottamiin energiansäästön ja energiankäytön potentiaaliarvioihin sekä Energiateollisuuden ja Elinkeinoelämän keskusliiton arviointeihin.

3 World Energy Council (WEC) (2007): Deciding the Future. Energy Policy Scenarios to 2050. World Energy Council, London.

Muita kehitysmahdollisuuksia

Tässä raportissa esitetty visio pohjautuu jo tunnettuun teknologiaan ja sellaisiin rakaisuihin, jotka ovat hyvin suurella todennäköisyydellä käytettävissä tämän tarkastelujakson puitteissa.

Vision mukaisen kehityspolun ohella tulevaisuuteen voivat kuitenkin vaikuttaa myös erilaiset kehitystrendit ja teknologiset läpimurrot. Sellaisia voivat olla esimerkiksi:

Euroopan laajuinen tasavirtaan (DC) perustuva sähkönsiirto poistaisi pullonkaulat sähkön siirrosta ja muuttaisi sähkömarkkinoita merkittävästi. Tasavirtaan perustuva sähkönsiirto vähentäisi myös tuulivoimaan liittyvän säätösähkön tarvetta, koska tuulisähkön tuotanto koko Euroopan alueella olisi tasaisempaa.

Energiaintensiivisen teollisuuden muutokset vaikuttavat merkittävästi energian loppukäyttöön. Globaalin kysynnän voimakas kohdistuminen tulevaisuudessa alkuaineisiin, joita käytetään nykyään vähän suhteessa tunnettuihin varoihin, voi aikaansaada kaivos- ja metalliteollisuuden sekä niihin liittyvien toimintojen uusrenessanssin Suomessa. Tällainen kehitys voi olla seurausta esimerkiksi fuusioenergian käytön lisääntymisestä tai uusista akkuteknologioista.

Kiinteistö- ja talokohtaisen energian tuotannon voimakas lisääntyminen yhdistettynä matalaenergiarakentamiseen voi muuttaa nykyisen energiajärjestelmän roolia kohti vara- ja säätövoimaa. Kiinteistökohtainen energiajärjestelmä voi tällöin koostua mm. aurinkokennoista, polttokennoista, lämpöpumpuista, tuulivoimasta ja pienimuotoisesta biovoimasta.

Aurinkoenergia. Auringosta maahan tuleva säteilyteho on monituhattokertainen verrattuna koko ihmiskunnan energiatarpeeseen. Toistaiseksi aurinkoenergian hyödyntäminen on melko kallista, mutta ennakoitua nopeampi kehitys puolijohdetekniikassa voi johtaa aurinkoenergian todelliseen läpimurtoon ja siten mullistaa energiantuotannon.

Huoneen lämmössä toimiva suprajohtavuus on läpimurtona epätodennäköinen, mutta toteutessaan se mullistaisi mm. sähkön tuotannon, siirron ja varastoinnin. Sähköä voitaisiin tällöin siirtää häviöttömästi ja suprajohtavia johtimia voitaisiin käyttää myös moottoreissa ja generaattoreissa. Lisäksi suprajohhteita voitaisiin käyttää fuusioreaktoreissa käytettävissä sähkömagneeteissa.

Fuusiolla tuotettavan sähkön kaupallistuminen mullistaisi energiantuotannon. Fuusioituvana aineena käytetään maailmankaikkeuden yleisintä alkuainetta, vetyä, ja reaktiotuote helium on saasteeton. Kaupallinen fuusiosähkön tuotanto toteutunee aikaisintaan nykyisen vuosisadan loppupuolella.

Äärimmäiset muutokset sää- ja muissa olosuhteissa saattavat vaikuttaa olennaisesti vision toteuttamismahdollisuuksiin. Muutokset voivat olla ilmastoa lämmittäviä tai Suomen ilmastoa kylmentäviä, kuten mahdolliset muutokset merivirroissa. Muutokset vaikuttaisivat elinoloihin Suomessa, muuttaisivat lämmitystarvetta ja aiheuttaisivat muuttoliikettä.

Valtava globaali energiantarve

Maailman väkiluvun ennakoidaan kasvavan noin puolella, nykyisestä 6,7 miljardista noin 9–10 miljardiin vuoteen 2050 mennessä. Samaan aikaan energiantarve kasvaa huomasti. Nykyisin noin kaksi miljardia ihmistä ei ole kaupallisten energianlähteiden piirissä ja miljardilla ihmisellä ne ovat vain ajoittain ja epäluotettavasti käytössään.

Jos maailman kaikkien ihmisten energian käyttö nousisi samalle tasolle kuin EU:ssa on keskimäärin, eli noin 160 gigajouleen henkeä kohden, energiaa tarvittaisiin maailmassa yli kaksi kertaa enemmän kuin nykyisin. Tällöin on oletettu, että energian käyttö EU:ssa ja sitä enemmän käytävissä maissa ei kasvaisi. Välttämättömyys ohjaa uusien energianlähteiden maailmanlaajuiseen käyttöön.

Energiateollisuuden visiossa oletetaan fossiilisista polttoaineista öljyn ja maakaasun käytön vähenvän vuoteen 2050 mennessä 50 prosentilla; öljyn käyttö vähenee maakaasua selvemmin. Öljyn ja maakaasun hallinta keskittyy yhä harvemmille maille esimerkiksi Kiinan viedessä resursseja pois muiden käytöstä. Raaka-aineina öljy ja maakaasu ovat arvokkaita ja niiden käyttökohteet tarpeellisuuden mukaan tarkkaan valittuja. Tieliikenteen polttoaineina öljyä ja maakaasua ei enää käytetä, mutta lentoliikenteessä ja laivaliikenteessä ne ovat laajalti käytössä. Kivihiltä käytetään maailmanlaajuisesti vielä paljon.

Työtä energiaköyhyyden vähentämiseksi

Visiossa kansainvälinen ja alueellinen yhteistyö on vahvaa ja hallitukset jakavat aktiivisesti kokemukseen ja asiantuntemustaan saavuttaakseen ihmisoikeudet kaikille ja vähentääkönsä köyhyyttä. Kasvihuonekaasupäästöjen ja energiaköyhyyden vähentämiseksi käydään kansainvälisiä neuvotteluita ja solmitaan vahvoja kansainvälisiä sopimuksia ja ohjelmia. Hallitukset ympäri maailmaa ovat vahvasti sitoutuneita ratkomaan energiahuoltoon ja ympäristökysymyksiin liittyviä ongelmia.

Kehitysmaiden energiankäyttöä nostavat energiaköyhyyden vähentäminen sekä tehokkaan ja toimivan teknologian kaupallistuminen. Alueellinen ja kahdenvälinen yhteistyö edistää köyhien aseman parantamista. Energiaköyhyyden väheneminen lisää energian kysyntää ja asettaa globaaleja paineita energiavaroille ja infrastruktuureille.

Vuonna 2050 ilmasto on muuttunut, sillä nyt tehtävät toimet ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi vaikuttavat vasta vuoden 2050 jälkeen. Maailman keskilämpötilan oletetaan olevan kaksi astetta nykyistä korkeampi. Ilmastonmuutoksen hillitseminen etenee johtavien talousmahtien eli Kiinan, Intian, Euroopan ja Yhdysvaltojen johdolla.

Kansantalous jatkaa maltillista kasvuaan

Kansantalouden kasvun oletetaan visiossa asettuvan keskimäärin kahteen prosenttiin. Kasvu perustuu nopeaan teknologiseen kehitykseen, joka ylläpitää tuottavuuden kasvua.

Tällöin koko kansantalouden tasolla sekä investoinnit että yksityinen kulutus kasvavat varsin nopeasti. Julkisen kulutuksen kasvu heijastelee visiossa väestökehitystä ja julkisten palvelujen kysynnän nopeaa kasvua. Ulkomaankaupan kehityksessä näkyy teknologian kehitys ja siirtyminen tuontienegias-ta kotimaiseen, mikä pitkällä aikavälillä parantaa talouden ulkoista tasapainoa.

Visiossa oletetaan teollisuuden kasvun voivan jatkua nopeana myös tulevaisuudessa. Tämä perustuu osaltaan oletukseen siitä, että ilmastopolitiikkaa hoidetaan globaalisti, jolloin päästöjen vähentämisen kustannusvaikutukset eivät heikennä suomalaisen teollisuuden kilpailukykyä, ja jolloin ilmastonmuutoksesta ei aiheudu maailmantaloudelle sellaista uhkaa, jollaiseksi se hillitsemättömänä pahimmillaan voisi muodostua. Kysynnän metsäteollisuuden ja metalliteollisuuden tuotteille oletetaan siis elpävän pidemmällä aikavälillä.

Teknologian rooli visiossa on keskeinen. Vähäpäästöiseen yhteiskuntaan siirtyminen edellyttää uusien tuotantotapojen kehittämistä ja hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen tähtäävien teknologioiden käyttöönottoa. Uusi teknologia parantaa tehokkuutta pitkällä aikavälillä ja auttaa osaltaan ylläpitämään talouskasvua. Päästöjen rajoittaminen ei muodostu rajoitteeksi kotimaiselle tuotannolle, jos käyttöön saadaan tulevaisuudessa kustannustehokkaita ratkaisuja. Tällöin teollisuuden kansantuoteosuus voi säilyä korkeana myös tulevaisuudessa.

Vision kansantaloudellista taustaa kuvataan tarkemmin liitteessä 3.

Ilmastohaaste pienentää bruttokansantuotetta

Kasvihuonekaasupäästöt pysyvät hallinnassa yhteisesti sovittujen ja noudatettujen tavoitteiden myötä. Bruttokansantuote voi kasvaa maailmanlaajuisesti energiakriiseiltä vältyttäessä ja kehitysmaiden talouden piristytessä. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen kustannukset vaikuttavat negatiivisesti bruttokansantuotteeseen ja sen kasvu on alhaisempaa kuin ilman näitä kustannuksia. Toisaalta ilman ajoissa tehtyjä toimenpiteitä ilmastovaikutuksen kustannukset nousevat vielä selvästi suuremmiksi.

Maailmantaloudessa Kiina, Intia, Eurooppa ja Yhdysvallat ovat vision oletusten mukaan kaikki vahvoja ja näiden kilpailukyky on huomattavan suuri. Afrikkaan ja Etelä-Amerikkaan syntyy uusia kasvukeskittymiä, mutta kasvu näissä maanosissa on hyvin epätasaista. Euroopassa teollisuuden suhteellinen osuus vähenee Kiinan ja Intian kasvattaessa teollista tuotantoaan. Euroopassa on kuitenkin edelleen myös raskasta teollisuutta vuonna 2050.

Energia tärkeä kaupankäynnin väline lähialueilla

Venäjä säilyy merkittävänä raaka-aineiden ja energian tuottajana ja on tärkeä kauppakumppani Euroopalle ja Aasialle. Raskaan teollisuuden, etenkin metalliteollisuuden ja sotateollisuuden tuotteet, ovat edelleen Venäjän tärkeimpiä vientituotteita.

Venäjä toimittaa yhä merkittävästi maakaasua Eurooppaan ja mahdollisesti myös metsäenergiaa. Venäjä on Maailman kauppajärjestön (WTO) jäsen, mikä on tehnyt kaupankäynnistä Venäjän kanssa vähemmän rajoitettua. EU:n jäsen Venäjä ei kuitenkaan ole, koska jäsenyys muuttaisi liiaksi päätöksentekomahdollisuuksia sekä EU:n nykyisten jäsenmaiden että Venäjän kannalta.

EU kehittää keskinäistä yhteistyötään ja säilyttää sen ansiosta asemansa maailmantalouden kilpailukykyisten alueiden joukossa. EU laajentuu, ja yhteisöön kuuluvat vuonna 2050 nykyisten 27 jäsenmaan lisäksi ainakin Islanti, Balkanin maat, Ukraina, Turkki ja Norja.

Talous kasvaa EU:ssa keskimäärin noin 2 prosenttia vuodessa vuoteen 2050 mennessä. EU on riippuvainen tuontienergiasta. Sisäinen yhteistyö johtaa Euroopan laajuisiin sähkömarkkinoihin. Sähkön ja lämmön yhteistuotanto kasvattaa Euroopassa runsaasti osuuttaan.

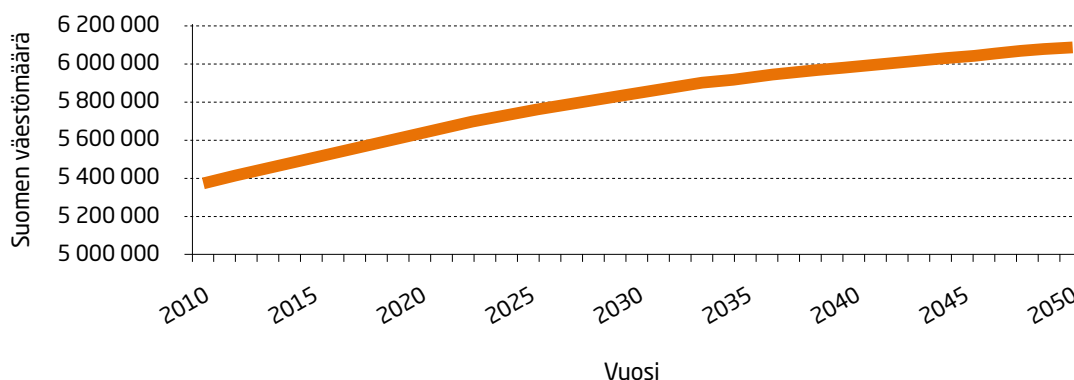
Euroopassa avoimet ja yhteiset sähkömarkkinat

Vuonna 2050 Suomi toimii osana vähintäänkin EU:n laajuisia yhteisiä, avoimia sähkömarkkinoita. Toimijoiden mahdollisuudet kansainvälistymiseen ovat parantuneet ja liiketoiminnan kansallinen luonne on vähentynyt. Siirtoyhteydet ovat kehittyneet mahdollistamaan aidon eurooppalaisen markkinan, jolla sähköä tuodaan ja viedään eri markkina-alueiden välillä kulloisenkin kysyntä- ja tarjontatilanteen mukaisesti.

Markkinamekanismit kannustavat toimijoita investoimaan kustannustehokkaaseen tuotantokapasiteettiin ja hyödyntämään tuotantokapasiteettia kustannustehokkaasti. Sähkömarkkinoilta tulevat hinasignaalit kannustavat asiakkaita kysyntäjouksoon, jonka hyödyntämismahdollisuudet ovat laajat.

Kustannustehokkaat ratkaisut tukevat hyvinvointia ja kilpailukykyä

Kansantalous kasvaa Suomessa keskimäärin 2 prosenttia vuodessa vuoteen 2050 mennessä eli samassa tahdissa EU:n talouskasvun kanssa. Suomen väkiluku on kasvanut nykyisestä noin 5,3 miljoonasta yli 6 miljoonaan, johtuen osittain myös siirtolaisten määrän kasvusta. Visiossa ilmasto- ja energiapolitiittiset tavoitteet toteutetaan mahdollisimman kustannustehokkaasti. Tavoitteena on pitää energian hinnannousu mahdollisimman maltillisena ja tukea näin kansalaisten ostovoiman ja hyvinvoinnin kehitystä ja elinkeinoelämän kilpailukykyä. Energian hinta nousee selvästi, mutta energian kokonaishinta nousee kuitenkin keskimäärin hitaammin kuin kansalaisten ostovoima. Energia on edelleen Suomen keskeisiä kilpailutekijöitä.

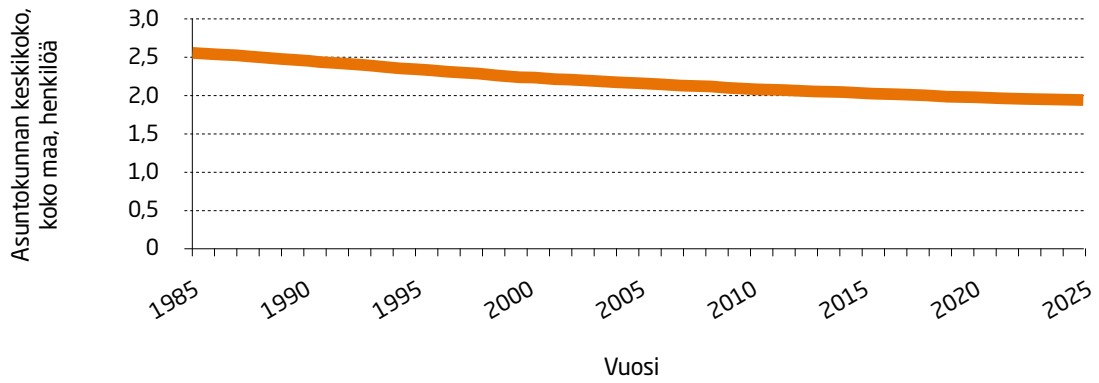


Kuva 5. Väestöennuste 2010–2050. Lähde: Tilastokeskus.

Palvelusektori kasvaa voimakkaasti, mikä kasvattaa sen osuutta kokonaistuotannosta. Teollisuuden kehitykseen vaikuttaa erityisesti metsäteollisuuden rakennemuutos, jossa uudet tuotteet valtaavat alaa perinteisiltä massa- ja paperiteollisuuden tuotteilta.

Asuntokuntien keskikoko pienenee, joten asuntokuntien määrä kasvaa selvästi nykyisestä, vuonna 2050 Suomessa on 3–3,2 miljoonaa kotitaloutta. Suomalaisten liikkumistarve kasvaa myös; tieliikenteen määrä on 40 prosenttia nykyistä suurempi vuonna 2050.

Suomalainen yhteiskunta kantaa vastuunsa ilmastonmuutoksen hillitsemisessä tekemällä hiilineutraaliudesta menestystekijän. Pitkäjänteinen poliittinen yhteisymmärrys ilmastokysymyksen tärkeydestä tekee investoinnit ilmastoliiketoimintaan kannattaviksi.



Kuva 6. Asuinkunnan keskikoko vuosina 1985–2025. Lähde: VTT,⁴

4 Lehtinen, E., Nippala, E., Jaakkonen, L. & Nuuttila, H. 2005. Asuinrakennukset vuoteen 2025. VTT 2005.

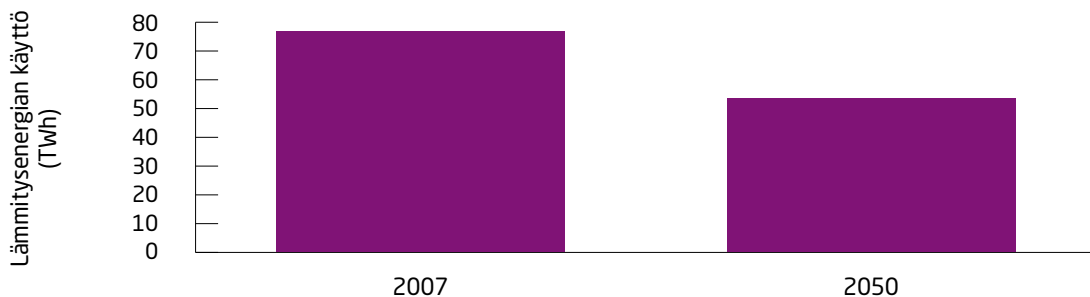
Sähkön ja kaukolämmön käyttö muuttuu

Rakennusten lämmitykseen käytettävään energiamäärään vaikuttavat rakennusten lämmitettävä pinta-ala, eristystaso, käytettävä lämmitysjärjestelmä, lämmitysjärjestelmän hyötysuhde, ulkoilman lämpötila sekä rakennuksessa käytettävistä sähkölaitteista saatava lämpö.

Asuinrakennusten rakennuskantaan vaikuttavat sekä asumisväljyyden muutokset että väestönkasvu. Asumisväljyyden ennakoitaan kasvavan nykyisestä 36,6 m²:stä 48 m²:iin henkilöä kohden vuonna 2050. Väestömäärän arvioidaan puolestaan olevan reilut 6 miljoonaa vuonna 2050. Näiden perusteella asuinrakennusten pinta-alan ennakoitaan olevan nykyistä 47prosenttia suurempi vuonna 2050. Muiden kuin asuinrakennusten osalta arvioidaan⁵ liike- ja toimistorakennusten rakennuskannan kasvavan vuoteen 2050 mennessä 28 prosenttia. Rakennuskannan odotetaan puolestaan pienentyvän julkisten palvelurakennusten osalta 2 prosenttia ja tuotantorakennusten kohdalla 11 prosenttia.

Rakennusten energiankäyttö tehostuu

Vuodelle 2050 arvioituun lämpöenergian tarpeeseen vaikuttavat tiukentuvat rakennusmääräykset sekä korjausrakentamisen mahdollisuudet lisätä rakennusten energiatehokkuutta. Rakennuskannan keskimääräisen ominaislämmöntarpeen ennakoitaan pienentyvän edellä mainituista syistä 32 prosenttia nykyisestä vuoteen 2050 mennessä. Ilmastonmuutoksen odotetaan edellä esitetyn muutoksen lisäksi pienentävän rakennusten lämmitystarvetta Suomessa 16 prosenttia vuoteen 2050 mennessä⁶. Rakennuskannan kasvusta huolimatta lämmitysenergian kokonaistarve pienentyy 30 prosenttia kuten kuvassa 7 esitetään.



Kuva 7. Energiateollisuuden vision mukainen lämmitysenergian käyttö vuonna 2050.

- 5 Teknologiapolut 2050 – Teknologian mahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöjen syvien rajoittamistavoitteiden saavuttamiseksi Suomessa. VTT tiedotteita 2432.
- 6 Vehviläinen, I., Hiltunen, J. & Vanhanen, J. Lämmön ja sähkön yhteistuotannon potentiaali sekä kaukolämmityksen ja -jäähdytyksen tulevaisuus Suomessa. Gaia 2007.

Öljylämmityksestä on luovuttu vuoteen 2050 mennessä. Kaukolämpö on taajama-alueilla energiatehokkain lämmitysratkaisu, ja se korvaa öljylämmitystä erityisesti palvelurakennuksissa, asuinkerrostoaloissa sekä osassa rivitaloja ja omakotitaloja. Haja-asutusalueiden omakotitaloissa lämpöpumput, sähkölämmitys sekä puupolttoaineet korvaavat öljylämmitystä. Matalaenergiataloissa sähkölämmitys on yleinen alhaisten investointikustannustensa vuoksi.

Sähkön ja kaukolämmön osuudet kasvussa

Merkittävä lämmönlähde rakennuksissa on sähkölaitteiden hukkalämmöstä saatava energia. Sähkön käyttö kasvaa sekä kotitalouksissa että erityisesti palvelusektorilla. Toisaalta sähkölaitteiden energiatehokkuus lisääntyy, mikä pienentänee laitteiden lämpöhäviöitä. Kotitalouden ja palvelusektorin laitesähköstä saatavan hukkalämmön absoluuttisen määrän ei oleteta kasvavan nykyisestä tasostaan. Hukkalämmön osuus käytetystä laitesähköstä pienentyy.

Kaukolämmön tarve ilman verkostohäviöitä on 25–33 TWh vuonna 2050. Kaukolämmön osuus rakennusten lämmitykseen käytettävästä hyötyenergiasta kasvaa nykyisestä 44 prosentista 56 prosenttiin. Rakennusten lämmitykseen käytettävän sähkön (sisältäen lämpöpumppujen käyttämä sähkö) tarve on puolestaan 9–11 TWh vuonna 2050. Sähkön osuus lämmitykseen käytettävästä energiasta kasvaa nykyisestä 18 prosentista 20 prosenttiin.

Energiatehokasta kaukojäähdytystä

Nykyisen rakennuskannan jäähdytykseen arvioidaan^{7,8,9} tarvittavan sähköenergiaa 1,4 TWh vuonna 2050. Rakennuskanta kasvaa erityisesti palvelurakennuksilla, joissa käytetään yleisesti myös jäähdytystä. Jäähdytykseen tarvittavan vuotuisen sähköenergian arvioidaan olevan vuonna 2050 noin 2 TWh.

Jäähdytys hoituu energiatehokkaimmin kaukojäähdytyksellä. Kaukojäähdytyksen yleistymistä rajoittaa sen jakelumahdollisuudet ainoastaan kohtalaisen tiheillä asutusalueilla. Kaukojäähdytyksen kysynnän ennakoidaan olevan n. 1,4 TWh vuonna 2050.

Lisääntyvät sähkölaitteet kasvattavat sähkön käyttöä

Kotitalouksien sähkön käyttöön vaikuttaa kotitalouksien määrä sekä kotitalouksien käyttämien sähkölaitteiden määrä ja energiatehokkuus. Suomessa käytettiin vuonna 2006 kotitaloussähköä 11,2 TWh. Kokonaisuudessaan kotitalouksien laitesähkön käytössä arvioidaan olevan jo vuoteen 2020 mennessä 23 prosentin energiansäästöpotentiaali.

Kotitalouksien kasvava sähkölaitteiden määrä kasvattaa sähkön käyttöä, vaikka laitteiden energiatehokkuus kasvaa. Koteihin tulevat uudet laitteet vähentävät säästöpotentiaalia ja johtavat siihen, että sähkön ominaiskulutus kotitalouksissa pysyy ennallaan.

Kotitaloussähkön kokonaiskulutuksen ennakoidaan kasvavan kotitalouksien määrän mukaisesti. Kotitalouksien laitesähkön vuotuisen kulutuksen ennakoidaan vuonna 2050 olevan 13–14 TWh (nykyisin noin 11 TWh/a).

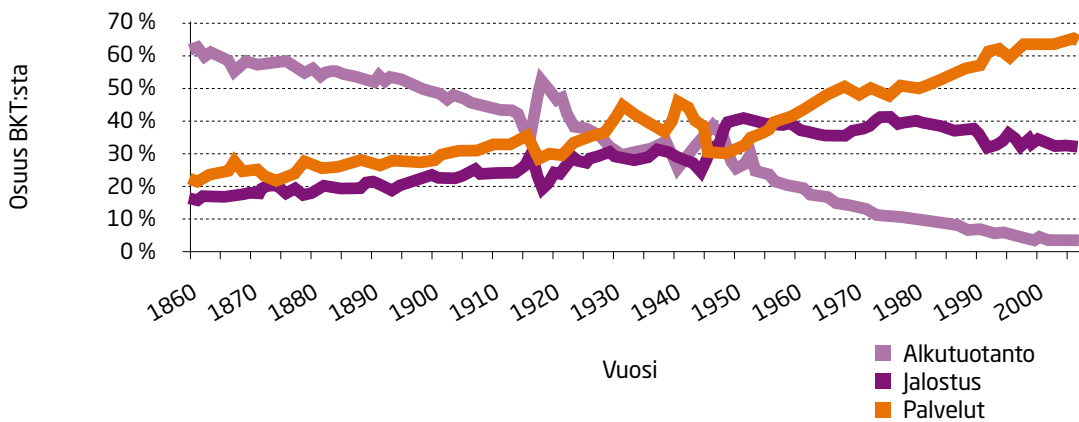
7 Vehviläinen, I., Hiltunen, J. & Vanhanen, J. Lämmön ja sähkön yhteistuotannon potentiaali sekä kaukolämmityksen ja -jäähdytyksen tulevaisuus Suomessa. Gaia 2007.

8 Report of Ecoheatcool project. 2006.

9 Asiantuntija-arvio, prof. Antero Aittomäki.

Palvelusektorilla iso tehostamispotentiaali

Palvelusektorin osuuden bruttokansantuotteesta ennakoidaan kasvavan ja sektorin kasvuvauhti voi jatkossakin olla BKT:n kasvua nopeampaa. Alan vuotuisen kasvun ennakoidaan jatkuvan 3 prosentilla vuodessa.



Kuva 8. Alkutuotannon (maa- ja metsätalous, kalastus ja metsästy), jalostuksen (teollisuus ja rakennustoiminta) ja palvelujen suhteellinen osuus tuotannontekijähintaisesta bruttokansantuotteesta Suomessa vuosina 1860–2006. Lähde: Tilastokeskus 2006.

Energiatehokkuuden tehostamispotentiaali pienentää energian, myös sähkön tarvetta. Sähkön osuus teollisuuden energiankäytöstä kuitenkin lisääntyy.

Palvelusektorin sähkön käytössä on arvioitu olevan kokonaisuudessaan 18 prosentin tehostamispotentiaali nykyiseen sähkön käyttöön verrattuna¹⁰.

Palvelusektorin sähkön käytön ennakoidaan kasvavan 2,1–3,0 prosenttia vuodessa. Loppukäytön tehostumisen avulla sähkön kokonaiskäytön arvioidaan vähenevän 18 prosentilla. Palvelusektorin vuotuisen sähkön kulutuksen ennakoidaan olevan 30–40 TWh vuonna 2050. Ennusteeseen tuo epävarmuutta tarkkojen tietojen puuttuminen palvelusektorin kasvun kohdentumisesta.

Teollisuuden sähköntarve kasvaa maltillisesti

Teollisuus käyttää noin puolet sähköstä Suomessa. Teollisuuden sähkön käyttöön vaikuttavat muutokset tuotteissa ja niiden tuotantomäärissä sekä muutokset tuotantoprosessien sähkön käytön energiatehokkuudessa.

Meneillään oleva taantuma, siitä toipuminen sekä mahdolliset teollisuuden rakenteen muutokset voivat oleellisesti vaikuttaa sähkön kysyntään Suomessa. Osa nykyisestä teollisuudesta voi merkittävästi vähentyä ja toisaalta tilalle voi tulla kokonaan uusia merkittäviä teollisuudenaloja. Yhteiskunnan toimenpiteet ja energiaan liittyvät ratkaisut vaikuttavat teollisuuden toimintaedellytyksiin Suomessa markkinoiden ja teollisuuden omien ratkaisujen ohella. Teollisuuden sähkön kysynnän osalta onkin järkevää käyttää suhteellisen laajaa vaihteluväliä tulevaisuutta arvioitaessa.

¹⁰ Honkapuro, S., Jauhiainen, N., Partanen, J., Valkealahti, S. "Sähkön ja kaukolämmön rooli energiatehokkuudessa ja energian säästöissä". LUT Energian Tutkimusraportti 4, Lappeenranta 2009.

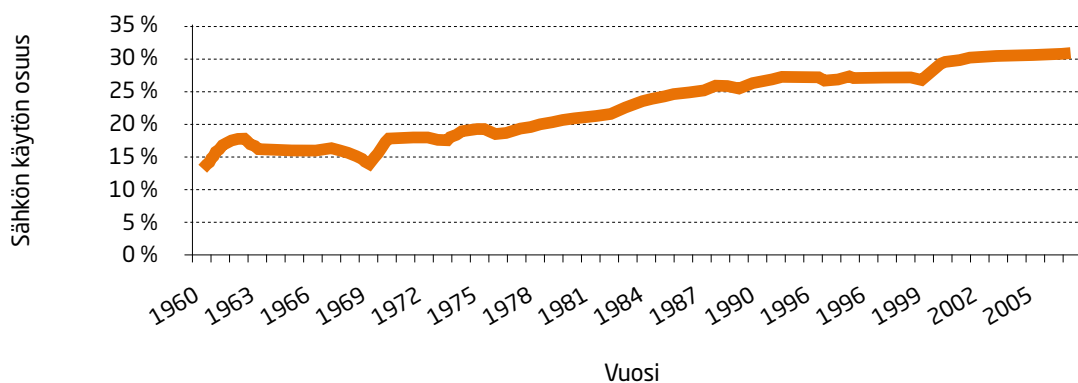
Energiäteollisuuden visio käyttää Energiäteollisuuden ja Elinkeinoelämän keskusliiton lokakuussa 2009 päivitettyä arviota¹¹. Sähkön kysynnästä vuoteen 2030. Vuodesta 2030 eteenpäin kehitystä arvioidaan käyttäen perusteena energian käytön tehokkuuden lisääntymistä ja teollisuuden alojen kasvuodotuksia.

Tehostamispotentiali pienentää sähkön tarvetta

Teollisuuden sähkön käytössä arvioidaan olevan 21 prosentin taloudellisesti kannattava tehostamispotentiali¹² vuoteen 2050 mennessä. Teollisuuden energian käytön tehostamispotentiali muodostuu prosessien optimoinnista, erityisesti uusien prosessitekniikoiden käyttöönotosta, sekä pumppaus-, puhaltimien ja paineilmalaitteiden energiatehokkuuden kasvattamisesta. Uusien prosessien vaikutukset painottuvat uuteen investointivaiheeseen vuoden 2030 jälkeen. Metsäteollisuuden sähkön käytön arvioidaan pysyvän suunnilleen vuoden 2030 tasolla vuoteen 2050 asti.

Sähkön osuus teollisuuden energiankäytöstä jatkaa kasvuaan

Sähkön osuus teollisuuden energiankäytöstä on kasvanut verrattain tasaisesti jo pitkän ajan (kuva). Tämän kehityksen oletetaan edelleen jatkuvan ja sähkön oletetaan olevan 40 prosenttia teollisuuden energian loppukäytöstä vuonna 2050.



Kuva 9. Sähkön osuus teollisuuden energiankäytöstä. Lähde: Honkapuro, Jauhiainen, Partanen ja Valkealahti.

Erilaisia näkemyksiä metsäteollisuuden tulevaisuudesta

Metsäteollisuuden osuus sähköenergian käytöstä Suomessa on lähes kolmannes. Metsäteollisuudessa on meneillään merkittävä rakennemuutos, joka aiheutuu tuotteiden kysyntämuutoksista, kilpailun lisääntymisestä erityisesti kehittyvillä markkinoilla sekä kustannustason noususta kotimaisessa tuotannossa.

Metsäteollisuuden tulevaisuudesta vallitsee erilaisia näkemyksiä. Metsäteollisuus arvioi tuotteidensa jalostusarvon kaksinkertaistuvan vuoteen 2030 mennessä, jolloin uusien tuotteiden osuus jalostusarvosta olisi jo puolet. Metsäteollisuus kehittää uusia tuotteita monissa hankkeissa ja on perustanut

11 Arvio Suomen sähkön kysynnästä vuonna 2030, Elinkeinoelämän keskusliitto EK ja Energiäteollisuus ry, lokakuu 2009.

12 Honkapuro, S., Jauhiainen, N., Partanen, J., Valkealahti, S. "Sähkön ja kaukolämmön rooli energiatehokkuudessa ja energian säästöissä". LUT Energian Tutkimusraportti 4, Lappeenranta 2009.

Metsäklusteri Oy:n vetämään sekä uusien tuotteiden kehitystyötä että kehittämään nykyisiä tuotantomenetelmiä. Uudet tuotteet ovat esimerkiksi biopolttoaineita, materiaaleja, kemikaaleja sekä toiminnallisia puu- ja kuitutuotteita.

Metsäteollisuus arvioi sähkön tarpeensa pysyvän lähivuosina tasaisena ja kasvavan vuoteen 2020 mennessä ennen taantumaa olleelle tasolle (27–28 TWh). Vuoteen 2030 mennessä sähkön tarve olisi jo yli 32 TWh.

Arvion alalaitana voidaan pitää skenaariota, jossa metsäteollisuus supistuu nykytuotteiden kysynnän mukaisesti ja uusien tuotteiden merkitys on teollisuuden omaa visiota vähäisempi. Yhden esitetyn arvion¹³ mukaan paperin ja kartongin tuotanto vähenisi 28 prosenttia ja massan valmistus 36 prosenttia vuoden 2008 tilanteesta. Metsäteollisuuden nykytuotteiden tuotantomäärä olisi jopa 30 prosenttia nykyistä pienempi vuonna 2020.

Odotuksia biopolttoaineiden tulevaisuudelle

Biopolttoaineiden kaupallisen tuotannon arvioidaan käynnistyvän. Sen oletetaan merkitsevän noin 2–3 TWh sähköntarvetta vuoteen 2030 mennessä. Teollisuudessa oletetaan syntyvän biopolttoaineiden ohella myös muita uusia tuotteita.

Energiäteollisuuden visiossa oletetaan metsäteollisuudelle ja muullekin teollisuudelle laajahko sähkön tarpeen vaihteluväli. Yhteiskunnan toimenpiteet ja energiaan liittyvät ratkaisut vaikuttavat teollisuuden toimintaedellytyksiin Suomessa markkinoiden ja metsäteollisuuden omien ratkaisujen ohella.

Metalli- ja kemianteollisuus maltillisessa kasvussa

Muiden teollisuudenalojen sähkön käytön ennakoidaan olevan vuonna 2030 noin 25 TWh. Näistä metallinjalostus on noin 10 TWh ja kemianteollisuus noin 8 TWh. Kummankin teollisuudenalan näkymät vuoteen 2050 ovat lievästi kasvavat. Metallituotteiden ja kemikaalien kysynnän oletetaan painottuvan kehittyviin maihin. Myös valmistustoiminnan painopiste siirtyy kehittyviin talouksiin.

Yhteiskunnan toimenpiteet ja energiaan liittyvät ratkaisut vaikuttavat teollisuuden toimintaedellytyksiin Suomessa.

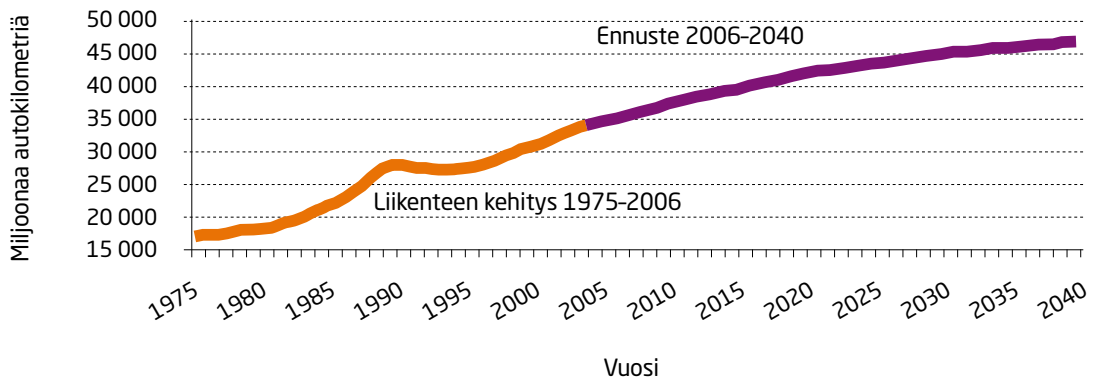
Tuotannon määrän odotetaan kasvavan hieman energiatehokkuuden lisääntymistä nopeammin. Teollisuuden sähkön tarpeeksi arvioidaan vuonna 2050 noin 48–58 TWh.

Massa- ja paperiteollisuuden tuotannon ja prosessien muutoksilla on huomattava merkitys teollisuushöyryn tuotantomääriin ja sitä kautta vastapainesähkön tuotantomahdollisuuksiin. Visiossa on arvioitu teollisuushöyryn vuotuisen tarpeen vähenevän tuotantomuutosten sekä prosessien optimoinnin seurauksena ja olevan vuonna 2050 noin 50–57 TWh.

Liikenne lisääntyy ja sähköistyy

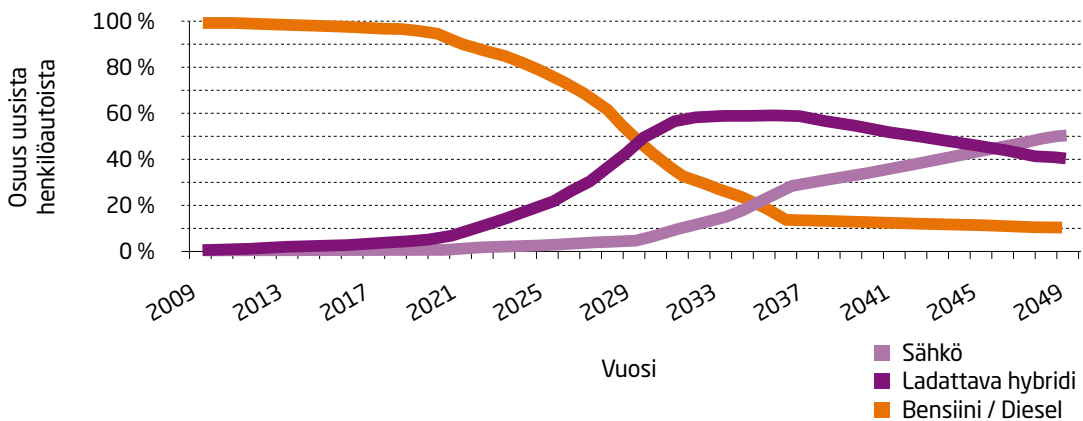
Sähkön käyttöön liikenteessä vaikuttavat erityisesti sähköverkosta ladattavien sähköautojen yleistyminen sekä liikennemäärien kasvu. Sähköverkosta ladattavia sähköautoja ovat akkusähköautot, joissa on ainoastaan sähkömoottori, ja ladattavat hybridit, joissa on myös akkujen lataamiseen käytettävä polttomoottori.

13 Hetemäki, L. & Hänninen, R. 2009. Arvio Suomen puunjalostuksen tuotannosta ja puunkäytöstä vuosina 2015 ja 2020. Metlan työraportteja 122.



Kuva 10. Tieliikenteen kasvuennuste. Lähde: Tiehallinto.¹⁴

Tieliikenteen ennakoitaan kasvavan 34 prosenttia vuosina 2006–2040. Kasvuvauhdin jatkuessa samansuuruisena vuoden 2040 jälkeen tieliikenne lisääntyy 40 prosenttia vuodesta 2006 vuoteen 2050 mennessä. Henkilöautoliikenteen lisääntyessä 40 prosenttia nykyisestä ja sen perustuessa sähköautoihin (keskikulutus 15 kWh/100 km) sähköä kuluu vuosittain noin 9 TWh, olettaen että kaikki henkilöautot ovat sähköautoja.



Kuva 11. Erityyppisten henkilöautojen osuudet uusista henkilöautoista vuosina 2009–2050 ladattavia hybridejä ja sähköakkuautoja koskevassa visiossa. Lähde: Honkapuro, Jauhiainen, Partanen ja Valkealahti.

Mikäli sähköautojen ja ladattavien hybridien osuudet vuosittain myytävistä uusista autoista puolestaan kehittyvät kuvan 2 mukaisesti, henkilöautoliikenteen vuotuisen sähköenergian kulutuksen arvioidaan olevan vuonna 2050 noin 6,5 TWh. Laskelmassa on huomioitu autojen myyntimäärien muutokset, autokannan uusiutumisnopeus sekä liikennemäärien muutokset. Lisäksi on oletettu, että ladattavalla hybridillä ajetaan 70 prosenttia matkasuoritteesta sähköllä ja 30 prosenttia muulla polttoaineella (esim. biodiesel tai bioetanoli).

14 Tiehallinto. Tieliikenne-ennuste 2007–2040.

Rautatieliikenteen vuotuisen liikennemäärän kasvun ennakoidaan olevan noin 1 prosentti¹⁵, mikä merkitsee liikennemäärän kasvamista puolitoistakertaiseksi vuoteen 2050 mennessä. Rataverkon sähköistysasteen odotetaan edelleen kasvavan. Raideliikenteen käyttämä vuotuinen sähköenergia vuonna 2050 on 1 TWh.

Polttokennotekniikan mahdollinen käyttöönotto raskaassa liikenteessä vaikuttaa sähkön tarpeeseen. Tieliikenteen raskaan kaluston siirtyessä polttokennojen ja vedyn käyttöön tarvitaan suurehko määrät vetyä. Vedyn valmistusprosessi on sähköintensiivinen. Vedyn valmistusta liikennekäyttöön ei ole sisällytetty vision sähkön tarvearvioon. Toteutuessaan se nostaa sähkön tarvetta.

Yhteenveto sähkön käytöstä Suomessa vuonna 2050

Taulukko 1. Arvio sähkön käytöstä Suomessa vuosina 2030 ja 2050 (vertailu vuoteen 2007).

Sektori	Sähkön käyttö vuonna 2007 (TWh/a)	Sähkön käyttö vuonna 2030 (TWh/a)	Sähkön käyttö vuonna 2050 (TWh/a)
Asuminen	23	24–26	24–27
kotitaloussähkö	11	13	13–14
rakennusten lämmitys	12	11	9–11
rakennusten jäähdytys	0,2	1	2
Teollisuus	48	49–56	48–58
Palvelut ja julkinen	15,5	22	30–40
Liikenne	0,5	3	8–10
Häviöt	3	3	4
Yhteensä	90	100–111	113–138

Kaukolämmön vuotuisen kulutuksen oletetaan vuonna 2050 olevan 25–33 TWh ilman verkostohäviöitä. Kaukolämmön verkostohäviöt ovat tällä hetkellä noin 9 prosenttia kulutetusta energiasta, mutta niiden odotetaan pienentyvän tulevaisuudessa. Kaukolämmön vuotuiseksi tuotannon tarpeeksi ennakoidaan 26–34 TWh.

Sähkön ja kaukolämmön loppukäytön kehitystä ja siihen vaikuttavia tekijöitä esitellään liitteessä 1 olevalla tausta-aineistolla.

15 Ratahallintokeskus. Rautatieliikenne 2030 – radanpidon pitkän aikavälin suunnitelma. Helsinki 2006.

Energiantuotanto vuonna 2050

Fossiilisten tuontipolttoaineiden hintojen oletetaan nousevan taantumän jälkeen. Öljyn reaalihinnan arvioidaan nousevan 2020-luvulla pysyvästi tasolle 100–150 dollaria/barreli ja hintojen jatkavan nousuaan jakson loppua kohden. Maakaasun hinta kehittyy samaan tapaan kuin öljyn. Suomessa maakaasun hinnan oletetaan olevan lähellä yleiseurooppalaista hintatasoa.

Kehittyvien maiden suuri kysyntä nostaa kivihillen hintaa nopeasti taantumän jälkeen ja reaalihintaa voi nousta tasolle 130–140 dollaria/tonni jo vuoden 2020 tienoilla. Tämän jälkeen kivihillen hinnan odotetaan pysyvän melko vakaana tarkastelujakson lopulle saakka.

Sähkön osuus loppuenergiasta kasvaa.

Visio hyödyntää uusiutuvien energialähteiden potentiaalin.

Turpeen kilpailukyky paranee suhteessa tuontipolttoaineisiin, vaikka turpeen päästökertoimena käytettäisiinkin nykyistä, yksinomaan polttoon perustuvaa päästökerrointa.

Metsäenergian kilpailukyky kohoaa merkittävästi fossiilisten polttoaineiden hintatason ja päästökustannusten noustessa. Metsäenergian tarjonta pysyy rajallisena ja metsäenergian kustannuksen arvioidaan seuraavan muiden polttoaineiden energiantuotantokustannuksia eli kohoavan merkittävästi. Tämä luo edellytyksiä metsäenergiamarkkinoiden kehittymiselle ja metsäenergian laajamittaiselle hyödyntämiselle. Metsäenergian ja turpeen rinnakkainen hyödyntäminen on edelleen kilpailukykyinen ratkaisu Suomessa.

Jätteen energiakäyttö on kannattava vaihtoehto kun jätettä ei hyödynnetä tuotteena tai materiaalina. Materiaalihyötykäytön oletetaan lisääntyvän. Jätteen merkitys energiantuotannon kokonaisuudessa jää vähäiseksi ja liittyy lähinnä lämmön tuotantoon.

Monipolttoainelaitoksista hiilinieluja

Polttoaineiden hintojen ja hiilidioksidipäästökustannusten muutokset vaikuttavat toisiinsa aiempaa selvemmin. Hiilidioksidipäästökustannus määräytyy maailman kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamistoimien eli päästöjen vähentämistavoitteen ja päästökustannusten maailmanlaajuisen kattavuuden perusteella.

Visio olettaa päästökustannuksen koskevan kaikkia teollisuusmaita. Sen uskotaan heijastuvan myös voimakkaasti kehittyvien maiden energiantuotantokustannuksiin. Päästökustannuksen kattona pidetään hiilidioksidin talteenotto- ja varastointitekniikan laajan soveltamisen kustannusta, mitä on vielä vaikea arvioida. Sen arvioidaan johtavan noin 60–90 euroa/tCO₂ hiilidioksidipäästöjen vähentämiskustannukseen.

Hiilidioksidin talteenotto- ja varastointitekniikan oletetaan kaupallistuvan ja olevan käytössä uusissa laitoksissa ja merkittävässä osassa myös jo rakennettua lämpövoimakapasiteettia vuonna 2050. Suomessa hiilidioksidin talteenotto yleistyy lähinnä rannikon kaupunkien ja teollisuuden lämmitysvoimalaitoksissa. Kasvihuonekaasupäästöjen suhteen osa näistä laitoksista toimii jopa hiilinieluinä, koska ne käyttävät merkittävästi myös uusiutuvia biopolttoaineita. Sisä-Suomessa voimalaitosten pieni koko sekä puuttuvat varastointipaikat ja hankalat kuljetusyhteydet estävät teknologian käyttöönottoa. Siellä metsäenergia sekä vähäisessä määrin myös kierrätys- ja peltoenergia valtaavat osuutta fossiilisilta polttoaineilta ja turpeelta.

Bio- ja monipolttoainelaitoksissa puu syrjäyttää turpeen pääpolttoaineena. Biopolttoainelaitosten yleistyessä fossiilisten tuontipolttoaineiden osuus poltosta vähenee ja puun käyttö lämmön ja sähkön tuotannossa kasvaa voimakkaasti. Turpeen merkitys säilyy suurena sekä polttoteknisistä syistä että kotimaisuutensa ja toimitusvarmuutensa ansiosta. Kivihiielen osuus putoaa, mutta sitä voidaan jonkin verran käyttää lähinnä rannikon hiilidioksidin talteenotolla varustetuissa monipolttoainelaitoksissa. Maakaasun osuus kaikesta polttoaineen käytöstä vähenee, mutta sen kokonaiskäyttö voi jopa vähän kasvaa. Maakaasua hyödynnetään etelärannikon teollisuudessa ja kaupungeissa.

Päästöttömien tuotantomuotojen kilpailukyky paranee

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto säilyttää kilpailukykyänsä. Sähkön hinta- ja tekninen kehitys tekevät sähkön ja lämmön yhteistuotannosta kannattavaa myös nykyistä pienemmässä mittakaavassa. Yhteistuotantolaitoksissa tuotetun sähkön määrä suhteessa tuotettavaan lämpömäärään kasvaa jonkin verran.

Sähkön erillistuotannossa investointi- ja polttoainekustannukset päästökustannuksineen tekevät fossiiliin polttoaineisiin perustuvan erillistuotannon kilpailukykyvystä heikon. Suomessa ei ole omia fossiilisen polttoaineen lähteitä eikä varastoja hiilidioksidiille. Fossiilipolttoaineisiin perustuvia varsinaisia lauhdevoimalaitoksia ei ole Suomessa käytössä.

Sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksia voidaan rakentaa niin, että niitä voidaan käyttää myös joustavaan sähköntuotantoon ilman lämpökuormaa (osin väliottolauhdelaitoksina, osin vastapainelaitoksina apujäähdyttimillä). Tätä sähköntuotantoa voidaan säätää kysynnän ja markkinahinnan mukaan.

Kaukolämmön erillistuotannossa kiinteiden biopolttoaineiden osuus voi olla 50–80 prosenttia. Huipukuormalaitoksissa käytetään uusiutuvista biopolttoaineista tuotettua öljyä.

Päästöttömien tuotantomuotojen, kuten ydinvoiman, tuulivoiman ja aurinkoenergian, kilpailukyky fossiilipolttoaineisiin perustuvaan tuotantoon nähden paranee.

Ydinsähkön tuotanto lisääntyy parantuvan kilpailukykyänsä ansiosta. Uusien ydinvoimalaitosten mittaava rakentaminen eri maissa 2020-luvulla nostaa ydinpolttoaineen hintatasoa. Hintataso ei kuitenkaan vaikuta ydinvoimalla tuotetun sähkön kilpailukykyyn, koska polttoainekustannuksen osuus on tuotannossa hyvin alhainen. Investointikustannusten oletetaan pysyvän nykyisellä tasolla. Ydinenergian tuotantokustannus jätehuolto mukaan lukien pysyisi noin 40–60 euroa/MWh tasolla.

Ydinvoimaa voidaan hyödyntää myös sähkön ja lämmön yhteistuotannossa, mikä vähentää ydinvoimasta saatavaa sähköenergiaa verrattuna sähkön erillistuotantoon. Ydinvoiman käyttö yhteistuotannossa vähentää myös muiden polttoaineiden käyttöä ja pienentää hiilidioksidin talteenottotekniikan roolia.

Uraanin riittävyys tai ydinpolttoaineen saatavuus eivät rajoita ydinvoimarakentamista lähivuosikymmeninä. Neljännen sukupolven ydintekniikan oletetaan kaupallistuvan 2040–2050-luvuilla. Uuden ydinvoimatekniikan avulla ydinvoimalat hyödyntävät ydinpolttoainetta aiempaa tarkemmin ja tuottavat vähemmän ja matalampiaktiivista ydinjätettä kuin nykyisin. Uuden tekniikan kaupallistuminen pitää ydinpolttoaineen hintakehityksen kurissa ja poistaa kysymykset uraanin riittävydestä. Uusi tekniikka tulee myös lisäämään ydinvoiman yhteiskunnallista hyväksyttävyyttä entisestään.

Vesivoimasta lisää säätövoimaa

Vesivoiman tuotantoedellytykset lisääntyvät. Energiajärjestelmää ja tulvasuojelua ajatellen on mielekästä täysimittaisesti hyödyntää jo rakennetut joet. Osa tästä potentiaalista voidaan toteuttaa vähäisin haitallisin ympäristövaikutuksin. Vesivoiman lisäämisellä saadaan noin 2–3 TWh lisää vuosittaista sähköntuotantoa. Vesivoiman lisäyksellä saadaan useita satoja megawatteja lisää säätövoimapotentialia. Säätövoimapotentialin merkitys on suurempi kuin vesivoiman lisärakentamisen vuosittainen sähköntuotanto.

Tuulivoimatekniikan kehittyessä tuulivoiman tuotantokustannukset alenevat jonkin verran, joskin materiaaleihin liittyvät investointikustannukset pysyvät korkeina. Tuulivoiman kaupallistuessa tukemeکانismeista luovutaan asteittain. Tuulisähkön markkinahinta sekä tuulivoiman tuotantokustannukset ohjaavat tuulivoiman käyttöönottoa. Ne vaihtelevat maantieteellisten ja tuulusuolosuhteiden mukaisesti ja ohjaavat tuulivoima sijoittumista markkinoilla parhaisiin olosuhteisiin. Suomessa on runsaasti tuulivoimalle suotuisia rakennuspaikkoja. Yhteisillä sähkömarkkinoilla on kuitenkin tuuliolosuhteiltaan Suomea edullisempiakin rakennuspaikkoja. Sähkön säätö- ja siirto-ominaisuudet rajoittavat tuulivoiman käyttöönottoa. Tuulivoima voi energiateollisuuden arvion mukaan muodostaa 10–20 % Suomen sähkön tuotannosta.

Siirtoyhteydet määrittävät sähkömarkkinoiden toimivuutta. Edullisen tuotantokapasiteetin maissa sähkö on muita EU-maita edullisempaa, koska siirtomahdollisuudet pysyvät kuitenkin rajallisina.

Aurinkosähkön tuotanto kaupallistuu. Laitokset sijoittuvat alueille, joissa on parhaat tuotanto-olosuhteet. Aurinkosähkön ei oleteta olevan verkkoon kytkettynä kannattava tuotantomuoto Suomessa.

Aaltovoimalla ei oleteta olevan kaupallista merkitystä Suomessa. Sitä sovelletaan erityisesti valtamerien rannikoilla.

Hajautettu, erityisesti rakennuksiin integroitava sähköntuotanto yleisty ja pienimittakaavaiset yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotantomuodot kaupallistuvat. Pienimuotoisessa energiantuotannossa hyödynnetään erityisesti tuulta, aurinkoa ja haja-asutusalueilla myös bioenergiaa. Ne muuttavat asiakkaiden energiantarvetta ja käyttöä, mutta niiden vaikutukset tuotannon kokonaisuuteen eivät ole vielä muodostuneet merkittäviksi. Aurinkopaneelien kehittyvää tekniikkaa hyödynnetään loma- tai kakkosasuntojen lisääntyvän sähkönkulutuksen kattamisessa.

Omavaraista ja kotimaista energiaa

Sähkön ja lämmön tarpeet kehittyvät eri tavoin: sähkön osuus loppuenergiasta kasvaa mutta lämpöenergian tarve vähenee. Sähkön ja lämmön yhteistuotantopotentialia vähenee kehityksen seurauksena. Erillisen sähkön tuotannon tarve kasvaa sekä absoluuttisesti että suhteellisesti.

Nykyisistä ja rakenteilla olevista voimalaitoksista on käytössä vuonna 2050 lähinnä jo rakennettu vesivoima ja rakenteilla oleva ydinvoimalaitosyksikkö. Niiden vuotuinen sähköntuotantokyky on 27–28 TWh, kun otetaan huomioon ilmastonmuutoksen tuoma lisäys vesivoimatuotantoon. Sähkön ja koko kaukolämmön tarve tuotetaan näitä lukuun ottamatta uusilla tuotantolaitoksilla vuonna 2050.

Energiateollisuuden visiossa energiantarpeen lähtökohtia ovat:

- Tuotannon tehokkuus on korkealla tasolla
- Sähkön ja kaukolämmön yhteistuotantopotentialia maksimoidaan, tätä tukee sähkön hintakehitys.
- Suomessa sijaitseva tuotanto on kilpailukykyistä. Suomi on omavarainen eurooppalaisilla sähkömarkkinoilla ja sähkö voi olla yksi Suomen vientituotteista. Sähkön vienti on kuitenkin rajallista. Markkinoilla sähköä tuodaan ja viedään kulloisenkin kysyntä- ja tarjontatilanteen mukaisesti.
- Kasvihuonekaasupäästöt ovat merkittäviä tuotantokustannuksia ja tekevät kasvihuonekaasupäästöttömistä tuotantomuodoista kilpailukykyisiä

- Uusiutuvien energialähteiden potentiaali hyödynnetään ottaen huomioon niiden kilpailukyky
- Kotimaassa tuotettuna, kasvihuonekaasupäästöttömänä, hinnaltaan kilpailukykyisenä ja toimitusvarmuudeltaan korkealuokkaisena energiamuotona ydinvoima koetaan yhteiskunnan kokonaisedun mukaiseksi.

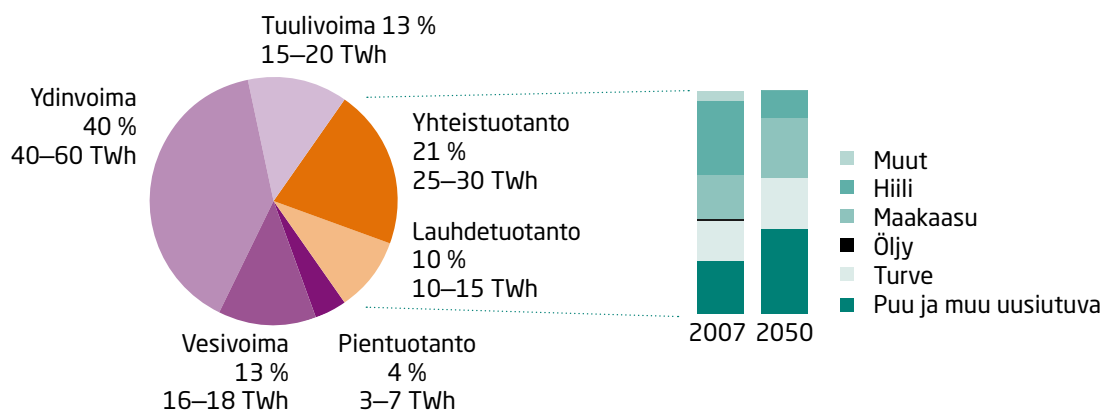
Teollisuuden lämpöenergian tarpeen sekä kaukolämmön kulutuksen ennakoitaan alenevan nykyisestä, mutta samalla yhteistuotannon osuus sekä rakennusasteet kasvavat, jolloin yhteistuotantosähkön potentiaali säilyy nykyisellä tasollaan n. 27 TWh.

Tuotannon ja siirron ollessa tehokkaita on kaukolämpöinfrastruktuurin ylläpito ja kehittäminen mahdollista ja kannattavaa. Yhteistuotannon osuus kaukolämmöstä nousee nykyisestä jo korkeasta 75 prosentista 85 prosenttiin kaukolämmön tuotannosta. Tekniikan kehittyminen nostaa tuotetun sähkön määrän suhteessa tuotettuun lämpöön yhteistuotannossa 56 prosentista 65 prosenttiin.

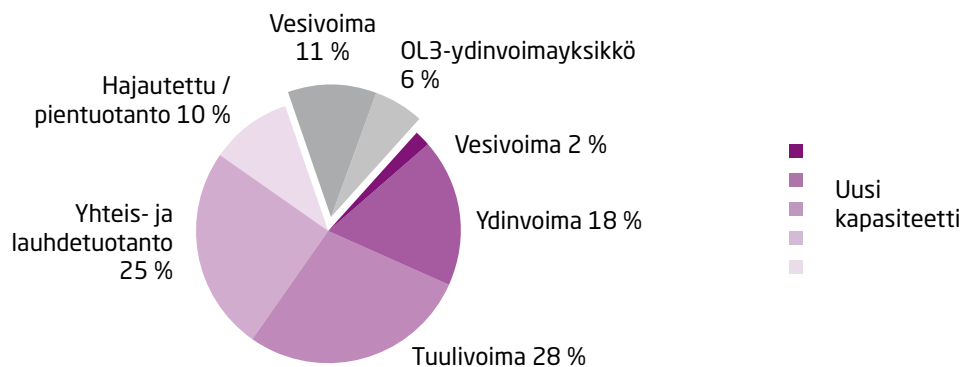
Sähkön ja kaukolämmön tuotantorakenne vuonna 2050

Energiateollisuuden visio Suomen vuotuiseksi sähköntuotannon rakenteeksi vuonna 2050 esitetään alla kuvassa 12. Sähkön vuotuinen tuotanto on noin 115–150 TWh.

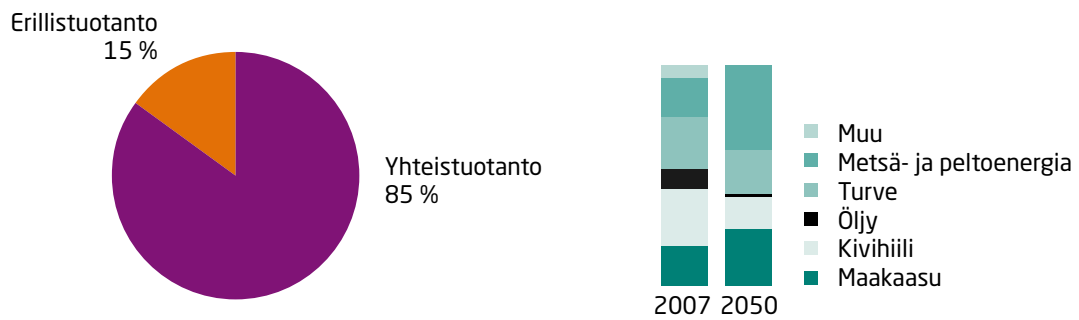
Vision mukainen sähkön tuotantokapasiteetti edellyttää 24 000–32 000 MW suuruista tuotantokapasiteettia. Nykytilaan verrattuna tarvitaan 19 000–27 000 MW uutta tuotantokapasiteettia.



Kuva 12. Sähköntuotannon rakenne vuonna 2050 ja sähköntuotannossa käytettyjen polttoaineiden osuudet vuonna 2007 ja vuonna 2050. Hiilidioksidin talteenotto kattaa reilun kolmanneksen polttoaineista vuonna 2050.



Kuva 13. Sähköntuotantokapasiteetti vuonna 2050 yhteensä 24 000–32 000 MW. Vuonna 2050 kapasiteetista vain 17 prosenttia on nykyisin olemassa olevia voimalaitoksia. Tarvitsemme uutta kapasiteettia 19 000–27 000 MW.



Kuva 14. Kaukolämmön tuotannon jakautuminen erilliseen lämmön tuotantoon sekä lämmön ja sähkön yhteistuotantoon vuonna 2050, ja kaukolämmön tuotannon energialähteet vuosina 2007 ja 2050.

Visiossa on käsitelty polttoaineen käyttöä ainoastaan sähkön ja kaukolämmön tuotannossa sekä teollisuuden lämmöntuotannossa yhteistuotannon osalta. Polttoaineen kokonaiskäyttö pysyy kaukolämmön ja teollisuuden osalta lähes ennallaan, mutta sähköntuotannon osalta laskee hieman.

Vision kannalta oleellista on siirtyminen vähäpäästöiseen tuotantoon. Laskelmat on tehty olettaen, että hiilidioksidin talteenotto ja varastointi on käytössä rannikon suurissa kaupungeissa ja teollisuuslaitoksissa. Nämä ovat monipolttoainelaitoksia, joissa poltetaan kustannusteokkaimmin saatavissa olevia polttoaineita. Kun hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia sovelletaan myös puuta energialähteenä käyttävillä tuotantolaitoksilla, niistä muodostuu hiilidioksidinieluja. Sisämaan yhteistuotantolaitoksissa puu on yleensä pääpolttoaineena ja turve toinen merkittävä polttoaine.

Metsäenergian ja muun uusiutuvan energian käyttö lisääntyy erityisesti sähkön ja kaukolämmön tuotannossa, jossa käyttö noin kaksinkertaistuu nykyisestä. Teollisuuden metsäenergian käytön odotetaan laskevan, mistä johtuu kokonaiskäytön vain maltillinen kasvu. Teollisuuden energiantuotanto riippuu erityisesti metsäteollisuuden tuoterakenteesta.

Metsäenergiaa tarvitaan lisäksi mm. polttoöljyn valmistukseen. Öljyn käyttö vähenee kaukolämmön ja sähkön polttoaineena ja jäljelle jäävän osuuden oletetaan olevan biopohjaista öljyä.

Turpeen käyttö lisääntyy jonkin verran kivihiilen menettäessä kilpailukykyään ja hiilidioksidin talteenoton mahdollistaessa turpeen kilpailukykyisen käytön myös sähköntuotannossa. Turpeen käyttö voi nousta noin 20 prosenttia nykytasosta.

Hiilen käyttö vähenee oleellisesti, selvästi alle puoleen. Hiiltä käytetään pääsääntöisesti hiilidioksidin talteenotolla varustetuissa CCS-laitoksissa.

Maakaasun käytön oletetaan pysyvän suunnilleen nykytasolla. Myös maakaasua hyödyntävissä suurimmissa laitoksissa sovelletaan hiilidioksidin talteenottoa.

Älykäs sähköverkko mahdollistaa kysynnän joustot ja pienimuotoisen tuotannon

Vuonna 2050 Suomi toimii osana vähintäänkin EU:n laajuisia yhteisiä sähkömarkkinoita. Suomen tuotantokapasiteetti on kilpailukykyinen ja Suomessa on kannattanut investoida riittävään sähköntuotantoon.

Oma tuotantokapasiteettimme on nykyistä huomoinen säädetävissä korkean ydinvoimaosuuden ja tuulivoiman lisääntymisen sekä erillisen lauhdetuotannon vähenemisen vuoksi. Ydinvoimalaitoksia voidaan kehittää sellaisiksi, että niiden tuotantoa voidaan säätää nykyistä enemmän. Säädön kannattavuus on kuitenkin heikko, jos tuotanto mahtuu markkinoille.

Älykäs sähköverkko lisää tehokkuutta tuomalla kysynnän jouston mukaan energiajärjestelmään.

Älykkään sähköverkon tarjoamat kysynnän joustomahdollisuudet tukevat pienimuotoista paikallista hajautettua tuotantoa, kuten tuulivoimaa. Toiminnot, kuten sähköautojen akkujen lataaminen tai lämminvesivaraajan lämpötilan nosto tapahtuvat kun sähköstä on ylitarjontaa tai alikysyntää eli sähkön ollessa edullisimmillaan. Asiakas saa taloudellista hyötyä toimiessaan järjestelmän tasapainon hyväksi. Älykkäiden sähköverkkojen myötä sähkön kysyntä joustaa nykyistä enemmän tuotannon mukaan.

Sähköjärjestelmän toiminnalle oleellista ovat toimivat sähkömarkkinat ja riittävät siirtoyhteydet EU-maiden välillä. Yhteisillä sähkömarkkinoilla sähkö liikkuu luontevasti hintamekanismin avulla eri markkina-alueiden tuotannon mahdollisuuksien ja kulutuksen tarpeiden mukaan. Siirtomahdollisuuksien pysyessä edelleen rajallisina edullisen sähköntuotantokapasiteetin kanssa sähkö on muita EU-maita edullisempaa.

Suomen syrjäinen sijainti sähkömarkkinoiden reunalla edellyttää riittävästi säätövoimaa. Sitä on lisättävä nykyisestä.

Energiateollisuuden vision vaikutukset

Hiilineutraali tuotanto on mahdollista

Visiossa esitetyillä sähkön ja kaukolämmön tuotantotekniikalla ja polttoaineilla sähkön tuotannon kasvihuonekaasupäästöt alenevat merkittävästi, nykyisestä 280 grammasta kilowattituntia kohden 30–45 grammaan kilowattituntia kohden. Kaukolämmön ominaispäästö olisi noin 25 g/kWh, kun se nykyisin on 220 g/kWh.

Sähkön ja kaukolämmön tuotannon kokonaispäästöt laskisivat nykyisestä noin 30 miljoonasta tonnista 5–7 miljoonaan tonniin hiilidioksidia vuodessa.

Visiossa sähkö ja kaukolämpö korvaavat fossiilisia polttoaineita ja vähentävät näiden käytöstä syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä monissa käyttökohteissa, joissa niitä ei vielä laajasti hyödynnetä.

Merkittävin muutos toteutuu liikenteessä, jossa sähkö korvaa fossiilisten polttoaineiden käyttöä 8 miljoonalla hiilidioksiditonnulla (Mt CO₂) vuodessa. Öljylämmityksen korvautuminen kaukolämmöllä ja sähkön perustuvilla ratkaisuilla, kuten lämpöpumpuilla, vähentää päästöjä noin 3 Mt CO₂ vuodessa. Teollisuuden polttoaineita sähkö korvaisi noin miljoonalla CO₂-tonnilla vuodessa.

Sähkön ja kaukolämmön hyödyntäminen vähentää näissä uusissa käyttökohteissa päästöjä yhteensä 12 miljoonaa hiilidioksiditonnulla vuodessa.

Omavaraisuus vähentää päästöjä

Esitetty visio poistaa nykyisen, noin 10–15 TWh/a suuruisen sähkön nettotuonnin. Tuonti vähenee etenkin Venäjältä, vähäisessä määrin myös EU:n sähkömarkkinoilta. Suomesta tulisi sähköä lievästi, noin 0–10 TWh vuodessa vievä maa. Vienti kohdentuisi lähinnä EU-maihin, Venäjän suhteen Suomi olisi suunnilleen tasapainossa viennin ja tuonnin osalta.

Tuonnin muuttuminen lieväksi vienniksi vähentää päästöjä noin 6 miljoonaa hiilidioksiditonnulla vuodessa. Sähkön tuonti aiheuttaa nykyisin keskimäärin noin 4 MtCO₂/a hiilidioksidipäästön sähkön tuottajamaissa. Vienti korvaisi noin 2 MtCO₂/a päästöjä EU-markkinoiden muissa tuottajamaissa. Vertailukohtana on käytetty Venäjän ja EU:n nykyistä keskimääräistä sähkön ominaispäästöä.

Energiateollisuuden vision nettomääräinen hiilidioksidipäästö saadaan vähentämällä omista päästöistä päästöjen vähentämisvaikutus muualla.

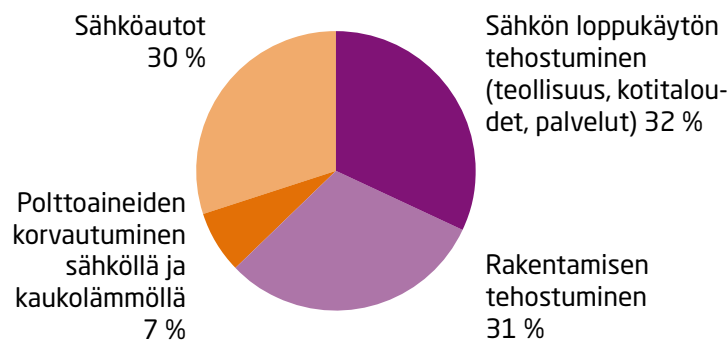
Taulukko 2. Arvio sähkön- ja kaukolämmön tuotannon nettomääräisistä hiilidioksidipäästöistä vuonna 2050.

Energiantuotannon suorat päästöt	+ 5–7	Mt CO ₂ /vuosi
Fossiilisen polttoaineen korvautuminen sähköllä ja kaukolämmöllä		
- liikenne	- 8	MtCO ₂ /vuosi
- lämmitys	- 3	MtCO ₂ /vuosi
- teollisuus	- 1	MtCO ₂ /vuosi
Sähköntuotannon päästöjen vähentyminen muissa maissa		
- sähkön tuonnin korvautuminen	- 4	MtCO ₂ /vuosi
- sähkön viennin päästöjä vähentävä vaikutus	- 2	MtCO ₂ /vuosi
= Energiavision mukaisen tuotannon nettopäästöt	- 11– - 13	MtCO ₂ /vuosi

Tavoitteeksi asetettu hiilineutraali sähkön- ja kaukolämmöntuotanto on siten toteutettavissa.

Sähköllä ja kaukolämmöllä tehostetaan energian loppukäyttöä yli viidenneksellä

Sähkö ja kaukolämpö tehostavat esitettyssä visiossa energiatehokkuutta niin, että energian loppukäyttö pienentyy viidenneksellä perusuraan verrattuna. Sähköllä ja kaukolämmöllä on merkittävä rooli erityisesti teollisuudessa, kotitalouksissa sekä palvelusektorilla, rakennusten lämmityksessä sekä henkilöautoliikenteessä.



Kuva 15. Eri toimenpiteiden suhteellinen osuus energiatehokkuden parantumisesta.

Laskennassa huomioitu energiankäytön tehostuminen kohteissa, joissa sähköllä ja kaukolämmöllä on merkittävä rooli (rakennusten lämmitys, sähkön käyttö kotitalouksissa, teollisuudessa ja palveluissa sekä henkilöautoliikenne). Näiden lisäksi energian loppukäytön arvioidaan tehostuvan lento- ja raskaassa liikenteessä, työkaluissa ja teollisuuden prosesseissa yhteensä noin 20 prosenttia.

Sähköautojen ylivoimainen hyötysuhde verrattuna polttomoottoriin parantaa merkittävästi liikenteen energiatehokkuutta. Nykyisten bensiini- tai dieselkäyttöisten autojen polttonesteen kulutus on 5–7 l/100km, mikä on energiassa mitattuna noin 50–70 kWh. Sähköautojen energiankulutus puolestaan on 10–20 kWh/100 km, eli keskimäärin 20–30 prosenttia vastaavan bensiini- tai dieselauton kulutuksesta.

Rakennusten lämmityksessä energiatehokkuutta tuovat rakennusten eristystason parantuminen sekä aiempaa energiatehokkaammat lämmitysjärjestelmät. Erityisen tehokkaita ratkaisuja ovat lämpöpumput sekä kaukolämmitys. Lämpöpumpuilla saadaan osa tarvittavasta lämmitysenergiasta maasta, vedestä tai ilmasta, mikä pienentää primäärienergian tarvetta lämmityksessä. Sähkön ja kaukolämmön

yhteistuotannon mahdollistavan kaukolämmön käyttö parantaa koko järjestelmän energiatehokkuutta, koska yhteistuotannossa sähköntuotannon hyötysuhde on huomattavasti sähkön erillistuotannon hyötysuhdetta parempi.

Kotitalouksien ja palvelusektorin sähkönkäytössä energiatehokkuus parantuu erityisesti valaistuksessa. Teollisuuden kohdalla puolestaan sähkönkäyttö tehostuu pumppauksissa ja paineilmalaitteissa. Energian loppukäyttö tehostuu prosessien optimoinnin sekä hukkalämmön tehokkaan hyödyntämisen myötä.

Kauppatase vahvemmaksi

Esitetyn vision mukaisessa tavoitetilassa Suomen kauppatase muuttuu energialähteiden ja sähkön tuonnin ja viennin muuttuessa. Muutoksia voidaan arvioida lähinnä kivihiilen, maakaasun, raakaöljyn, ydinpolttoaineen ja sähkön osalta.

Kivihiilen tuonti Suomeen oli 5,3 miljoonaa tonnia ja tuonnin rahallinen arvo 280 miljoonaa euroa vuonna 2007. Kivihielestä käytettiin yli 95 prosenttia sähkön ja lämmön tuotannossa. Kivihiilen käyttö sähkön ja lämmön tuotannossa vähenee nykytilaan verrattuna 60 prosenttia, jolloin tuonti pienenee 3 miljoonaa tonnia. Se vastaa noin 160 miljoonaa euroa vuodessa.

Maakaasun käyttö sähkön ja lämmön tuotannossa kasvaa noin 5 TWh, mikä merkitsee 15 prosentin kasvua nykykäyttöön verrattuna. Nykyhinnoilla energian tuonti lisääntyisi noin 80 miljoonalla eurolla vuodessa.

Esitetystä visiossa öljytuotteiden käyttö vähentyy liikenteessä, rakennusten lämmityksessä sekä sähkön ja lämmön tuotannossa.

Tieliikenne kulutti vuonna 2007 öljytuotteita (moottoribensiini ja diesel-öljy) yhteensä 3,9 miljoonaa tonnia. Henkilöautoliikenteen osuus oli 60 prosenttia, mikä vastasi 2,3 miljoonaa tonnia. Henkilöautoliikenne siirtyy fossiilisista polttoaineista sähkön käyttöön vuoteen 2050 mennessä.

Asuin-, palvelu- ja teollisuusrakennusten lämmitykseen kului vuonna 2007 öljyä 1,4 miljoonaa tonnia, energiana mitattuna 16 TWh. Rakennusten lämmitykseen käytettävä öljy korvautuu visiossa kaukolämmöllä, sähköllä ja lämpöpumpuilla.

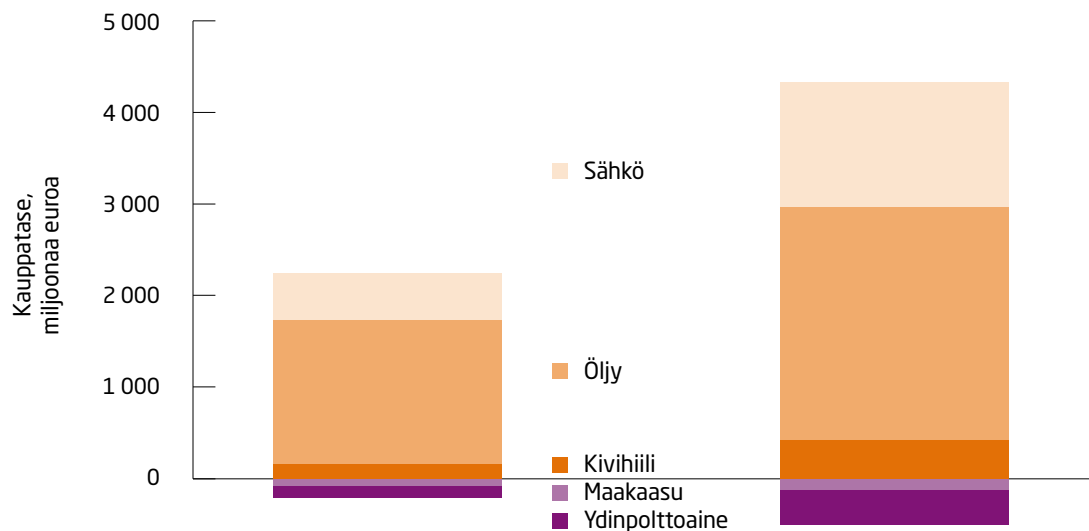
Sähkön ja lämmön tuotannossa öljyn käyttö on ollut suhteellisen vähäistä, vuonna 2007 noin 0,4 miljoonaa tonnia. Se korvautuu osin muilla polttoaineilla sekä bioöljyllä.

Kokonaisuudessaan öljytuotteiden kulutus alenee vähän yli 4 miljoonalla tonnilla, jonka arvo vuoden 2007 raakaöljyn tuontihinnalla olisi 1 600 miljoonaa euroa.

Ydinpolttoaineen kulutus kasvaa visiossa kaksin- tai kolminkertaiseksi nykykäyttöön verrattuna. Tämän arvo nykyhinnoin olisi noin 100–150 miljoonaa euroa.

Sähkön nykyinen nettotuonti, 10–15 TWh vuodessa, korvautuisi tätä alemmalla, 0–10 TWh vuodessa suuruisella viennillä. Sähkön tuontikustannus on 300–500 miljoonaa euroa ja viennin arvo 0–400 miljoonaa euroa vuodessa.

Energian tuonnin ja viennin kauppatase muuttuisi nykyhinnoin laskettuna yhteensä noin 2 miljardia euroa vuodessa nykyistä positiivisemmaksi esitetyn vision vaikutuksena. Vuoden 2050 hinta oletuksilla muutos olisi 3–5 miljardia euroa vuodessa.



Kuva 16. Vision vaikutus maamme kauppataaseeseen. Kauppataase vahvistuu nykyhinnoilla laskettuna noin 2 miljardia euroa ja vuoden 2050 arvioituihin energiahinnoihin noin 3–5 miljardia euroa vuodessa. Tämän lisäksi päästöoikeuksien ostotarve vähenee nykyhinnoilla noin 350 miljoonalla eurolla vuodessa ja vuoden 2050 hinnoilla jopa 1,5–2 miljardilla eurolla vuodessa.

Metsäenergian käyttö sähkön ja lämmön tuotannossa lisääntyy

Sähkön ja lämmön (sisältäen kaukolämmön ja teollisuushöyryn) tuotannossa käytettiin vuonna 2007 puuperäisiä polttoaineita noin 65 TWh. Se on 35 prosenttia energiantuotannon polttoainekäytöstä. Energiategioiden visio lisää puuperäisen polttoaineen käyttöä, käyttö olisi vuonna 2050 noin 70–80 TWh. Puuperäisten polttoaineiden käyttö kasvaisi 45 prosenttiin sähkön ja lämmön tuotannon polttoainekäytöstä. Metsäenergian käyttö lisääntyy voimakkaasti sähkön ja kaukolämmön tuotannossa, mutta vähenee jonkin verran teollisuuden energian tuotannossa.

Esitettyssä tuotantorakenteessa uusiutuvien osuus sähkön tuotannosta on keskimäärin 38 prosenttia ja kaukolämmöntuotannossa 35 prosenttia. Uusiutuvaa sähköä tuotettaisiin noin 40–45 TWh, nykyisin sitä tuotetaan noin 20–25 TWh. Uusiutuvaa kaukolämpöä tuotettaisiin noin 8 TWh vuodessa, nykyisin 3–4 TWh.

Turvetta käytettiin vuonna 2007 sähkön ja lämmön tuotannossa 27 TWh, mikä on 15 prosenttia energiantuotannon polttoainekäytöstä. Määrän ennakoitaan pysyvän ennallaan tai kasvavan noin 35 TWh:iin vuoteen 2050 mennessä, jolloin turpeen osuus energiantuotannon polttoaineista olisi noin 20 prosenttia.

Ostovoima kehittyi sähkön ja kaukolämmön hintaa nopeammin

Asiakkaan energian hintaan vaikuttavat sähkön ja kaukolämmön tuotanto- ja siirtokustannukset. Tuotantokustannuksiin vaikuttavat käytetty tuotantoteknologia ja sen investointi- ja käyttökustannukset, polttoaineiden hinnat sekä tuotannosta aiheutuvien ympäristökustannusten, mm. päästöoikeuksien hinnat.

Energiategioiden visio muuttaa Suomen sähkön ja kaukolämmön tuotantokapasiteettia. Tärkeimmät muutokset ovat tuulivoiman ja ydinvoiman lisääntyminen, konventionaalisen lauhdesähkön tuotannon poistuminen, kotimaisten biopolttoaineiden käytön lisääntyminen sekä hiilidioksidin talteenotto- ja varastointitekniikan käyttöönotto. Tuotanto myös tehostuu.

Sähkön siirto- ja jakeluverkot uudistuvat asteittain. Ne edellyttävät investointeja, jotka nostavat sähkön siirtohintaa jonkin verran. Merkittävä muutos on myös älykkään sähköverkon vaikutus markkinoiden toimintaan. Sähkön kulutushuippujen tasaaminen älykkään sähköverkon osalta tehostaa energiajärjestelmämme toimivuutta ja voi alentaa energiakustannuksia.

Muutokset ovat mittavia ja niihin sitoutuu suuria pääomia. Sähkön tai kaukolämmön tulevia asiakashintoja on hankala laskea tai arvioida.

Energiateollisuus arvioi sähköenergian hinnan nousevan merkittävästi. Se on myös edellytys ilmastonmuutoksen kannalta välttämättömien investointien kannattavuudelle.

Myös sähkön siirtohinnoissa on nousupainetta. Verotkin vaikuttavat sähkön hintaan. Energiateollisuuden mielestä energian erillisverotus ei ole perusteltua. Energiaa voidaan verottaa samoin kuin muitakin hyödykkeitä arvonlisäveron avulla. Tässä työssä ei kuitenkaan arvioida verotuksen kehitystä.

Kaukolämmön hintaan vaikuttavat tuotantokustannukset, etenkin polttoainekustannukset, joiden odotetaan nousevan, sekä kaukolämmön jakelukustannukset.

Energian hintaa on kuitenkin verrattava samaan aikaan tapahtuvaan ostovoiman kehitykseen. Energiateollisuuden visio olettaa 2 prosentin bruttokansantuotteen vuotuista kasvua vuoteen 2050. 40 vuoden kuluessa tämä merkitsee bruttokansantuotteen 2,2-kertaistumista. Kun otetaan huomioon kansalaistemme lukumäärän samanaikainen kasvaminen, arvioidaan kansalaisten ostovoiman tänä aikana kaksinkertaistuvan.

Ostovoiman oletetaan kaksinkertaistuvan ja kehittyvän nopeammin kuin sähkön ja kaukolämmön hinta. Energian käytön tehostuminen näkyy asiakkaille selvänä hyötynä.

Kotitalousasiakkaan sähkön kokonaishinta jakautuu eri komponentteihin keskimäärin seuraavasti (suluissa sähkölämmittäjän vastaavat osuudet): sähkön hankinta 37 (43) prosenttia, sähkön myynti 7 (5) prosenttia, siirtokustannukset 31 (25) prosenttia, sähköverot 7 (9) prosenttia ja arvonlisävero 18 (18) prosenttia.¹⁶

Sähköenergian Suomen aluehinta vuonna 2008 oli keskimäärin 51 euroa/MWh. Vuoteen 2050 mennessä reaalihintaa arvioidaan nousevan hieman yli kaksinkertaiseksi. Sähkön siirron reaalihintaa arvioidaan vastaavasti nousevan noin neljänneksellä.

Näillä lähtökohdilla kotitalousasiakkaan sähkön reaalihintaa nousee vuoteen 2050 mennessä noin 1,6–1,8 -kertaiseksi ja sähkölämmitysasiakkaan vastaavasti noin 1,7–1,9 -kertaiseksi, kun ostovoima on samanaikaisesti noussut kaksinkertaiseksi. Ostovoima kehittyy näin nopeammin kuin energian asiakashinta.

Lisäksi energian käytön tehostuminen merkitsee jatkossa selvästi enemmän hyötyä samalla energiamäärällä eri toiminnoissa, kuten lämmityksessä, valaistuksessa, liikenteessä tai kodinkoneiden käytössä.

¹⁶ Energiamarkkinavirasto: Kalvoja sähkön hinnan kehityksestä ; kotitalouskäyttäjän sähkön hinnan muodostuminen 1.10.2009 ja sähkölämmityskäyttäjän sähkön hinnan muodostuminen 1.10.2009.

Pitkäjänteistä toimintaa tavoitteiden saavuttamiseksi

Toteutuakseen on Energiateollisuuden vision tultava yhteisesti hyväksytyksi tavoitteeksi. Avainasemassa ovat investoivat energia-alan yritykset, mutta myös yhteiskunnan ohjausta tarvitaan.

Vision toteuttaminen on aloitettava heti. Toimintaympäristön on oltava suotuisa vision toteuttamista edellyttävälle investoinneille.

Energia-alan investoinneilla on pitkä käyttöikä. Vesivoima ja rakenteilla oleva ydinvoimalaitosyksikkö poislukien nykyinen energiantuotanto poistuu tuotannosta vuoteen 2050 mennessä. Toisaalta lähes kaikki jo lähiaikoina rakennettavat tuotantolaitokset ovat vielä käytössä vuonna 2050. Energiaverkkoihin liittyvät investoinnit ovat usein tuotantoinvestointeja pidempi-ikäisiä.

Energian tuotannon ja siirron uudistuminen lähes kokonaan tarjoaa mahdollisuudet vision toteuttamiseen. Johtuen investointien pitkäaikaisuudesta, on vision toteuttaminen aloitettava jo nyt. Toimintaympäristön on oltava suotuisa niille investoinneille, joita vision toteuttaminen edellyttää.

Markkinaehtoisuutta tukevaa energiapolitiikkaa

Pääomia runsaasti sitovia investointeja on vaikea toteuttaa ilman vakaata ja ennustettavaa toimintaympäristöä. Hiilineutraali energiatulevaisuus edellyttää määrätietoista ja johdonmukaista energiapolitiikkaa, jossa yhteiskunta on sitoutunut päästöjen merkittävään leikkaamiseen.

Energiateollisuuden mielestä energian hinnan pitää määräytyä markkinoilla, investointien oltava taloudellisesti perusteltavissa ja kilpailun tuotantomuotojen välillä oltava aitoa ilman tarpeetonta poliittista ohjausta. Ohjausta tarvitaan tuotantomuotojen haitallisiksi koettuihin ominaisuuksiin, ei teknisiin ratkaisuihin saati energian tuotantomuotojen valintaan.

Energiavalinnat, energiatekniikat ja polttoaineet on pidettävä monipuolisesti markkinatoimijoiden valittavissa.

Polttoainemarkkinoita on kehitettävä

Fossiilisten polttoaineiden keskeinen etu on toimivat polttoainemarkkinat. Kotimaisten polttoaineiden – erityisesti metsäenergian ja turpeen – markkinoita pitää kehittää. Puupolttoaineen ja turpeen hankintaa ja niihin liittyvää ohjeistusta on kehitettävä lisäämään tarjontaa ja alan kilpailua. Turvepinta-aloja on lisättävä, jotta turpeen tarjonnasta ei tule niukkuutta. Markkinakehityksen lisäksi on kehitettävä huolto- ja toimitusvarmuusmenettelyt, jotka turvaavat polttoaineiden saannin poikkeuksellisissa olosuhteissa.

Yhteiskunnan ohjattava päästöjen määrää, ei kustannusta

Hiilidioksidin ja muiden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi tarvitaan voimakkaita rajoitustoimia, joilla on huomattavia kustannuksia yhteiskunnalle. Paras lopputulos saavutetaan, kun päästöillä on hinta, joka muodostaa osan tuotantokustannuksesta. Kustannuksen on kohdistuttava kaikkiin päästöjä aiheuttaviin toimintoihin ympäri maailmaa. Hinnan on oltava suhteessa aiheutettuun päästöön ja yhteiskunnan on ohjattava päästöjen määrää, ei kustannusta. Kustannuksen on määräydyttävä markkinoilla käytettävissä olevien ratkaisukeinojen mukaan.

EU:n päästökauppa on käytössä oleva toimiva ratkaisu hintasignaalin aikaansaamiseksi. Sen kehittäminen ja vahvistaminen sekä linkitys muiden maiden vastaaviin järjestelmiin on tärkeää.

Energiateknologiasta viennin tukijalka

Suomessa on erinomaista, maailmankin mittakaavassa korkeatasoista energia- ja ympäristötekniikan osaamista ja kaupallisesti menestyviä teknologiatuotteita. Energiatekniikan vienti oli vuonna 2008 noin 5 miljardia euroa. Energiateknologiaa voidaan kehittää Suomen viennin tukijalkana.

Energian hinnan on määräydyttävä markkinoilla, investointien oltava kannattavia ja tuotantomuotojen välisen kilpailun aitoa ilman tarpeetonta poliittista ohjausta.

Edellytyksenä osaamisen kehittämiseksi, teknologiatoiminnan menestykselle ja energiateknologian muuttamiselle on panostus energia-alan koulutukseen, tutkimukseen ja tuotekehitykseen. Valtiolla on siinä keskeinen rooli. Tarvitaan määrätietoista panostusta Suomen vahvuusalueilla, joita ovat sähkön ja lämmön yhteistuotanto, kaukolämpö, sähkötekniset tuotteet, kuten sähkömoottorit ja taajuusmuuttajat, polttotekniikka, päästöjä vähennystekniikan kehittäminen sekä ydinvoimatekniikka ja -rakentaminen. Energiateknologian liittyvistä tuotteista ja laitteista on kehitettävissä Suomen vahvuusalueiden pohjalta uusia kasvusektoreita ja vientituotteita.

Lisäksi tarvitaan uutta panostusta erityisesti hiilidioksidin talteenotto- ja varastointitekniikkaan, sähköisen liikenteen kehittämiseen sekä matalaenergiarakentamiseen.

Suomeen olisi saatava kaupallisen kokoluokan demonstraatiolaitos hiilidioksidin talteenottotekniikkaan. On myös panostettava ratkaisun soveltuvuuteen kotimaisiin polttoaineisiin perustuvissa laitoksissa.

Liikenteen sähköistyminen tukee tavoitteita

Etenkin henkilöautoliikenteen sähköistyminen lähivuosikymmeninä tuo Suomelle mahdollisuuksia lisätä energiatehokkuutta, vähentää päästöjä ja toimia teknologiatoimittajana. Suomessa on poikkeuksellisen hyvä infrastruktuuri ja voimme mm. lämmityspistokejärjestelmän ansiosta ottaa käyttöön ladattavat hybridautot ensimmäisten maiden joukossa. Suomessa on myös autojen ja akkutekniikan valmistusta ja kehitystä.

Verkosta ladattavien hybridi- ja sähköautojen kehitystä on tuettava kotimarkkinoiden synnyttämiseksi ja osaamisen kehittämiseksi. Kannustinmahdollisuuksia sähköautojen yleistymiseksi on pohdittu mm. TEMin sähköajoneuvotyöryhmän taustaraportissa¹⁷, mihin esitettävät keinot pitkälti pohjautuvat.

Vero-ohjaus on toimiva ja käytännöllinen toteutustapa liikennepoliittisessa ohjauksessa. Autoveron perustuminen hiilidioksidipäästöihin tukee sähköautojen yleistymistä. Pienimpään veroluokkaan (12,2 prosenttia) oikeuttavan CO₂-päästön yläraja on 60 g/km. Sähköautojen päästöt jäävät selvästi tätä pie-

17 Biomeri Oy. Sähköajoneuvot Suomessa - selvitys. 6.8.2009.

nemmiksi (noin 5 g/km esitetyllä vuoden 2050 sähköntuotantorakenteella). Kannustinvaikutusta voidaan parantaa alentamalla päästörajaa.

Ajoneuvovero muuttuu vuoden 2010 alusta päästöperusteiseksi. Minimiveron (20 €/a) piiriin kuuluvat autot, joiden hiilidioksidipäästö on alle 66 g/km. Päästörajan alentaminen parantaa sähköautojen kannustinvaikutusta. Muuta polttoainetta kuin bensiiniä tai maa- tai biokaasua käyttäviltä autoilta peritään käyttövoimaveron. Sen poistaminen sähköautoilta ja ladattavilta hybrideiltä parantaa näiden kilpailuasemaa bensiinautoihin verrattuna.

Sähköajoneuvojen yleistymiseen voidaan vaikuttaa myös tiedotuksella ja liikenteenohjauksella. Jälkimmäisestä esimerkkeinä ovat sähköautojen lupa ajaa bussikaistoilla sekä ilmaiset pysäköintipaikat. Tiedotus antaa kansalaisille ajantasaista informaatiota sähköautojen mahdollisuuksista, vaikutuksista ja ominaisuuksista. Sähköautoihin liittyvä tutkimus ja koulutus edistää Suomen mahdollisuuksia kehittää toimialalle uutta liiketoimintaa.

Sähkön käyttö lisääntyy myös muussa liikenteessä. Henkilö- ja tavaraliikenteessä raideliikenteen osuus kasvaa huomattavasti ja joukkoliikenteessä lisätään muutenkin sähkömoottorien käyttöä. Hyvin toteutettu liikenteen sähköistäminen tukee sähköjärjestelmän tasapainoa ja voi mm. hyödyntää vaihtelevaa tuulivoimaa.

Älykäs sähköverkko mahdollistaa pientuottajien markkinoillepääsyn

Älykäs sähköverkko (smart grid) mahdollistaa ja tehostaa useita energiatehokkuutta ja sähkömarkkinoiden toimivuutta parantavia toimintoja, kuten hajautettujen energiavarastojen joustava verkkoonliittymä sekä kuormanohjaus. Keskeisessä asemassa älykkäässä sähköverkossa on älykäs energiamittari sekä kaksisuuntainen tiedonsiirto asiakasliittymän ja verkon välillä.

Kuormanohjauksen avulla voidaan lisätä sähkön kysyntäjoustoa. Kuormituksia, kuten varaava sähkölämmitys, voidaan ohjata sähkön hinnan ja tuotantotilanteen vaihteluiden mukaan. Tämä tehostaa tuotantoresurssien käyttöä ja pienentää hintavaihteluita. Se parantaa mm. tuulivoiman tuotantomahdollisuuksia, kun kuormitusta voidaan ohjata tuotannon vaihteluiden mukaan. Sähköautojen yleistyessä kuormanohjauksen potentiaali kasvaa, kun verkosta ladattavia autoja voidaan käyttää ohjattavana energiavarastona. Kuormanohjauksella voidaan käyttää normaalitilanteen ohella nopeasti ohjattavana tehoreservinä sähköjärjestelmän häiriötilanteissa, mikä pienentää tuotannon tehoreservien tarvetta.

Älykäs verkko mahdollistaa myös hajautetun tuotannon joustavan verkkoonliittymän, mikä parantaa pientuottajien osallistumismahdollisuuksia sähkömarkkinoilla. Lisäksi asiakkaiden sähkön laatua voidaan lyhyiden keskeytysten sekä jännitekuoppien osalta aktiivisesti parantaa tehoelektronikan ja hajautettujen energiavarastojen avulla.

Ilmastovaikutus rakennusten lämmitysmuotojen perustana

Rakennusten lämmitysmuotojen ohjauksen perustana pitää olla aiheutettu ilmastovaikutus. Hiilineutraalia sähköä ja kaukolämpöä on edistettävä ja vähennettävä fossiilisiin polttoaineisiin perustuvaa lämmitystä.

Rakennusten energiankäyttö alenee. Sähköiset laitteet lisääntyvät rakennuksissa. Toisaalta sähkölaitteiden hukkaenergia vähenee teknikan kehittyessä merkittävästi.

Kaukolämmön kilpailukykyä on kehitettävä ja huolehdittava nykyisestä infrastruktuurista ja sen edelleen kehittämistä. Kaukojäähdytyksen kehitykseen on panostettava. Lämmitys- ja jäähdytyskuormien kokoaminen on edellytys energiatehokkaalle sähkön ja lämmön yhteistuotannolle.

Rakennusten lämmitysmuotojen ohjauksen on perustuttava aiheutettuun ilmastovaikutukseen. Sähkö ja kaukolämpö ovat tulevaisuudessa hiilineutraaleja, joten niiden hyödyntämistä on edistettävä ja vähennettävä fossiilisiin polttoaineisiin perustuvaa lämmitystä.

Ohjauksen perustana asetetut tavoitteet

Energiatuilla on kehitettävä uusia tekniikoita ja tuettava niiden kaupallistamista. Niiden on alennettava uusien vähäpäästöisten tekniikoiden markkinoille tulon kynnystä. Tavoitteena on, että tuet voidaan asteittain poistaa eikä mikään tuotanto ole pysyvän tuen varassa.

Kotimaisia energialähteitä on hyödynnettävä ja niiden markkinoita kehitettävä.

Rakennettujen vesistöjen täydennysrakentaminen on sallittava energiajärjestelmän kehittämiseksi ja tulvasuojelun ratkaisemiseksi.

Yhteistuotannon toimintaedellytykset on säilytettävä. Pienen kokoluokan yhteistuotanto tarvitsee tukea kilpailukykyensä edistämiseksi ja pienen mittakaavan tekniikan kaupallistamiseksi.

Ydinvoimaa koskevan poliittisen harkinnan on rajoituttava siihen, katsotaanko ydinvoima yhteiskunnan kokonaisedun mukaiseksi tavaksi tuottaa sähköä. Tuotannon tai laitosten määrä on ratkaistava markkinaehtoisesti. Energiateollisuuden mielestä ydinvoima on yhteiskunnan kokonaisedun mukainen tapa tuottaa sähköä. Se on kotimaassa tuotettua, päästötöntä, ja hinnaltaan kilpailukykyistä sähköenergiaa, jolla on hyvä toimitusvarmuus ja korkea turvallisuustaso.

Tuulivoiman rakentamiseksi on osoitettava riittävästi rakennuspaikkoja. Kaavoituksessa on otettava huomioon tuuliolosuhteet ja ympäristöhallinnon tiedot uhanalaisten lajien esiintymispaikoista, investointivaiheessa on voitava edetä ilman turhia selvityksiä. Yhteiskunnan on sopeuduttava tuulivoiman maisemavaikutuksiin, jotta tuulivoiman hyödyntäminen on mahdollista. Tuulivoima tarvitsee aluksi myös taloudellista tukea tullakseen osaksi Suomen sähköjärjestelmää.

LIITE 1

Sähkön ja kaukolämmön loppukäyttö

Sähkön ja kaukolämmön loppukäytön osalta visio perustuu Lappeenrannan teknillisen yliopiston ja Tampereen teknillisen yliopiston tuottamiin energiansäästön ja energiankäytön potentiaaliarvioihin sekä Energiateollisuus ry:n ja Elinkeinoelämän keskusliitto ry:n arviointeihin.

1 Rakennusten lämmitys ja jäähdytys

1.1 Lämmitys

Rakennusten lämmitykseen käytettävän energiamäärän muutoksiin vaikuttavat rakennusten lämmitettävä pinta-ala, eristystaso, käytettävä lämmitysjärjestelmä, lämmitysjärjestelmän hyötysuhde, ulkoilman lämpötila sekä rakennuksessa käytettävistä sähkölaitteista saatava lämpö.

Asuinrakennusten rakennuskantaan vaikuttavat sekä asumisväljyyden muutokset että väestönkasvu. Asumisväljyyden (m²/hlö) ennakoitaan kasvavan nykyisestä 36,6 m²:stä 44 m²:iin vuoteen 2025 mennessä¹⁸. Tässä skenaariossa kasvun ennakoitaan jatkuvan hitaasti tämän jälkeen siten, että asumisväljyys on 48 m²/hlö vuonna 2050. Väestömäärän ennakoitaan puolestaan olevan hie- man yli 6 miljoonaa vuonna 2050. Näiden perusteella asuinrakennusten pinta-alan ennakoitaan olevan nykyistä 47 prosenttia suurempi vuonna 2050. Muiden kuin asuinrakennusten osalta las- kelmat perustuvat VTT:n arvioon¹⁹, jonka mukaan liike- ja toimistorakennusten rakennuskanta kasvaa vuoteen 2050 mennessä 28 prosenttia Rakennuskannan odotetaan puolestaan pienenty- vän julkisten palvelurakennusten osalta 2 prosenttia ja tuotantorakennusten kohdalla 11 prosenttia

Arvio rakennusten keskimääräisestä lämpöenergian tarpeesta, joka perustuu dipl.ins. Juhani Hel- jon asiantuntijanäkemykseen, on esitetty taulukossa 1. Taulukon luvut kuvaavat koko rakennus- kannan keskimääräistä lämpöenergian tarvetta vuosina 2009, 2020 ja 2050. Vuodelle 2050 ar- vioitu lämpöenergian tarve riippuu siitä, kuinka rakennusmääräykset tiukentuvat vuoden 2010 jälkeen, ja miten paljon rakennusten energiatehokkuutta pystytään parantamaan korjausrakenta- misella. Arvioissa on huomioitu rakennuskannan uusiutumismisnopeuden sekä korjausrakentamisen vaikutukset rakennuskannan keskimääräiseen lämmön tarpeeseen. Huomioitavaa on, että kysees- sä on arvio eri rakennustyyppien keskimääräisestä lämmitysenergiantarpeesta, rakennuskohtai- sesti vaihtelua voi olla huomattavasti. Näissä luvuissa on esitetty lämpöenergian määrä, joka ote- taan lämmitysjärjestelmästä ja huoneistossa olevista sähkölaitteista.

18 Lehtinen, E., Nippala, E., Jaakkonen, L. & Nuutila, H. 2005. Asuinrakennukset vuoteen 2025. VTT 2005.

19 Teknologiapolut 2050 – Teknologian mahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöjen syvien rajoittamistavoitteiden saavuttamiseksi Suomessa. VTT tiedotteita 2432.

Taulukko 1. Arvio koko rakennusten keskimääräisestä lämpöenergian tarpeesta vuosina 2009, 2020 ja 2050.

Rakennustyyppi	Arvio rakennustyyppin keskimääräisestä lämpöenergian tarpeesta (kWh/m ² ,a)		
	2009	2020	2050
Erilliset pientalot	148	134	88–110
Rivi- ja ketjutalot	145	136	93–116
Asuinkerrostalot	151	142	99–124
Liikerakennukset	286	272	195–244
Toimistorakennukset	227	205	136–170
Liikenteen rakennukset	207	187	131–164
Hoitoalan rakennukset	272	241	152–190
Kokoontumisrakennukset	193	186	138–172
Opetusrakennukset	158	146	98–122
Teollisuusrakennukset	353	338	241–301
Varastorakennukset	166	153	103–129

Taulukossa 2 on puolestaan esitetty arvio lämmitysjärjestelmien hyötysuhteiden sekä lämpökerrotoimien kehittymisestä, perustuen prof. Antero Aittomäen asiantuntijanäkemykseen.

Taulukko 2. Arvio lämmitysjärjestelmien hyötysuhteista ja lämpökertoimista.

Lämmitysmuoto	Keskimääräinen hyötysuhde (%) tai lämpökerroin.		
	2009	2020	2050
Öljy	85	87	90
Suora sähkölämmitys	95	97	98
Varaava sähkölämmitys	90	93	95
Puu-uuni	60	65	70
Pelletti + vesikierto	75	78	80
maalämpöpumppu	3	3,5	4
ilmalämpöpumppu	2,7	3,0	3,3

Ilmastonmuutoksen odotetaan edellä esitetyn muutoksen lisäksi pienentävän rakennusten lämmitystarvetta Suomessa 16 prosenttia vuoteen 2050 mennessä²⁰.

Lämmitystaparatkaisuiden osalta on oletettu, että öljylämmityksestä on luovuttu vuoteen 2050 mennessä. Taajama-alueilla kaukolämpö on energiatehokkain lämmitysratkaisu, jolloin se korvaa öljylämmitystä erityisesti palvelurakennuksissa, asuinkerrostaloissa sekä osassa rivitaloja ja omakotitaloja. Lämpöpumppujen, sähkölämmityksen sekä puupolttoaineiden ennakoidaan puolestaan korvaavan öljylämmitystä haja-asutusalueen omakotitaloissa. Matalaenergiataloissa sähkölämmityksen kannattavuutta parantaa sen edulliset investointikustannukset.

Lämmitysjärjestelmästä otettavan lämpöenergian ohella merkittävä lämmönlähde rakennuksissa on sähkölaitteiden hukkalämmöstä saatava energia. Sähkön käyttöön odotetaan kasvua sekä kotitalouksissa että erityisesti palvelusektorilla. Toisaalta sähkölaitteiden energiatehokkuuden odotetaan myös parantuvan tulevaisuudessa, joka puolestaan pienentänee laitteiden lämpöhäviöitä. Siten laskelmissa on oletettu, että kotitalouden ja palvelusektorin laitesähköstä saatavan hukkalämmön absoluuttinen määrä ei kasva nykyisestä tasostaan. Toisin sanoen hukkalämmön osuus käytetystä laitesähköstä pienentyy.

20 Vehviläinen, I., Hiltunen, J. & Vanhanen, J. Lämmön ja sähkön yhteistuotannon potentiaali sekä kaukolämmityksen ja -jäähdytyksen tulevaisuus Suomessa. Gaia 2007.

Edellä esitetyn perusteella kaukolämmön tarve (ilman verkostohäviöitä) on 25–33 TWh vuonna 2050. Kaukolämmön osuus rakennusten lämmitykseen käytettävästä hyötyenergiasta nousee skenaariossa nykyisestä 44 prosentista 56 prosenttiin. Rakennusten lämmitykseen käytettävän sähkön (sisältäen lämpöpumppujen käyttämä sähkö) tarve on puolestaan 9–11 TWh vuonna 2050. Sähkön osuus lämmitykseen käytettävästä energiasta kasvaa nykyisestä 18 prosentista 20 prosenttiin.

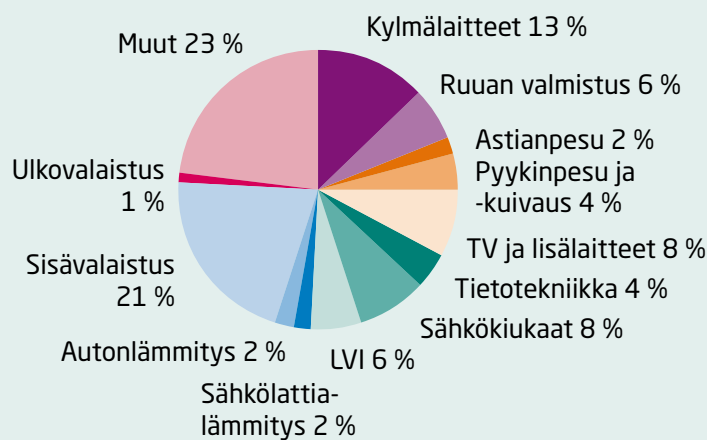
1.2 Jäähdytys

Eri lähteiden^{21,22,23} näkemyksiin perustuen on arvioitu, että jäähdytykseen tarvittava sähköenergia olisi 1,4 TWh vuonna 2050, mikäli rakennuskanta on nykyisen suuruinen. Kun tähän yhdistetään rakennuskannan kasvu, joka kohdistuu erityisesti palvelurakennuksiin, joissa myös jäähdytystä käytetään yleisesti, voidaan arvioida jäähdytykseen tarvittavan vuotuisen sähköenergian olevan vuonna 2050 noin 2 TWh.

Energiatehokkuuden kannalta jäähdytystekniikoista on tehokkain kaukojäähdytys, jossa päästään n. 5–10 -kertaiseen lämpökertoimiin paikalliseen jäähdytykseen verrattuna. Kaukojäähdytyksen yleistymistä rajoittaa luonnollisesti se, että sitä voidaan jaella vain kohtalaisen tiheillä asutusalueilla. Kaukojäähdytyksen kysynnän ennakoidaan olevan n. 1,4 TWh vuonna 2050.

2 Kotitalouksien sähkökäyttö

Kotitalouksien sähkön käyttöön vaikuttaa kotitalouksien määrä sekä kotitalouksien käyttämien sähkölaitteiden määrä ja energiatehokkuus. Suomessa käytettiin vuonna 2006 kotitaloussähköä 11,2 TWh, joka jakaantuu laiteryhmittäin kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1. Kotitaloussähkön käyttö laiteryhmittäin (Lähde Adato).

Kotitalouksien sähkön käytössä on huomattava energiatehokkuuspotentiaali; erityisesti valaistuksen, kodin elektroniikan sekä kylmäsäilytyslaitteiden sähkön käyttöä on mahdollista pienentää nykyisestä. Taulukossa 3 on esitetty Adaton²⁴ arvio energiansäästöpotentiaalista laiteryhmittäin. Taulukossa BAU-sarake (Business-as-usual) tarkoittaa normaalia energiankulutuksen kehitysuraa ja BAT-sarake (Best Available Technology) puolestaan kertoo sähkönkulutuksen, mikäli energiatehokkaat versiot laitteista ovat yleisesti käytössä. Kokonaisuudessa kotitalouksien laitesähkön käytössä arvioidaan olevan jo vuoteen 2020 mennessä 23 prosentin energiansäästöpotentiaali.

21 Report of Ecoheatcool project. 2006.

22 Asiantuntija-arvio, prof. Antero Aittomäki.

23 Adato. Kotitalouksien sähkökäyttö 2006. Tutkimusraportti 2.10.2008..

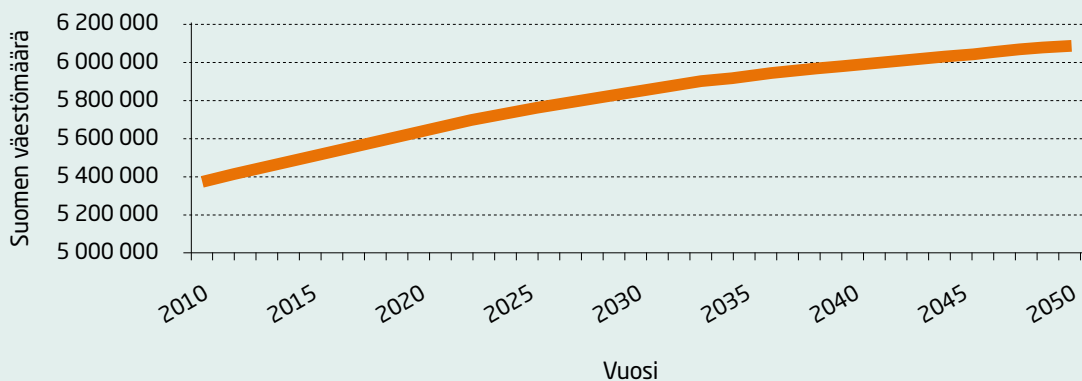
24 Adato. Kotitalouksien sähkökäyttö 2006. Tutkimusraportti 2.10.2008.

Taulukko 3. Laiteryhmien energiankulutus (Lähde Adato).

Laiteryhmä	Laiteryhmien energiankulutus vuonna 2020 (GWh/a)		
	BAU	BAT	BAT/BAU
Kylmäsäilytyslaitteet	1227	767	63 %
Ruoanvalmistus	693	577	83 %
Astianpesukone	290	268	92 %
Pyykinpesu ja -kuivaus	423	347	82 %
Viihde-elektroniikka	1076	860	80 %
Tietotekniikkalaitteet	240	87	36 %
Sähkökiuas	971	971	100 %
LVI-laitteet	809	566	70 %
Lattialämmitys	227	227	100 %
Auton lämmitys	225	225	100 %
Sisävalaistus	2002	845	42 %
Ulkovalaistus	99	22	22 %
Muut	2650	2650	100 %
Yhteensä	10 931	8412	77 %

Toisaalta kotitalouksien sähkölaitteiden määrä kasvaa jatkuvasti, mikä puolestaan kasvattaa sähkön käyttöä, vaikka laitteiden energiatehokkuus kasvaa. Tässä skenaariossa oletetaan, että uudet laitteet kumoavat säästöpotentiaalin ja sähkön ominaiskulutus kotitalouksissa pysyy ennallaan.

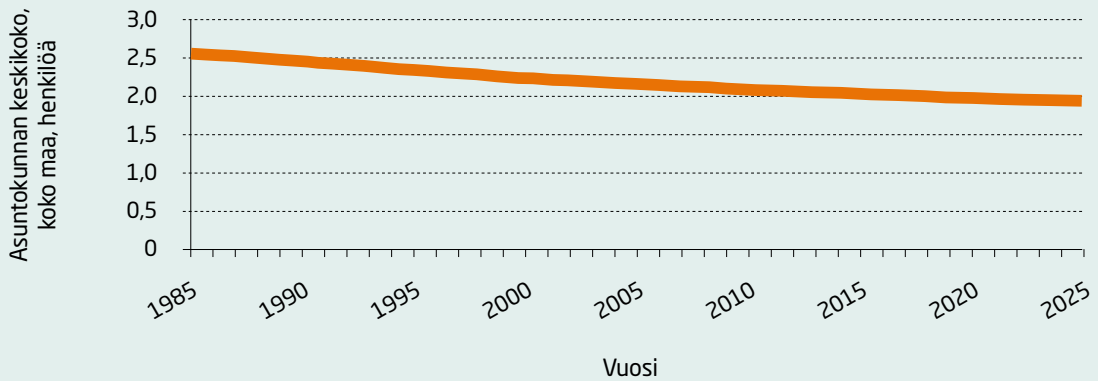
Kotitalouksien määrään vaikuttaa sekä väestönkasvu että asuinkuntien koon muutokset. Kuvassa 2 on esitetty Tilastokeskuksen väestöennuste vuoteen 2050, jonka mukaan Suomen väestömäärä on tuolloin yli 6 miljoonaa.



Kuva 2. Väestöennuste 2010–2050 (Lähde Tilastokeskus).

Asutokuntien koon ennakoidaan pienentyvän tulevaisuudessa. Kuvassa 3 on esitetty VTT:n arvio²⁵ asutokunnan keskikoon muutoksista vuoteen 2025. Mikäli oletetaan vuodelle 2050 asutokunnan keskikooksi 1,9 henkilöä, muodostuu asutokuntien määräksi väestönkasvu huomioiden n. 3–3,2 miljoonaa.

25 Lehtinen, E., Nippala, E., Jaakkonen, L. & Nuutila, H. 2005. Asuinrakennukset vuoteen 2025. VTT 2005.

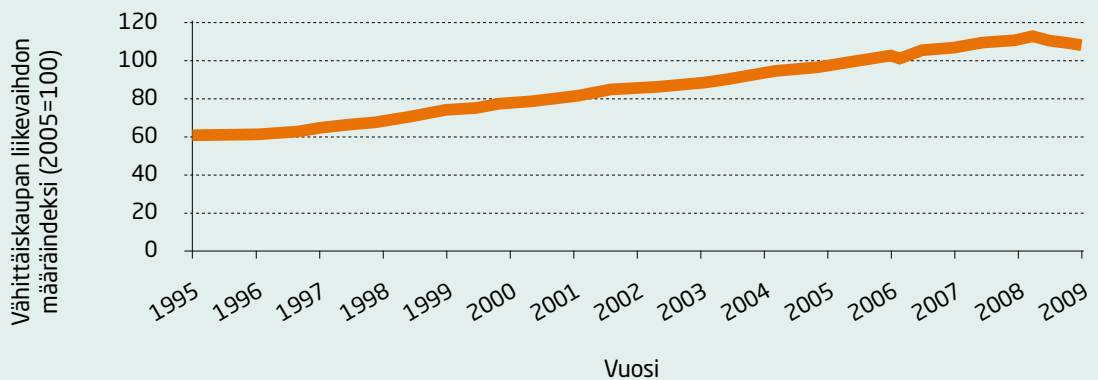


Kuva 3. Asuntokunnan keskikoko vuosina 1985–2025 (Lähde VTT).

Kotitaloussähkön kokonaiskulutuksen ennakoidaan siten kasvavan kotitalouksien määrän mukaisesti. Kotitalouksien laitesähkön vuotuisen kulutuksen ennakoidaan vuonna 2050 olevan 13–14 TWh (nykyisin noin 11 TWh vuodessa).

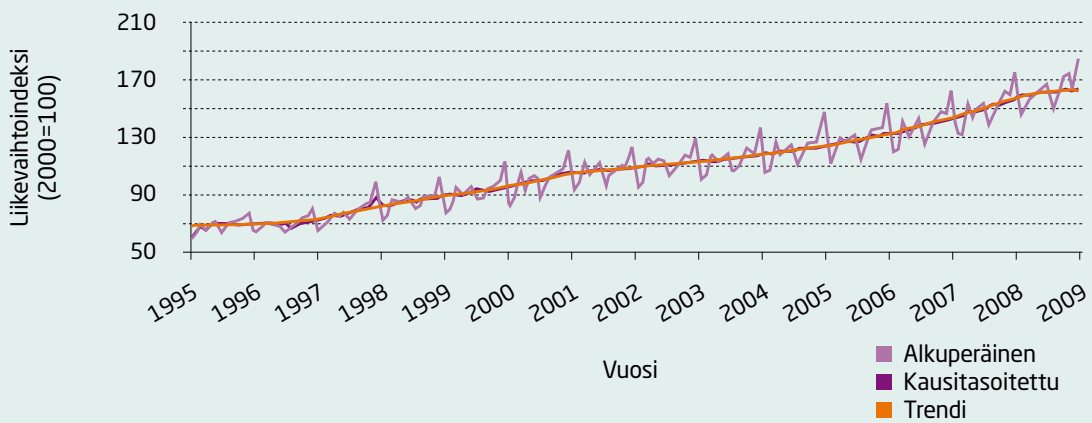
3 Palvelut ja julkinen kulutus

Vähittäiskaupan vuotuinen määräindeksillä mitattu kasvu on vuosina 1995–2008 ollut keskimäärin 5 prosenttia vuodessa. Sektorin liikevaihdon kausitasoitettu määräindeksi aikavälillä 1995–2008 on esitetty kuvassa 4.



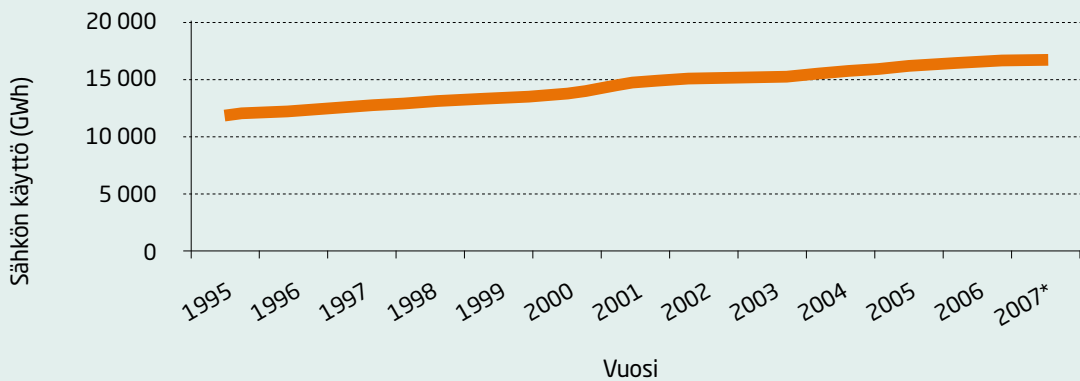
Kuva 4. Vähittäiskaupan liikevaihdon kausitasoitettu määräindeksi (2005=100, Lähde Tilastokeskus)

Muiden palveluiden liikevaihto on puolestaan kasvanut 1990-luvun puolivälistä keskimäärin 6,5 prosenttia vuodessa. Kuvassa 5 on esitetty palveluiden liikevaihtoindeksi vuosille 1995–2008. Koska indeksi perustuu euromääräisen liikevaihdon muutoksiin, on reaali kasvu ollut käytännössä tässä kuvattua alhaisempaa.



Kuva 5. Palveluiden liikevaihtoindeksi 1995–2008 (2000=100, Lähde Tilastokeskus).

Palveluiden ja julkisen kulutuksen sähkön käyttö puolestaan on kasvanut vuosina 1995–2008 keskimäärin 3 prosenttia vuodessa. Kuvassa 6 on esitetty sektorin sähkön kulutus vuosina 1995–2007.



Kuva 6. Palveluiden ja julkisen kulutuksen sähkönkäyttö vuosina 1995–2007.

Laadittaessa pitkän aikavälin ennustetta, on huomioitava, että tässä tarkastelulle aikajaksolle on osunut nousukausi. BKT:n volyymin kasvu on ollut vuosina 1995–2007 keskimäärin 3,8 prosenttia vuodessa, kun pitkän aikavälin (1975–2008) keskiarvo on 2,7 prosenttia vuodessa. Toisin sanoen Suomen talouskasvu on ollut tarkastelujaksolla 40 prosenttia voimakkaampaa kuin keskimäärin. Mikäli oletetaan, että samalla ajanjaksolla myös palvelusektorin sähkön käyttö on kasvanut 40 prosenttia normaalikehitystä voimakkaammin, saadaan normaalin talouskehityksen mukaiseksi sähkön käytön vuosikasvuksi 2,1 prosenttia vuodessa.

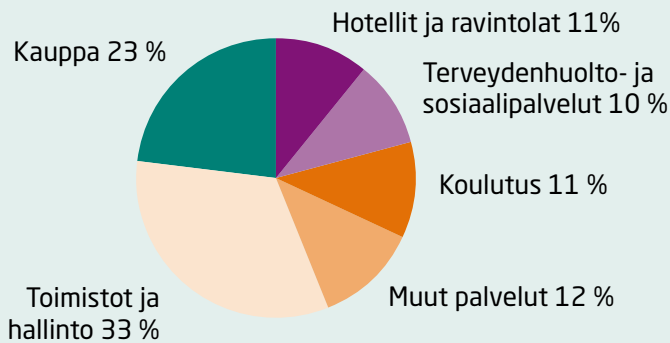
Toisaalta palvelusektorin osuuden kokonaistuotannosta ennakoitaan kasvavan tulevaisuudessa, jolloin sektorin kasvuvauhti voi jatkossakin olla BKT:n kasvua nopeampaa. Siten myös sähkön käytön kasvu voi muodostua edellä esitettyä suuremmaksi, jolloin palvelusektorin sähkön käytön vuotuisen kasvun voidaan ennakoida jatkuvan myös tulevaisuudessa samalla voimakkuudella kuin vuosien 1995–2007 välillä. Tällöin vuotuinen sähkön käytön kasvu on 3 prosenttia vuodessa.

Palvelusektorin sähkön käytössä on puolestaan arvioitu olevan kokonaisuudessaan 18 prosenttia tehostamispotentiaali nykyiseen sähkön käyttöön verrattuna²⁶.

26 Honkapuro, S., Jauhiainen, N., Partanen, J., Valkealahti, S. ”Sähkön ja kaukolämmön rooli energiatehokkuudessa ja energian säästössä”. LUT Energian Tutkimusraportti 4, Lappeenranta 2009.

Edellä esitetyn perusteella voidaan ennakoida palvelusektorin sähkön käytön kasvavan 2,1–3,0 prosenttia vuodessa. Sähkön kokonaiskäyttöä oletetaan voitavan pienentää 18 prosenttia loppukäytön tehostumisella. Siten palvelusektorin vuotuisen sähkön kulutuksen ennakoidaan olevan 30–40 TWh vuonna 2050. Palvelusektorin kasvun kohdentumisesta toimialoittain ei ole tarkempaa tietoa, mikä lisää ennusteen epävarmuutta.

Palveluiden ja julkisen kulutuksen sähkön käytön jakautuminen toimialoittain on esitetty kuvassa 7. Jakauman kohdalla tulee huomata, että se on vuodelta 1999, koska tuoreempia tilastoja sektorin energian käytön jakautumisesta ei ole saatavilla. Ajantasaisten tilastotietojen puute luo osaltaan epävarmuutta myös tulevaisuusskenaarioon.



Kuva 7. Julkisen- ja palvelusektorin sähkönkäytön jakautuminen toimialoittain vuonna 1999 (Lähde Tilastokeskus).

4 Teollisuus

Teollisuus vastaa yli puolesta sähkön kulutuksesta Suomessa. Teollisuuden sähkön käyttöön vaikuttavat muutokset tuotantomäärissä sekä sähkön käytön energiatehokkuudessa.

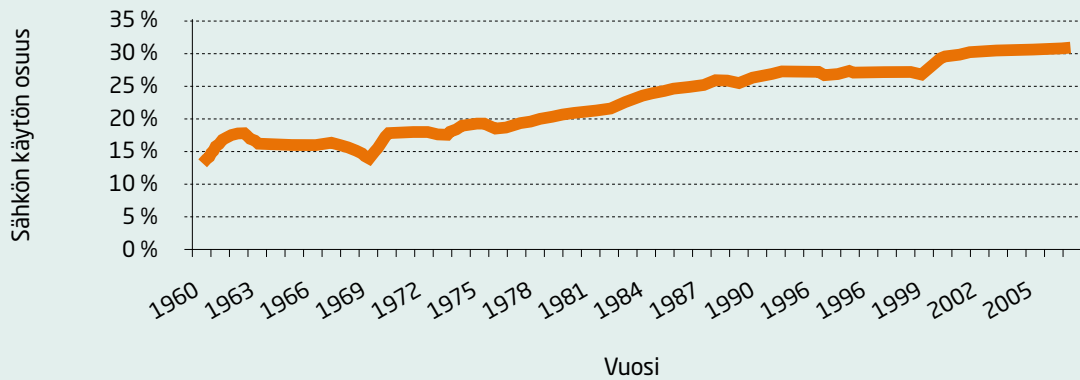
Meneillään oleva taantuma, siitä toipuminen sekä mahdolliset teollisuuden rakenteen muutokset voivat oleellisesti vaikuttaa sähkön kysyntään Suomessa. Osa nykyisestä teollisuudesta voi merkittävästi vähentyä ja toisaalta tilalle voi tulla kokonaan uusia merkittäviä teollisuudenaloja. Teollisuuden sähkön kysynnän osalta onkin järkevää käyttää suhteellisen laajaa vaihteluväliä tulevaisuutta arvioitaessa.

Energiateollisuuden visio käyttää Energiateollisuuden ja Elinkeinoelämän keskusliiton juuri päivitettyä arviota sähkön kysynnästä vuoteen 2030. Vuodesta 2030 eteenpäin kehitystä arvioidaan käyttäen perusteena energian käytön tehokkuuden lisääntymistä ja teollisuuden alojen kasvuodotuksia.

Teollisuuden sähkön käytössä arvioidaan olevan 21 prosentin taloudellisesti kannattava tehostamispotentiaali²⁷ vuoteen 2050 mennessä. Teollisuuden energian käytön tehostamispotentiaali muodostuu prosessien optimoinnista, erityisesti uusien prosessitekniikoiden käyttöönotosta, sekä pumppausien, puhaltimien ja paineilmalaitteiden energiatehokkuuden kasvattamisesta. Uusien prosessien vaikutukset painottuvat uuteen investointivaiheeseen vuoden 2030 jälkeen. Metsäteollisuuden sähkönkäytön arvioidaan pysyvän suunnilleen vuoden 2030 tasolla vuoteen 2050 asti.

Sähkön osuus teollisuuden energiankäytöstä on kasvanut verrattain tasaisesti jo pitkän ajan, kuten kuvassa 8 on esitetty. Tämän kehityksen oletetaan edelleen jatkuvan ja sähkön oletetaan olevan 40 prosenttia teollisuuden energian loppukäytöstä vuonna 2050.

27 Honkapuro, S., Jauhiainen, N., Partanen, J., Valkealahti, S. ”Sähkön ja kaukolämmön rooli energiatehokkuudessa ja energian säästössä”. LUT Energian Tutkimusraportti 4, Lappeenranta 2009.



Kuva 8. Sähkön osuus teollisuuden energiankäytöstä.

Metsäteollisuuden osuus sähköenergian käytöstä Suomessa on lähes kolmannes. Metsäteollisuudessa on meneillään merkittävä rakennemuutos, joka aiheutuu tuotteiden kysyntämuutoksista, kilpailun lisääntymisestä erityisesti kehittyvillä markkinoilla sekä kustannustason noususta kotimaisessa tuotannossa.

Metsäteollisuuden tulevaisuudesta vallitsee erilaisia näkemyksiä. Metsäteollisuus arvioi tuotteidensa jalostusarvon kaksinkertaistuvan vuoteen 2030 mennessä, jolloin uusien tuotteiden osuus jalostusarvosta olisi jo puolet. Metsäteollisuus kehittää uusia tuotteita monissa hankkeissa ja on perustanut Metsäklusteri Oy:n vetämään sekä uusien tuotteiden kehitystyötä että kehittämään nykyisiä tuotantomenetelmiä vähemmän pääomaintensiivisiksi. Uudet tuotteet ovat esimerkiksi biopolttoaineita, materiaaleja, kemikaaleja sekä toiminnallisia puu- ja kuitutuotteita.

Metsäteollisuus arvioi sähkön tarpeen pysyvän lähivuosina tasaisena ja kasvavan vuoteen 2020 mennessä ennen taantumaa olleelle tasolle (27–28 TWh). Vuoteen 2030 mennessä sähkön tarve olisi jo yli 32 TWh.

Arvion alalaitana voidaan pitää skenaariota, jossa metsäteollisuus supistuu nykytuotteiden kysynnän mukaisesti ja uusien tuotteiden merkitys on teollisuuden visiota vähäisempi. Esitetyn arvion²⁸ mukaan paperin ja kartongin tuotanto vähenisi 28 prosenttia ja massan valmistus 36 prosenttia vuoden 2008 tilanteesta. Metsäteollisuuden nykytuotteiden tuotantomäärä olisi jopa 30 prosenttia nykyistä pienempi vuonna 2020.

Biopolttoaineiden kaupallisen tuotannon arvioidaan käynnistyvän. Sen oletetaan merkitsevän noin 2–3 TWh sähköntarvetta vuoteen 2030 mennessä. Teollisuudessa oletetaan syntyvän biopolttoaineiden ohella myös muita uusia tuotteita.

Energiateollisuuden visiossa oletetaan metsäteollisuudelle ja muullekin teollisuudelle laajahko sähkön tarpeen vaihteluväli. Yhteiskunnan toimenpiteet ja energiaan liittyvät ratkaisut vaikuttavat teollisuuden toimintaedellytyksiin Suomessa markkinoiden ja metsäteollisuuden omien ratkaisujen ohella.

28 Hetemäki, L. & Hänninen, R. 2009. Arvio Suomen puunjalostuksen tuotannosta ja puunkäytöstä vuosina 2015 ja 2020. Metlan työraportteja 122.

Metallinjalostuksen ja kemianteollisuuden sähkökäyttö kasvaa lievästi

Muiden teollisuudenalojen sähkön käytön ennakoitaan olevan vuonna 2030 noin 25 TWh. Näistä metallinjalostus on noin 10 TWh ja kemianteollisuus noin 8 TWh. Kummankin teollisuudenalan näkymät vuoteen 2050 ovat lievästi kasvavat. Metallituotteiden ja kemikaalien kysynnän oletetaan painottuvan kehittyviin maihin. Myös valmistustoiminnan painopiste siirtyy kehittyviin talouksiin.

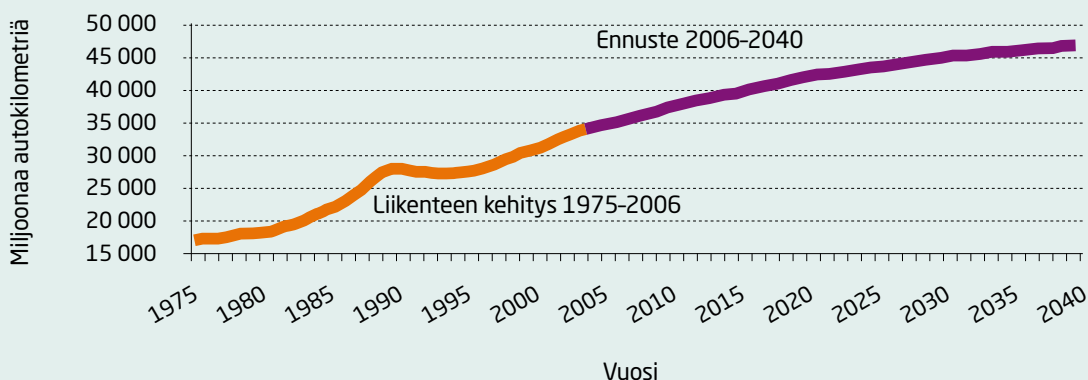
Tuotannon määrän odotetaan kasvavan hieman energiatehokkuuden lisääntymistä nopeammin. Teollisuuden sähkön tarpeeksi arvioidaan vuonna 2050 noin 48–58 TWh.

Massa- ja paperiteollisuuden tuotannon ja prosessien muutoksilla on huomattava merkitys teollisuushöyryn tuotantomääriin ja sitä kautta vastapainesähkön tuotantomahdollisuuksiin. Visiossa on arvioitu teollisuushöyryn vuotuisen tarpeen vähenevän tuotantomuutosten sekä prosessien optimoinnin seurauksena ja olevan vuonna 2050 noin 50–57 TWh.

5 Liikenne

Liikenteen osalta sähkön käyttöön vaikuttaa erityisesti sähköverkosta ladattavien sähköautojen yleistymisen sekä liikennemäärien kasvu. Sähköverkosta ladattavia sähköautoja ovat sekä akkusähköautot, joissa on ainoastaan sähkömoottori että ladattavat hybridit, joissa on myös polttomoottori, jota voidaan käyttää akkujen lataamiseen.

Kuvassa 9 on esitetty Tiehallinnon tieliikenteen ennuste vuosille 2006–2040. Ennusteen mukaan tieliikenne kasvaa vuoden 2006 tasosta vuoteen 2040 kokonaisuudessaan 34 prosenttia.



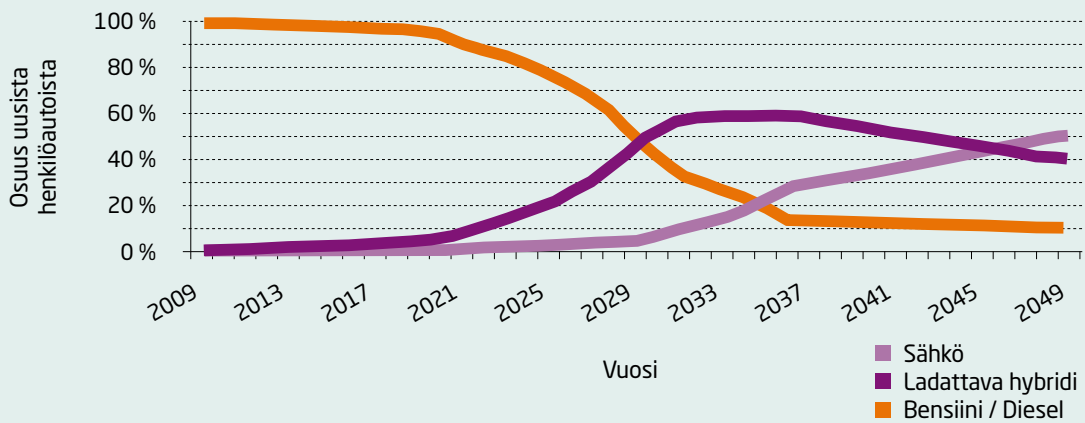
Kuva 9. Tieliikenteen kasvuennuste.²⁹

Mikäli kasvuvauhti jatkuu samansuuruisena vuoden 2040 jälkeen, voidaan tieliikenteen liikennesuoritteiden ennakoita olevan 40 prosenttia nykyistä suurempi vuonna 2050. Mikäli henkilöautoliikenteen suorite kasvaa 40 prosenttia nykyisestä ja kaikki henkilöautoliikenne perustuu sähköautoihin (keskikulutus 15 kWh/100 km), kuluu sähköä vuosittain n. 9 TWh.

Yhden sähköautojen yleistymistä koskevan skenaarion³⁰ mukaiset ladattavien hybridien sekä sähkö- ja bensiini-/diesel-autojen osuudet uusista autoista on esitetty kuvassa 10.

²⁹ Tiehallinto. Tieliikenne-ennuste 2007–2040.

³⁰ Honkapuro, S., Jauhiainen, N., Partanen, J., Valkealahti, S. ”Sähkön ja kaukolämmön rooli energiatehokkuudessa ja energian säästössä”. LUT Energian Tutkimusraportti 4, Lappeenranta 2009.



Kuva 10. Erityyppisten henkilöautojen osuudet uusista henkilöautoista vuosina 2009–2050 ladattavia hybridejä ja sähköakkuautoja koskevassa skenaariossa.

Huomioiden yllä olevassa kuvassa esitetyt autojen myyntimäärien muutokset, autokannan uusiutumisenopeuden sekä liikennemäärien muutokset, voidaan arvioida, että henkilöautoliikenteen vuotuinen sähköenergian kulutus vuonna 2050 on noin 6,5 TWh. Laskelmassa on oletettu, että ladattavilla hybrideillä ajetaan 70 prosenttia matkasta sähköllä ja 30 prosenttia muulla polttoaineella (esim. biodiesel tai bioetanoli).

Rautatieliikenteen osalta vuotuisen liikennemäärän kasvun ennakoidaan olevan noin 1 prosenttia vuodessa³¹, jonka toteutuessa liikennemäärä kasvaisi 1,5-kertaiseksi nykyiseen verrattuna vuoteen 2050 mennessä. Lisäksi rataverkon sähköistysasteen odotetaan kasvavan edelleen nykyisestä. Näillä oletuksilla raideliikenteen käyttämä vuotuinen sähköenergia vuonna 2050 on 1 TWh.

Sähkön tarpeeseen voi vaikuttaa myös polttokennotekniikan mahdollinen käyttöönotto raskaassa liikenteessä. Mikäli tieliikenteen raskaasta kalustosta suuri osa siirtyy polttokennojen ja vedyn käyttöön, pitää tuottaa suurehkot määrät vetyä. Vedyn valmistusprosessi on sähköintensiivinen. Vedyn valmistusta liikennekäyttöön ei ole huomioitu tämän selvityksen sähkön tarvearviossa, joten se on epävarmuustekijä, joka voi nostaa sähkön tarvetta jatkossa.

31 Ratahallintokeskus. Rautatieliikenne 2030 – radanpidon pitkän aikavälin suunnitelma. Helsinki 2006.

6 Yhteenveto

Taulukossa 4 on esitetty yhteenvetona arvio Suomen sähkön kulutuksesta vuosina 2050.

Taulukko 4. Arvio sähkön kulutuksesta Suomessa vuonna 2007 ja vuosina 2030 ja 2050

Sektori	Sähkön käyttö vuonna 2007 (TWh/a)	Sähkön käyttö vuonna 2030 (TWh/a)	Sähkön käyttö vuonna 2050 (TWh/a)
Asuminen	23	24–26	24–27
kotitaloussähkö	11	13	13–14
rakennusten lämmitys	12	11	9–11
rakennusten jäähdytys	0,2	1	2
Teollisuus	48	49–56	48–58
Palvelut ja julkinen	15,5	22	30–40
Liikenne	0,5	3	8–10
Häviöt	3	3	4
Yhteensä	90	100–111	113–138

Kaukolämmön osalta kulutukseksi vuonna 2050 arvioitiin 25–33 TWh/a ilman verkostohäviöitä. Kaukolämmön verkostohäviöt ovat tällä hetkellä noin 9 prosenttia kulutetusta energiasta, mutta niiden odotetaan pienentyvän tulevaisuudessa. Kaukolämmön tuotannon tarpeen ennakoidaan siten olevan 26–34 TWh/a.

LIITE 2

Tulevaisuusprosessin tuottamat skenaariot

Tulevaisuuden tutkimuskeskus on vetänyt Energiateollisuuden toimeksiannosta tulevaisuusprosessin, jossa tuotettiin seuraavat neljä skenaariota. Raportissa käytetyt suorat lainaukset tai muut viittaukset tulevaisuusverstastyöskentelyyn tai tulevaisuuskyselyn tuottamaan aineistoon on merkitty tekstiin seuraavasti:

W1 = Ensimmäinen Tulevaisuusverstaas

W2 = Toinen Tulevaisuusverstaas

W3 = Kolmas Tulevaisuusverstaas

Q1 = Ensimmäinen kysely

Q2 = Toinen kysely

Energian tuotannon ja kulutuksen neljä skenaariota ovat:

SUOMI AJOPUUNA KRIISIYTYVÄSSÄ MAAILMASSA

EKOLOGISET ARVOT HALLITSEVAT

IRTI ÖLJYRIIPPUVUUDESTA HYVINVOINTI TURVATEN

TEOLLINEN KASVU

1 Suomi ajopuuna kriisiytyvässä maailmassa

Tulevaisuuspolulla – Miten Suomi ajautuu heikoin tavoittein kohti synkkää tulevaisuutta

2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen aikana ilmastonmuutoksen vaikutukset näkyivät sykkähdyksittäin joissain osissa maapalloa. Suomessa tilanne oli hyvä ja ilmastonmuutoksen ei arveltu vaikeuttavan Suomen tilannetta myöhemminkään suuresti, olisihan Suomi riskiyhteiskuntien uusjaossa voittajavaltio, kun kylmä ilmasto muuttuisi etelän lämpimiin säihin tulevaisuudessa. Fossiilisten polttoaineiden rajallisuus oli tiedostettu jo pitkään, öljyhuipun saavuttamisen ajankohdasta tosin oli erimielisyyttä tutkijoiden kesken. Useimmat laskivat, että öljyn kulutuksen huippu saavutetaan vuoden 2020 tienoilla, jonka jälkeen öljyvarat alkaisivat huveta. Vuodesta 2010 energiankulutus kasvoi noin 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä.

2010-luvun lopulla maailmantilanne alkoi kuitenkin yllättäen ja nopealla tavalla kriisiytyä. Vuonna 2019 öljyntuottajamaiden järjestö (OPEC) kieltäytyi myymästä öljyä länsimaille vedoten poliittisiin erimielisyyksiin. Pian uutisoitiin näyttävästi öljyntuotannon olevan hiipumassa OPEC-maissa ja öljyvarojen riittävän enää tuottajamaiden omaan kulutukseen. Ennakoitua nopeampi öljyvarojen ehtyminen muissakin öljyntuottajamaissa aiheutti maailmanlaajuisen talouskriisin. Myös ilmastonmuutos alkoi samanaikaisesti voimistua ennakoitua nopeammin.

Suomi ei ollut valmistautunut äkilliseen öljykriisiin. Öljyriippuvuutta vähentäviä toimia ei Suomen valtio tai mikään muukaan taho ollut ennakoivasti tehnyt edellisten vuosikymmenien aikana, eikä vaihtoehtoisin polttoaineisiin tai teknologioihin perustuvia järjestelmiä liikenteessä ollut kehitetty. Liikenteen lamaan tuminen aiheutti vakavan kriisin Suomessa. Maatalouden koneet py-

sähtyivät, samoin teollisuuden kuljetukset ja liikennepalvelut. Suomen talous ajautui syvään lamaan, jonka seurauksena oli pulaa jopa peruselintarvikkeista ja energiasta. Eduskunta joutui reagoimaan tilanteeseen tiukalla lainsäädännöllä ja energiaa ryhdyttiin säännöstelemään Suomessa 2020-luvulla. Polttoaineen varmuusvarastot otettiin käyttöön ja turpeesta valmistettiin öljyn korviketta ajoneuvoihin.

Ydinvoiman lisärakentaminen oli Suomessa ratkaisu 2020-luvun energiakriisiin. ”Talouskasvu tarvitsee energiaa” oli argumentti, jolla lisäydinvoiman rakentamista perusteltiin. Öljykriisin ja talouskriisin jälkeen Suomeen rakennettiin nopealla aikataululla kolme uutta ydinvoimalaa.

Kriisien kierre maailmassa 2050

Ilmastonmuutoksen myötä merenpinta nousi ja poikkeukselliset sääilmiöt yleistyivät globaalisti. Niiden seurauksena syntyi voimakas kansainvälinen muuttoliike pois pahimmilta häiriöalueilta. YK:n ilmastopimusneuvotteluissa tavoiteltiin globaalia energiapolitiikkaa ja keskusteltiin kovasti tehokkaiden ohjauskeinojen tarpeellisuudesta. Seurauksena olikin kompromissiratkaisuja sisältävä lisäpöytäkirja. CO₂-päästöjen vähennykset olivat kuitenkin riittämättömiä, koska tavoitteet asetettiin liian vaatimattomiksi. Energia- ja muut luonnonvarat niukentuivat voimakkaasti ja energian hinnannousu aiheutti ongelmia myös Suomessa.

”Maailma kulkee ”yhteisestä sopimuksesta” (=kaikkien alueiden ja maiden ihmiset yhtä itsekkäitä ja tekevät yhtä heikkoja toimenpiteitä sisältäviä sopimuksia) kohti tuhoaan” (q2)

Energiakriisin taustalla olivat poliittiset levottomuudet Lähi-idässä, joiden seurauksena Lähi-idän öljytoimitukset supistuiivat voimakkaasti. Maailman öljyvarat myös osoittautuivat arvioitua pienemmiksi. Ilmastonmuutos ja energiakriisi aiheuttivat levottomuuksien kierteen maailmalla, sotia käytiin laajoilla alueilla ja terrorismi lisääntyi. Maailman epävakainen tilanne heijastui myös Suomeen, joka joutui luopumaan puolueettomuuspolitiikastaan.

Maailmantalouden painopisteen siirtyminen kohti Aasiaa jatkui. EU muuttui kiristyvässä maailmantaloudessa protektionistiseksi ”Eurooppa-linnoitukseksi”, pyrkien suojelemaan jäsenmaiden sa etuja. Sisäinen yhteistyö energiahuollon varmistamiseksi johti sähkön markkina-alueen laajenemiseen Euroopassa nopealla aikataululla kun Pohjoismaiset sähkömarkkinat ja Saksan, Ranskan, Belgian ja Alankomaiden sähkömarkkinat yhdentyivät. Vuonna 2050 sähkömarkkina-alueeseen kuuluivat kaikki muutkin EU:n jäsenmaat. Sähkön hinta kohosi energiavarojen niukentuessa ja kilpailun kiristyttyä sähkömarkkinoille jäivät vain vahvimmat ja suurimmat sähköntuottajat.

Vuonna 2050 Venäjä vei Eurooppaan jonkin verran energiaa, mutta ei toimittanut Suomeen sähköä enää merkittävässä määrin. Venäjän kasvavat kotimarkkinat maakaasulle ja muille energiamuodoille eivät vuoden 2030 jälkeen enää juurikaan jättäneet tilaa viennille. Euroopan riippuvuus Venäjän maakaasusta oli muutenkin vähentynyt, sillä maakaasun markkina-alue vuonna 2020 kattoi suurimman osan Eurooppaa ja vuonna 2050 maakaasua ryhdyttiin tuomaan Eurooppaan Turkin kautta Turkmenistanista ja Azerbaidzanista sekä Irakista, Iranista ja Egyptistä.

Passiivinen ajopuu

Suomen valtion harjoittama ilmasto- ja energiapolitiikka oli koko tarkasteluajanjakson ajan suhteellisen passiivista. Varovaisuusperiaatetta ei otettu poliittisessa päätöksenteossa huomioon, eikä ongelmiin pyritty varautumaan ennalta vaan niihin ajaututtiin. Jälkikäteen jouduttiin toimeenpanemaan hyvin voimakkaita politiikkatoimia, kuten säännöstelemään energiaa ja muutakin kuluusta sekä sulkemaan rajoja maahanmuuttajilta.

”Rajuihin toimiin joudutaan lähinnä pakon edessä” (q2)

Levottomuudet maailmalla näkyivät Suomessa muun muassa kasvaneena ilmastopakolaisuutena 2030-luvulta alkaen. Suomessa säädettiin vuosi vuodelta tiukempia maahanmuuttolakeja. Taloudellinen lama 2020-luvulla vähensi Suomen vetovoimaa maahanmuuttajien mielissä, kuitenkin

elinolosuhteiden muuttuminen sietämättömäksi muilla alueilla synnytti muuttoaallon jota silloinen lainsäädäntö ja valvonta eivät pystyneet estämään. Laiton maahanmuutto yleistyi, ja maahanmuuttajat joutuivat usein elämään kurjissa olosuhteissa. Sosiaalisen eriytymisen myötä kansalaisten kokemana turvattomuus yhteiskunnassa lisääntyi.

Energiatuotannon hiilidioksidipäästöt pysyivät Suomessa suurin piirtein vuoden 2009 tasolla vuoteen 2020 saakka. Vuoden 2020 energian säännöstelyn seurauksena päästöt kääntyivät laskuun ja vuonna 2050 energiantuotannon päästöt olivat laskeneet 25 prosenttia vuoden 2009 päästötasosta.

Energian hintakehitys oli nousujohteinen lähes koko 2000-luvun. Tähän vaikutti niukkuus fossiilista energiavaroista, jonka myötä energiasta tuli ”ylellisyshyödyke” ja energiavarojen rajallisuus ymmärrettiin vasta kun rajat tulivat vastaan. Vuodesta 2009 vuoteen 2020 energian hinta 1,5-kertaistui ja vuoteen 2050 mennessä energian hinta oli jo kaksinkertaistunut vuoden 2009 tasosta.

Fossiilisista polttoaineista ei haluta luopua

Fossiiliset polttoaineet olivat edelleen kaikesta huolimatta käytössä vuonna 2050. Öljy- ja maakaasuvarat sijaitsivat yhä harvempien maiden alueilla. Maailman kivihiihilarvoja otettiin kriisien kierteessä olevassa maailmassa entistä enemmän käyttöön, myös Suomessa. Hiilidioksidin talteenotto- ja varastointiteknologian kehittämiseen käytettiin energiakriisin ja ilmastonmuutoksen myötä runsaasti resursseja ja se kehittyi kaupalliseen käyttöön tarkasteluajanjakson lopulla.

Uusiutuvat energianlähteet kehittyivät marginaalisesti Suomessa, sillä tutkimus- ja kehitysrahoja ei käytetty uusiutuvan energian käytön edistämiseksi. Uusiutuvan energian hankkeita toteutettiin vain yksittäisten ”Pelle Pelottomien” toimesta. Uusia, innovatiivisia keksintöjä niin energiansäästön, energiatehokkuuden tai uusiutuvan energian suhteen ei tuettu, vaan luotettiin jo pitkään olemassa olleisiin ratkaisuihin. Sähkökäyttöiset, ilman, veden ja maaperän lämpötilaeroja hyödyntävät lämpöpumput muodostuivat kuitenkin merkittäväksi energiaratkaisuksi Suomessa.

Suomen väkiluku kasvaa huomattavasti

Suomen yhdyskuntarakenne muuttui perinpohjaisesti. Ilmastopakolaisten myötä kasvanut väkiluku lisäsi asukastiheyttä. Samaan aikaan oli käynnissä kaksi eri kehityssuuntaa. Yhtäältä kaupungeissa yhdyskuntarakenne tiivistyi ja toisaalta asutus maaseudulla lisääntyi. Kaupunki ja maaseutu täydensivät toisiaan energiaan liittyvien ongelmien ratkaisemisessa: Kaupungeissa hyödynnettiin kaikki keskittämisen, säästämisen ja innovaatio toiminnan edut, kun taas maaseudulla korostettiin elintarvikeomavaraisuutta ja perusturvallisuuden lisäämistä. Ilmastonmuutoksen myötä lämmennyt ilmasto, pidentynyt satokausi ja lisääntynyt sadanta kasvattivat satomääriä.

Sähköverkko vahvistuu

Sähköverkkotoiminta perustui edelleen alueellisiin monopoleihin ja sähkön siirto- ja jakelujärjestelmä mahdollisti laajamittaisen sähköautoilun. Haja-asutusalueilla sähköverkkoa vahvistettiin voimakkaasti mm. kaapeloinneilla. Verkkoyhtiöillä oli tarve investoida sähköverkkojen ylläpitoon, sillä haja-asutusalueille sijoittui paljon asutusta ja sähköautoilu asetti sähkönjakeluverkolle uudenlaisia käyttövarmuusvaatimuksia. Toimitusvarmuus ja sähkön jakelun häiriöttömyys olivat etusijalla sähkön siirto- ja jakeluverkkoa uudistettaessa ja ylläpidettäessä.

Polttoaineiden varmuusvarastointi oli edelleen tärkeässä asemassa. Nopeasti käyttöön otettavia suurikapasiteettisia sähkön varastointiteknikoita ei onnistuttu tarkasteluajanjaksolla kehittämään niin pitkälle, että ne olisi voitu ottaa laajamittaiseen kaupalliseen käyttöön. Sähköautojen akkuja voitiin kuitenkin käyttää merkittävässä määrin sähkön varastointiin.

2 Ekologiset arvot hallitsevat

Tulevaisuuspolulla vihreiden arvojen hallitessa

Ilmastonmuutosta alettiin 2000-luvulla pitää vakavimpana ympäristöriskinä maailmassa. Ekologisten ja sosiaalisten ongelmien lisäksi ilmastonmuutoksen ymmärrettiin vaikuttavan negatiivisesti myös talouteen. Jo pitkään oli tiedostettu fossiilisten energiavarojen rajallisuus, ja kiristyvien ilmasto- ja energiapoliittisten tavoitteiden asettamisen myötä 2010-luvun alkupuolella oli selvää, ettei energian kulutusta lisäämällä voida vähentää kasvihuonekaasupäästöjä maailmanlaajuisesti tai edes lisätä ihmisten hyvinvointia. Energiansäästöön ja energiatehokkuuteen kannustavaa valtion ohjausta ryhdyttiin uudistamaan voimakkaasti.

Vaaratilanne suomalaisessa ydinvoimalassa vuonna 2013 sekä Romaniassa vuonna 2015 tapahtunut vakava ydinonnettomuus käänsivät kansalaismielipidettä jyrkästi ydinvoimavastaisemmaksi. EU kyseenalaisti 2020-luvulla Suomessa toimivat niin sanotut keskinäiset resurssiyhtiöt, jotka tuottavat osakkailleen sähköä omakustannushintaan osakkailleen. Perusteet koskivat kyseisen järjestelyn ongelmallisuutta sähkömarkkinoiden toimivuuden kannalta; keskinäisten resurssiyhtiöiden markkinaosuus Suomessa oli suuri ja resurssiyhtiöiden osakkaina oli myös sähkön jälleenmyyjä. Lisäksi keskinäisiltä resurssiyhtiöiltä puuttuvaa mahdollisuutta voiton tuottamiseen pidettiin markkinatalouden vastaisena. Tämän seurauksena lisäydinvoimaan ei enää panostettu ja sähkön hinta Suomessa nousi eurooppalaiselle tasolle markkinoiden yhdenmittyä. Suomen nykyiset ydinvoimalaitokset poistettiin käytöstä 2020-luvulla.

Kiristyvien kansainvälisten ilmastovelvoitteiden ja laajan kansalaistuen myötä energian säästöön, energiatehokkuuden parantamiseen ja uusiutuvaan energiaan liittyviin tutkimus- ja kehityshankkeisiin ohjattiin valtion budjetista erittäin runsaasti varoja. Lisäksi otettiin käyttöön joukko uusia ohjauskeinoja kuten syöttötariffit uusiutuvilla energialähteillä tuotetulle sähkölle sekä valtion takaamat korkotuetut investointilainat. Uusiutuvaa energiaa suosittiin myös verotuksellisin keinoin ja näin saadut verotuotot ohjattiin edellä mainittuihin uusiutuvan energian tutkimus- ja kehityshankkeisiin. Energian hinnannousun ja edellä kuvattujen politiikkatoimien seurauksena vuonna 2020 energiankulutus oli vähentynyt 25 prosenttia vuodesta 2009. Samaan aikaan saavutettiin EU:n Suomelle asettamat uusiutuvan energian osuuksiin liittyvät tavoitetasot.

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi kaikissa teollisuusmaissa alettiin 2030-luvulla seurata kasvihuonekaasupäästöjä myös henkilötasolla. Henkilökohtaiset päästömittarit pitivät kansalaiset hyvin perillä omista päästöistään, ja tiedot ovat myös olleet julkisia. Tämä antoi tiedotusvälineille idean valita ”vuoden päästäjän” joka muutaman vuoden jälkeen korvattiin ”vuoden säästäjällä”. Kansalaisille jaettiin päästöoikeuksia vuodesta 2032 alkaen, vuosi vuodelta vähenevästi tavoitteena hiilidioksidipäästöjen osalta nollataso vuonna 2050. Päästöoikeuksilla oli mahdollista käydä kauppaa kansainvälisesti. Päästöoikeuksia säästääkseen ihmiset muuttivat kulutustottumuksiaan, erityisesti liikkumiseen kiinnitettiin paljon huomiota. Ongelmia kuitenkin aiheutti eriarvoisuus, sillä hyvätuloisilla oli paremmat mahdollisuudet jatkaa päästöjä aiheuttavaa kuluttamista ja kaikilla ei ollut mahdollisuutta työskennellä kävely- tai pyöräilymatkan päässä.

Vuonna 2050 hiilidioksidipäästöjen saavutettua lähes nollatason, päästöoikeuksia ei enää juurikaan tarvittu mutta valvontaa jatkettiin edelleen. Kaikki käytetty energia oli vuonna 2050 käytännössä kasvihuonekaasupäästötöntä, sillä CCS-teknologiasta (carbon capture and storage) edelleen kehitetty GHGCSPTeknologia (greenhouse gas capture, storage and processing) oli juuri otettu käyttöön.

Vuoteen 2050 mennessä energiankulutus laski energiansäästöön ja energiatehokkuuteen tähtäävien politiikkatoimien ja energiaintensiivisen teollisuuden vähenemisen myötä 60 prosenttia vuoden 2009 tasosta. Suomen talous kasvoi hitaasti mutta tasaisesti koko tarkastelujakson.

Ympäristöarvojen muuttama maailma vuonna 2050

Ilmastonmuutoksen negatiiviset vaikutukset näkyivät globaalisti. Tämä johti globaalin ilmasto- ja ympäristöpolitiikan etenemiseen ja tehostumiseen. Uusia kansainvälisiä sopimuksia solmittiin niin ilmastonmuutoksen torjuntaan, siihen sopeutumiseen kuin luonnonvarojen hyödyntämiseenkin liittyen. Ympäristöasioissa voimakas valtion ohjaustarve hyväksyttiin, ja kaikki hallinnonalat integroivat ympäristötavoitteet osaksi toimintaansa. Elinkeinoelämä kantoi vastuuta ilmastonmuutoksen torjumisesta, ja taloudellisista ohjauskeinoista tuli osa globaalia ilmasto- ja energiapolitiikkaa. Fossiilisten polttoaineiden käyttöä rajoitettiin voimakkaasti kaikissa teollistuneissa maissa, ja osa öljy-, kivihiili- ja maakaasuvaroista jätettiin tietoisesti käyttämättä.

”Vuonna 2050 energiantuottajille ekologisuus ja vastuullisuus on standari ja itsestään selvää (laissa pakollista), silloin taloudellinen ohjaus on kääntynyt niin päin, että vihrein on halvinta” (q1)

Energia ja luonnonvarat olivat globaalisti niukkkenevia hyödykkeitä. Maailmantalouden painopiste siirtyi Aasiaan, samoin kuin suurin osa runsaasti energiaa käyttävistä teollisuuden tuotantolaitoksistakin. Tästä huolimatta Kiina ja Intia sitoutuivat kansainvälisiin ympäristösopimuksiin ja olivat mukana kansainvälisessä päästökauppajärjestelmässä, jossa mukana ovat myös historialliset päästöt.

Euroopan Unionin (EU) laatimat ilmasto- ja energiapoliittiset tavoitteet ja toimenpiteet vaikuttivat voimakkaasti Suomen energia- ja ilmastopolitiikan linjauksiin. EU:n jäsenvaltioiden välinen yhteistyö oli ja Pohjoismaiset sähkömarkkinat yhdistyivät koko EU:n kattavaan sähkömarkkina-alueeseen. Venäjä toimitti merkittäviä määriä energiaa (pääosin sähköä) Eurooppaan, mutta ei enää Suomeen. Maakaasun markkina-alue Euroopassa laajentui hieman. GHGCPS-teknologia (greenhouse gas capture, storage and processing) otettiin osaksi maakaasun käytön perusteknologiaa.

Vapaaehtoinen vaatimattomuus

Merkittävin muutos suomalaisessa yhteiskunnassa oli arvomuutos. ”Downshifting”-ilmiö yleisty. Vapaaehtoinen vaatimattomuus lisääntyi kuluneiden 40 vuoden aikana niin paljon, että energian ja luonnonvarojen kulutus kääntyi laskuun vastauksena ilmastonmuutoksen ja kestävä kehityksen haasteisiin. Myös työelämässä menestyshakuisuus, kilpailukeskeisyys ja tehokkuusvaatimusten kiristyminen aiheuttivat vastareaktion, jonka myötä kuluttamisen sijasta alettiin kiinnittää huomiota aineettomiin asioihin, joiden merkitys ihmisten hyvinvoinnille on tärkeä. Askeettinen hedonismi korosti ulkoista vaatimattomuutta ja sisäistä rikkautta, kun elämästä pyrittiin nauttimaan ei-materiaalisilla tavoilla työnteon osuutta samanaikaisesti vähentäen. Suomeen syntyi myös ”antieko”-vastakulttuuri.

”Negawattit parhaita megawatteja” (q1)

Ilmastonmuutoksen haasteeseen vastaamisen myötä energian ja raaka-aineiden säästäminen lisääntyi ja energiatehokkuus parani. Niukkuudesta tuli hyve, ja innovaatiotoiminta suuntautui niukkuutta myötäileviin ratkaisuihin. Sijoittajat ottivat huomioon EU:n kiristyvät ilmasto- ja energiapoliittiset tavoitteet, ja niihin liittyvä tutkimus- ja kehitystyö johti moniin suomalaisiin menestystarinoihin, kun innovatiivisuus hyödynnettiin ja käännettiin kilvoitteluksi vähäresurssisista ja hiilidioksidipäästöttömistä ratkaisuista. Tuotanto- ja kulutusjärjestelmät sekä kulutuskäyttäytyminen muuttuivat perustavalla tavalla tarkasteluajanjakson aikana.

Neitseellisten luonnonvarojen käyttöä vähentäviä keksintöjä tuli runsaasti markkinoille. Kertakäyttökulttuurista pyrittiin eroon niin, että yksityisomistuksen sijaan kehitettiin erilaisia yhteisomistus- ja vuokrausjärjestelmiä esimerkiksi kesämökeille ja liikennevälineille.

Vuoteen 2020 mennessä energiantuotannon hiilidioksidipäästöjä oli onnistuttu vähentämään Suomessa EU:n tavoitteita vastaavasti noin 25 prosenttia vuoden 2009 tasosta. Liikenteen hiilidiok-

sidipäästöt vähenivät samanaikaisesti yli tavoitteiden. Hiilidioksidipäästöjen alentaminen nollatasolle vuoteen 2050 mennessä muotoutui EU:n tavoitteeksi ilmastonmuutoksen riskien osoittauttua odotettua suuremmiksi. Tavoitetta lähestyttiin monissa jäsenmaissa, mutta Suomi oli yksi harvoista maista jotka onnistuivat saavuttamaan sen.

Uusiutuvan energian osuus kokonaisenergiankulutuksesta saavutti Suomessa EU-tavoitteet vuonna 2020. Tämän jälkeen niiden osuus nousi fossiilisten polttoaineiden hinnan nousun myötä, ja vuonna 2050 käytännöllisesti katsoen kaikki polttoaineet olivat uusiutuvia. Tämä edellytti tuki- ja ohjausjärjestelmien tehostamista ja oli osaltaan seurausta elinkeinorakenteen muutoksesta. Puuperäistä energiaa, jätepolttoaineita, lämpöpumppuja, biokaasua ja tuulivoimaa lisättiin voimakkaasti. Metsäenergian hyödyntäminen kasvoi merkittävästi, kun logistiikkaketjut ja varastointi rakennettiin toimivaksi.

Elinkeinot uusiksi

Palvelusektorin osuus kasvoi, ja teollisuuden energiaintensiivisyys puolestaan laski huomattavasti. Energiaintensiivisestä teollisuudesta suuri osa siirtyi Aasiaan. Suomessa toimiva teollisuus oli pääosin teknologiateollisuutta, joka hyödynsi monipuolisesti uusien teknologioiden kirjoa. Suomessa hyödykkeiden kulutusta merkittävämmäksi nousi erilaisten palveluiden kulutus, ja palveluvalikoima kasvoi varsin monipuoliseksi eri elämänalueilla. Kaavoituksella ohjattiin palveluiden sijoittumista niin, että ne olivat lähellä keskittynyttä asutusta. Hyödykkeistä tutut ympäristömerkit otettiin käyttöön myös palveluille.

Neljänkymmenen vuoden tarkasteluajanjaksolla sisätilaviljely kehittyi ja joidenkin viljelykasvien kohdalla pystyttiin jopa ympärivuotiseen viljelyyn ja useisiin satoihin. Näiden lajikkeiden satoisuus parani säämuuttujan eliminoimisen myötä. Silti suuri osa elintarvikkeista tuotiin edelleen ulkomailta. Viljelymaan tarve pienentyi, torjunta- ja haitta-aineiden käyttö vähentyi ja fossiilisten polttoaineiden kulutus maataloudessa lopetettiin.

”Lihakset käyttöön liikenteessä”

Liikenne muuttui paljon niin henkilö- kuin tavaraliikenteenkin osalta. Päivittäinen asiointi ja osa lähilomamatkoista pystyttiin hoitamaan pyöräillen tai kävellen. Suuri osa pidemmistä matkoista tehtiin julkisilla liikennevälineillä. Asutuksen keskittyminen kaupunkeihin, toimiva joukkoliikenne kaupunkien sisällä ja niiden välillä vähensivät liikkumistarvetta ja erityisesti yksityisautoilua. Biokaasu yleistyi liikennevälineiden polttoaineena. Linja-autojen reittien ja aikataulujen joustavuus eri kaupunkien välillä parani merkittävästi elektronisen matkavarausjärjestelmän avulla. Kaukomatkailussa lentäminen väheni ja korvautui muilla liikennevälineillä, jonka seurauksena matkanteko hidastui ja lähilomailu yleistyi, koska lisääntynyttä vapaa-aikaa aikaa ei haluttu käyttää liikennevälineissä istumiseen.

Sähkömarkkinoiden muutos

Pohjoismaiset sähkömarkkinat yhdistyivät koko EU:n sähkömarkkina-alueeseen. Sähkönsiirtoverkkoa vahvistettiin tässä yhteydessä. Sähkömarkkinoiden yhdentyminen mahdollisti uusiutuvien energiamuotojen laajemman käytön sähkönhankinnassa, koska tarjolla oli uusiutuvilla energialähteillä tuotettua tuontisähköä.

Hiilidioksidipäästöjen vähentämistarve loi uusia liiketoimintamahdollisuuksia sähköyhtiöille, kun energiansäästöpalvelujen kysyntä lisääntyi. Erilaiset asiakkaiden yhteenliittymät yleistyivät sähkömarkkinoilla. Energiaosuuskuntien ja ostopoolien määrä kasvoi. Hiilidioksidivapaiksi vyöhykkeiksi itsensä julistaneita kommuuneja syntyi runsaasti vuosien 2015–2030 välisenä aikana vastauksena ilmastonmuutoksen haasteisiin. Kommuunit tuottivat itse energiansa uusiutuvista energianlähteistä ja myivät ylijäämänsähköä valtakunnan verkkoon. Osa sähköyhtiöistä ryhtyi tarjoamaan sähkön pientuottajille uusia palveluita kuten keräämällä pientuottajista tuotantopoleja ja toimimalla näiden edustajina sähkömarkkinoilla.

Neljänkymmenen vuoden aikana energian reaalihintana nousi voimakkaasti mutta tasaisesti. Vuonna 2020 hinta oli kaksinkertainen ja vuonna 2050 jo viisinkertainen vuoteen 2009 verrattuna. Hintaa nostivat fossiilisten polttoaineiden niukkuus sekä taloudellisten ohjauskeinojen käyttö kuten energiaverotuksen kiristäminen.

Maaseutu tyhjenee

Suomen yhdyskuntarakenne tiivistyi voimakkaasti. Infrastruktuuria uudistettiin ja rakennuskantaa uudistettiin matalaenergiarakennuksin. Ihmiset asuivat pääosin kaupungeissa ja polttoaineiden sekä sähkön siirto- ja jakeluverkko oli tiivis, helposti ylläpidettävissä ja tehokas. Maaseudulla käytiin lomailemassa ja rentoutumassa, mutta maatalous keskittyi kaupunkien laitamille. Yhdyskuntarakenteen tiivistyminen johti sähköverkkojen purkamiseen kaikkein syrjäisimmiltä seuduilta, joissa paikalliset energiaomavaraisuuteen perustuvat ratkaisut olivat taloudellisesti ja ekologisesti kannattavampia, kuin sähköverkon ylläpito.

Älykäs sähköverkko

Älykäs sähköverkko mahdollisti kaksisuuntaisen sähkönsiirron, hajautetusti tuotetun sähkön syötön verkkoon, tehokkaan sähkönsiirron ja -jakelun sekä sähköntuotannon optimoinnin ja kulutuksen hintajoukon. Paikallisesti uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön osuus kasvoi voimakkaasti. Suurimmissa kaupungeissa oli myös älykkäitä paikallissähköverkkoja, ”microgridejä”. Sähkön laatu ja toimitusvarmuus vaihteli paikallisesta sähköntuotantoratkaisusta riippuen, ja kulutuksen ohjausta jouduttiin ajoittain käyttämään. Dynaamiset tariffit kannustivat ihmisiä sähkönsäästöön. Sähköverkon uudistukset edellyttivät tietoliikenteen kehittymistä älyverkkojen vaatimuksia vastaavalle tasolle. Lisääntyneen paikallisen sähköomavaraisuuden myötä verkkoyhtiöiden valvontamalli muuttui; verkkoyhtiöt olivat velvollisia maksamaan asiakkaille keskeytyskustannuksia ainoastaan, jos asiakkaalla ei todella ollut sähköä käytettävissään.

Energiaa varastoon

Sähkön laajamittainen hajautettu tuotanto ja esimerkiksi tuulivoiman tehokas hyödyntäminen edellyttivät sähkön laajamittaista varastointia. Huippukuormituksen, alentuneen tuotannon ja katkosten aikana sähköä voitiin siirtää verkkoon varastoista, mikä paransi toimitusvarmuutta. Sen ansiosta kuormitusta voitiin tasata ja huipputehoa hallita. Käytössä oli myös pumppuvoimaloita. Luontaisesti vaihtelevan tuotannon kuten tuuli- ja aurinkosähkön vaihteluita tasattiin käyttämällä tuotannon huippuja varastointiin.

3 Irti öljyriippuvuudesta hyvinvointi turvaten

Tulevaisuuspolulla, jossa sähkö syrjäyttää fossiiliset polttoaineet

2010-luvulla alettiin Suomessa toteuttaa useita toimia, joilla vähennettiin hiilidioksidipäästöjä sekä riippuvuutta fossiilisista polttoaineista. Suomen valtio ryhtyi 2010-luvulla verottamaan voimakkaasti fossiilisia polttoaineita, öljyä, maakaasua ja kivihiihtä. Varsinkin liikenteen osalta tehtiin massiivisia uudistuksia. Liikenteen polttoaineiden siirto- ja jakelujärjestelmä uudistettiin täysin niin, että sähköautoilulle luotiin infrastruktuuri, sekä sen rinnalle osan Etelä-Suomesta käsittävä biokaasun jakeluverkosto. Sähköautoilua alettiin myös suosia verotuksellisesti. Tämän lisäksi yksityisautoilua vähennettiin yhdyskuntasuunnittelun keinoin. Kevyen liikenteen infrastruktuuria kehitettiin kaavoituksella ja julkiseen liikenteeseen panostettiin niin, että lippujen hinnat pysyivät kohtuullisina.

Energiansäästöön ja energiatehokkuuteen kiinnitettiin Suomessa runsaasti huomiota 2010-luvulla ja niin energian tuotannon kuin kulutuksenkin osalta otettiin niin sanotusti ”löysät pois”. Suomeen rakennettiin esimerkiksi runsaasti energiaomavaraisia rakennuksia ja -alueita. Valtio tuki voimakkaasti tällä vuosikymmenellä uusiutuvan energian hankkeita suuntaamalla varoja uusiutu-

van energian tutkimus- ja kehityshankkeisiin sekä asettamalla syöttötariffeja ja investointitukia, joiden myötä uusiutuvaa energiaa oli entistä kannattavampaa ryhtyä tuottamaan. Valtion tuet uusiutuville energiamuodoille olivat välivaihe Suomen politiikassa 2010-luvulla. Ne lakkautettiin, kun uusiutuvaa energiaa oli saatu runsaasti markkinoille ja sen tuotanto liiketaloudellisesti kannattaviksi.

Ydinvoimaa rakennettiin Suomeen maltillisesti. Vuonna 2012 valmistuneen Olkiluoto 3:n jälkeen ydinvoiman lisärakentaminen nousi uudelleen ajankohtaiseksi vuoden 2020 jälkeen, jolloin vanhoja, 1970-luvun lopulla ja 1980-luvun alussa käyttöön otettuja ydinvoimaloita alettiin poistaa käytöstä. Ydinteknologian kehittymisen ansiosta käyttöön alettiin ottaa niin kutsuttuja neljännen sukupolven ydinreaktoreita, jotka osoittautuivat käytännössä turvallisemmiksi, tehokkaammiksi ja taloudellisemmiksi kuin edeltäjänsä. Ne myös tuottivat vähemmän radioaktiivisia jätteitä sekä olivat investointi- ja käyttökustannuksiltaan edullisia. Suomeen otettiin vuosien 2026 ja 2031 välillä nopealla aikataululla käyttöön neljä uutta tällaista ydinvoimalaa käytöstä poistuneiden Olkiluoto 1 ja 2 sekä Loviisa 1 ja 2 tilalle.

2020-luvulla ryhdyttiin Suomessa uudistamaan sähköverkkoa niin kutsutuksi ”älykkääksi sähköverkoksi”, jossa reaaliaikaiset tiedot mahdollistivat sähköverkon optimoinnin, joustavamman sähkön hinnoittelun ja tehokkaan ja helpon hajautetun tuotannon verkkoon liittämisen. Tämä edellytti valtiolta suuria investointeja sähköverkon uusimiseksi.

Vuosina 2032–2035 öljykriisi ravisutti öljyriippuvaisia maita. Se ei vaikuttanut kuitenkaan tuntuvasti Suomen tilanteeseen, sillä Suomi oli tällöin jo täysin fossiilista polttoaineista riippumaton.

Ilmastonmuutoksen myötä maailman keskilämpötila kohosi tarkasteluajanjaksolla kaksi astetta. Lähes kaikki maailman valtiot sitoutuivat hiilidioksidipäästöjä vähentäviin toimiin, sillä voimistuneet poikkeukselliset sääilmiöt osoittautuivat kiistattomaksi todisteeksi ihmisten tuottamien hiilidioksidipäästöjen vaikutuksesta ilmaston lämpenemiseen. Suurin osa maailman valtioista asetti tavoitteeksi hiilidioksidipäästöttömän energiantuotannon vuonna 2050. Monet maat, Suomi mukaan lukien, onnistuivat tämän tavoitteen saavuttamisessa.

Kasvavan yhteistyön maailma vuonna 2050

Energian tuotanto- ja kulutusjärjestelmät muuttuivat globaalilla tasolla perusteellisesti. Ilmastonmuutosta pyrittiin hillitsemään kaikin keinoin, ja neuvottelut johtivat energia- ja ilmastopolitiikkaan liittyviin uusiin sitoviin sopimuksiin. Kiina ja Intia saatiin sopimuksiin mukaan 2010-luvulla niin, että päästökaupassa otettiin huomioon myös historialliset päästöt. Talouskasvun ja elintason kohoamisen myötä Kiinassa ja Intiassa kiinnitettiin ympäristöasioihin paljon huomiota, ja uudet energiamuodot korvasivat fossiiliset polttoaineet lähes kokonaan. Kivihiiltä käytettiin vielä, sillä hiilidioksidin talteenotto- ja varastointiteknologiasta tuli osa sen perusteknologiaa. Päästörajoitukset koskivat teollisuusyritysten energiaintensiivistä tuotantoa riippumatta tuotantolaitosten sijaintimaasta. Elinkeinoelämä oli aktiivinen ja loi omia pelisääntöjään ilmastonmuutoksen torjumiseksi. Esimerkiksi sektorikohtaiset parhaan käytännön benchmarking-käytännöt tehostivat sekä energian että materiaalien käyttöä tuntuvasti. Suljetut kierrot yleistyivät teollisuusprosesseissa.

EU:n jäsenvaltioiden sisäinen yhteistyö energia-alalla oli vahvaa ja sen myötä avautuivat koko EU:n laajuiset sähkömarkkinat. Venäjä liittyi EU:n jäseneksi, mikä paransi EU:n energiaomavaraisuutta. Maakaasun markkina-alue kattoi koko laajentuneen EU:n. Pääosa Euroopan ja Aasian energiavaroista sijaitsi siten Venäjällä, mutta Suomen kannalta paikallisen uusiutuvan energian lisääntynyt tuotanto ja ydinvoiman tuotanto vähensivät Venäjän merkitystä energiantuojana.

Konsensuspolitiikasta ei luovuta

Suomen politiikkaa leimasi vuosikymmeniä konsensushakuisuus. Poliittisessa päätöksenteossa pyrittiin löytämään aina mahdollisimman laaja tuki päätösten taakse ja ottamaan mahdollisimman paljon huomioon myös vähemmistöjen mielipiteitä ja sisällyttämään ne lopputulokseen. Hyvin-

voinnin säilyttämiseksi tasapainoiltiin erilaisten näkökulmien yhdistämiseksi niin, että poliittisia päätöksiä vastustettiin mahdollisimman vähän.

Fossiilisten polttoaineiden globaali niukkuus ei vaikeuttanut tilannetta Suomessa kovin paljoa, koska käytössä oli hyvin paljon erilaisia energialähteitä, joihin kansallinen ja paikallinen energiantuotanto perustuivat.

”Paikallinen (= hajautettu) energiantuotanto tulee nostamaa päätään merkittäväksi energiantuotantomuodoksi ennen vuotta 2050, mikä osaltaan vähentää paineita primäärienergiamuotoja kohtaan” (w1)

Investoinnit uusiutuviin energiamuotoihin osoittautuivat hyväksi sijoituksiksi, ja kaukonäköisimmät yritykset saavuttivat hyvän markkina-aseman. Hyvinvoinnin lisäämisen ajateltiin edellyttävän lisää energiankulutusta, ja tämän vuoksi energiaa pyrittiin tuottamaan monista erilaisista lähteistä. Suomen talous oli hienoisessa noususuhdanteessa.

”Jos ja kun ilmastokysymys pystytään hoitamaan oikeilla valinnoilla, energiankulutusta ei ole aiheuttakaan rajoittaa” (q2)

Suomen hiilidioksidipäästöt laskivat vuodesta 2009 vuoteen 2020 mennessä 30 prosenttia ja vuonna 2050 saavutettiin nollassa. Samanaikaisesti energiankulutus kasvoi 20 prosenttia Vuonna 2050 energiaa kulutettiin 30 prosenttia enemmän kuin vuonna 2009. Energian hinta nousi Suomessa 1,5-kertaiseksi vuosien 2009 ja 2020 välisenä aikana. Vuonna 2050 energian hinta oli jo 2,5-kertainen vuoteen 2009 verrattuna. Energian hinnannousuun vaikutti siirtyminen uusiutuviin energialähteisiin. Talouskasvun myötä kuluttajien ostovoimakas kasvoi, joten energian hinnannousun vaikutus sen kulutukseen jäi vähäiseksi.

Liikenteen päästöt kuriin

Sähköautoilun nopea lisääntyminen Suomessa johti liikenteen hiilidioksidipäästöjen laskuun. Vuonna 2020 liikenteen hiilidioksidipäästöt olivat laskeneet 20 prosenttia vuoden 2009 tasosta ja vuonna 2050 liikenteen hiilidioksidipäästöt olivat tavoitteiden mukaisesti nollassa. Julkisen liikenteen ja kevyen liikenteen kehittyminen estivät yksityisautoilun voimakkaan kasvun. Auto-riippuvuutta pyrittiin myös vähentämään yhdyskuntasuunnittelussa. City car club -tyyppiset liiketoimintamallit yleistyivät.

Lisääntynyt energian kansallinen ja paikallinen tuotanto vähensivät Suomen tuontiriippuvuutta. Suomessa oli monipuolinen, hajautettu ja tasapainoinen energiajärjestelmä, jonka varmistivat kotimaiset uusiutuvat energialähteet. Suomessa kulutettu sähkö tuotettiin pitkälti kotimaassa ja kotitaloudet sekä maatilat tuottivat osan tarvitsemastaan sähköstä itse. Fossiiliset polttoaineet korvautuivat kokonaan ydinvoimalla ja uusiutuvilla energialähteillä. Uusiutuvat energiamuodot kasvattivat osuuttaan. Tuulivoima, aurinkoenergia, vesivoima, biokaasu ja maalämpö olivat kaikki laajamittaisessa käytössä.

Suomen elinkeinorakenteessa palvelusektorin osuus kasvoi voimakkaasti. Tietotaito ja korkea teknologia olivat suomalaisen osaamisen valtteja myös viennissä, raskaan teollisuuden menettelyä osin merkitystään.

Kuluttajakäyttäytyminen muutoksessa

Kuluttajat pyrkivät 2010-luvulla olemaan ekologisista ja vastuullisista kulutusvalinnoistaan, valiten mieluiten uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä koteihinsa ja sähköautoihinsa. Talouskasvun ollessa suhteellisen hidasta käyttöön otettiin laajan kannatuksen saanut ilmastoero. Sen merkitys jäi kuitenkin lähinnä fiskaaliseksi, sillä kuluttajat eivät olleet valmiita tinkimään mukavuudenhastan energiaa säästämällä. Ekologisuus ja käyttömukavuus eivät saaneet ihmisten mielestä olla ristiriidassa keskenään. Kasvaneen ympäristötietoisuuden myötä kuluttajat saattoivat olla valmiita maksamaan ekologisista tuotteista hieman enemmän, mutta saavutetusta mukavuustasosta oli

jo vaikeampi tinkiä. Toisaalta energiankulutuksen kasvun ja hiilidioksidipäästöjen vähentämisen välillä ei nähty enää vuonna 2050 ristiriitaa, sillä kaikki Suomessa tuotettu energia oli hiilidioksidipäästötöntä. Yhteiskunnassa ei juurikaan otettu käyttöön pakottavia ohjauskeinoja, vaan luotettiin kuluttajien valistuneisuuteen. Esimerkiksi elintarvikepakkausoihin sisällytettiin monenlaista informaatio-ohjausta. Elintarvikepakkausten energiamerkinnoista siirryttiin jo 2020-luvulla tuotteen ekologinen jalanjälki -merkintään. Myös kuluttajien rooli muuttui. Kansalaiset eivät olleet enää pelkkiä passiivisia kuluttajia, vaan toimivat myös aktiivisina energiantuottajina omiin tarpeisiinsa – esimerkiksi lämmittämällä takkaa tai hyödyntämällä aurinkoa tai tuulta.

Sähkömarkkinoiden laajeneminen ja avautuminen Eurooppaan

Sähkömarkkinat laajentuivat koko Euroopan laajuiseksi. Luottamus markkinamekanismin toimivuuteen oli Euroopassa yhä vahvaa. Sähkönkulutuksen ohjausmahdollisuudet loivat sähköyhtiöille uusia liiketoimintamahdollisuuksia, sillä energiansäästöpalveluille muodostui kysyntää. Tehokkaiden tietojärjestelmien ja erinomaisen kuluttajaviestinnän avulla verkon ja talotekniikan mahdollisuudet otettiin laajalti käyttöön.

Asiakkailla oli vahva asema sähkömarkkinoilla. Asiakkaat järjestäytyivät ryhmittymiksi, esimerkiksi pienteollisuuden ostopoolit, energiaosuuskunnat ja ”hiilidioksidivapaiksi vyöhykkeiksi” it-sensä nimenneet kommuunit olivat sähkömarkkinoiden uusia toimijoita. Asiakasryhmittymillä oli neuvotteluvoimaa, kun taas sähkömyyjien asema riippui paljon erikoistumisesta tiettyihin tuotteisiin, kuten tietyllä ei-fossiilisella tuotantomuodolla tuotettuun sähköön. Sähkömarkkinoilla kilpailu oli kovaa ja heikoimmat myyjät poistuivat markkinoilta nopeasti. Markkinamekanismeihin luotettiin siis vahvasti myös ilmasto-ongelman ratkaisussa.

Sähkön siirto ja jakelu muuttaa muotoaan

Suomen yhdyskuntarakenne tiivistyi, sillä väestönkasvu painottui voimakkaasti kaupunkeihin. Maaseutu on kuitenkin hyötynyt kansalaisten lisääntyneestä vapaa-ajasta, etätömahdollisuuksista ja myös kotiseuduilleen palanneiden eläkeläisten kasvaneesta määrästä. Suomeen rakennettiin kokonaan energiaomavaraisia alueita ja rakennuksia. Sähkön siirtohinnoittelu eriytyi: siirtohintaa taajama-alueille oli erilainen kuin maaseudulle. Sähkön laatuvaatimukset paikallisessa energiantuotannossa siirtyivät monessa tapauksessa verkkoyhtiöltä asiakkaalle tai tuottaja-kuluttajalle itselleen.

Verkkoyhtiöt investoivat älykkäisiin sähköverkkoihin, jotka mahdollistivat joustavuuden ja sähkön kaksisuuntaisen siirron. Reaaliaikaiset tiedot mahdollistivat sähköverkon optimoinnin, joustavamman sähkön hinnoittelun sekä tehokkaan ja helpon hajautetun tuotannon verkkoon liittämisen. Sähköverkkojen mitoitus optimoitiin ja teho- ja kuormitushuippujen hallinta helpottui kulutuksen ohjausmahdollisuuksien myötä. Dynaamiset tariffit kannustivat kuluttajia energiansäästöön. Vaatimukset tiedonsiirrolle kasvoivat älykkäiden sähköverkkojen myötä.

Verkkoyhtiöillä oli suuri vastuu energiansäästötavoitteiden toteutumisessa. Kokonaisenergiankulutus ei välttämättä ole laskenut, mutta tuotannon siirtyminen enenevässä määrin esimerkiksi kiinteistön ”taserajan” sisälle on johtanut verkosta otettavan energiamäärän pienenemiseen. Tästä johtuen verkkojen rooli muuttui osittain siirtotiestä varastoksi.

Sähköverkko myös supistui, sillä sähköliittymiä irtisanottiin energiaosuuskuntien, paikallisen energiantuotannon sekä muun energiaomavaraisuuden myötä. Maaseudulle ja energiaomavaraisille alueille syntyi jonkin verran älykkäitä paikallissähköverkkoja.

4 Teollinen kasvu

Tulevaisuuspolulla – Kuinka Suomesta on tuli sähkön nettoviejäämaa

2000-luvulla uusia ydinvoimalaitoksia suunniteltiin rakennettavaksi lähinnä Aasiaan ja entisen Neuvostoliiton alueille. Tämän lisäksi yhden uuden ydinvoimalan olivat ilmoittaneet rakentavansa seuraavat neljä maata: Suomi, Ranska, USA ja Argentiina. Vastauksena ilmastonmuutoksen haasteisiin ja fossiilisten polttoaineiden rajallisuuteen 2010-luvulla Suomessa ydinvoiman kannatus alkoi pikku hiljaa vahvistua. Samaan aikaan yhä vähenevä ydinvoiman vastustajien joukko alkoi radikalisoitua. Ydinvoimaa pidettiin yleisesti ottaen jatkuvaan ja tasaiseen sähkönkulutukseen sopivimpana tuotantomuotona. Fossiilisista polttoaineista pyrittiin eroon korvaamalla niitä sähköllä. Vuosien 2012 ja 2020 välillä Suomessa rakennettiin laajamittaista sähköautoilua tukeva siirto- ja latausjärjestelmä. Öljylämmitysjärjestelmät korvattiin valtion avustuksella kokonaan sähkölämmityksellä ja lämpöpumpuilla muutamassa vuodessa.

Suomalaiset investoinnit, yhteistyö ulkomaisen reaktoritoimittajan kanssa ja merkittävä panostus kaiken ydinvoimaan liittyvän teknologian kehittämiseen sekä hallituksen ja eduskunnan ydinvoimapäätökset johtivat useiden uusien ydinvoimalaitosten rakentamiseen. Suomessa tuotetusta ydinsähköstä haluttiin tehdä vientituote, sillä sähkön kysyntä Euroopassa kasvoi. Suomen talous alkoi kasvaa voimakkaasti vuoden 2035 jälkeen, jolloin Suomen määrätietoinen ydinvoimastrategia alkoi tuottaa tulosta. Ydinvoimastrategiaan sisältyi alhaisten siirtohäviöiden sähkönsiirtoyhteyksien rakentaminen Suomen ja eri Euroopan maiden välille. Suomi toimittikin runsaasti sähköä Manner-Eurooppaan. Muiden Euroopan maiden varovainen suhtautuminen ydinvoiman lisärakentamiseen 2000-luvun alkupuolella toi Suomelle kilpailuedun, kun muut energiamuodot osoittautuivat heikommin kannattaviksi.

Muuttunut maailma vuonna 2050

Maailman on jakautunut maailmantalouden ja ilmastonmuutoksen myötä aivan uudenslaisiin voittaja- ja häviöjävaltioihin. 2020-luvulla voimakkaasti kasvaneet Kiina ja Intia ovat kauan sitten vakiinnuttaneet asemansa maailmantalouden kentällä ja painopiste on siirtynyt niistä kohti uusia taloudellisia kasvuihmeitä. YK:n ilmastoneuvottelut ovat johtaneet sopimukseen, joissa taloudelliset ohjaukeinot ovat käytössä. Elinkeinoelämä on ollut hyvin aktiivinen ilmastonmuutoksen torjumisessa ja on luonut omat pelisäännöt ilmastonmuutoksen torjumiseksi.

EU:n lainsäädännön kehittyminen ja siirtoyhteyksien rakentaminen johtivat sähkömarkkinoiden laajentumiseen koko Euroopan laajuisiksi. Suomalaiset sähköyhtiöt menestyivät hyvin euroopalaisilla sähkömarkkinoilla kilpailukykyisen ydinvoiman ansiosta. Venäjä menetti merkitystään Euroopan energiantoimittajana, koska sen voimakkaasti kasvaneet kotimarkkinat tarvitsivat paljon energiaa ja venäläisten toimijoiden maksukyvyyn parannuttua energiaa ei enää riittänyt vientiin.

Sähkön saannin riittävyys etusijalle

Poliittinen mielipideilmasto muuttui uudenslaisessa globaalissa toimintaympäristössä kamppailtaessa, kun fossiiliset energiavarat niukkenivat niukkenemistaan, energian hinta nousi ja yhteiskunnan eri toimijoille valkeni ilmastonmuutoksen hillitsemiseen käytettävissä olevien todella merkittävien ja tehokkaiden keinojen vähäisyys. Monet 2000-luvun alussa paljon esillä olevat keinot olivat osoittautuneet täysin riittämättömiksi tarvittavien päästövähennysten aikaansaamiseksi. Yksikään valtio ei halunnut kuulua ”häviöjiin”, ja Suomen keinoksi turvata talouden kasvu valittiin suomalaisen teollisuuden aseman turvaaminen ja vahvistaminen, joka asetettiin valtakunnalliseksi tavoitteeksi. Tämä toteutettiin mittavalla kokonaisuudella, johon sisältyi ydinvoimaohjelma, sähkön vientistrategia ja sähköintensiiivisen teollisuuden houkuttelu investoimaan Suomeen. Ydinvoima osoittautui jo varhaisessa vaiheessa 2020-lukua niin paljon taloudellisemmaksi kuin uusiutuvat energialähteet, että ydinvoiman lisärakentaminen nähtiin kansantalouden kannalta ainoana järkevänä energiantuotantomuotona Suomessa.

”Mikäli painopiste siirtyy uusiutuvista ilmastoon, tulevat myös muut taloudellisesti järkevät vaihtoehdot hyväksyttäväksi. Ydinvoima on päästötöntä ja uusiutuvia yksinkertaisempaa. Mikäli luottamus ydinvoimaa kohtaan lisääntyy ja ydinvoima kehittyy seuraavalle tasolle, ydinvoima ratkaisee ilmastokysymyksen.” (q2)

Suomen hiilidioksidipäästöt laskivat voimakkaasti ydinvoimastrategian määrätietoisien toteuttamisen seurauksena. Vuonna 2020 päästöt olivat laskeneet 30 prosenttia vuoden 2009 tasosta ja vuonna 2050 päästiin nollatasoon. Kokonaisenergiankulutus, erityisesti sähkön kulutus Suomessa kuitenkin kasvoi teollistamisen myötä. Vuonna 2020 energiankulutuksen kasvu oli 30 prosenttia vuodesta 2009 ja vuonna 2050 energiankulutus oli kaksinkertaistunut vuoteen 2009 verrattuna. Energiansäästöä pidettiin palveluna, jonka niin halutessaan voi markkinaehtoisesti sähkönmyyjältä ostaa, mutta varsinaisia energiansäästötavoitteita ei enää vuosikausiin asetettu.

Eri energialähteiden väliset hintaerot kasvoivat jyrkästi, mutta keskimääräinen energian hinnannousu osoittautui luultua maltillisemmaksi ydinvoiman osuuden voimakkaan kasvun vuoksi. Sähkön hinta riippui edelleen voimakkaasti kulutuksen määrästä, suuret asiakkaat saivat sähköä edullisemmin, koska monet niistä ylläpitivät ydinvoimalle ensiarvoisen tärkeää peruskuormaa. Tämän vuoksi erilaisten organisaatioiden sähkön yhteisostot lisääntyivät voimakkaasti.

Uusiutuvat energialähteet vastatulessa

Monet 2010-luvulla suunnitellut uusiutuvan energian projektit Euroopassa epäonnistuivat. Esimerkiksi suunnitelmat tuoda Saharassa aurinkoenergialla tuotettua sähköä Eurooppaan kattamaan sen kasvavaa sähkönkulutusta kohtasivat monia teknisiä ongelmia, ja Pohjois-Afrikan poliittisesti epävakaa tilanne esti siirtolinjan rakentamisesta vastaavia yhtiöitä ryhtymästä investointeihin. Aurinkoenergiateknologian kehittämisessä oli muitakin vaikeuksia. Aurinkoenergiaa ei saatu Euroopan oloissa kerättyä tarpeeksi tehokkaasti, koska kerääminen oli liian sääriippuvaista. Lisäksi maan rajojen ulkopuolelta tulevat saasteet estivät ajoittain auringonsäteiden pääsyn aurinkokeräjiin ja aurinkopaneelisiin.

Biopolttoaineet osoittautuivat kattavissa elinkaaritarkasteluissa ilmastonmuutosta kiihdyttäväksi eivätkä hidastaviksi energialähteiksi. Lisäksi laajamittaisen bioenergian käytön edellyttämät työvoimakustannukset osoittautuivat monessa tapauksessa liian suuriksi. Ulkomaisen, edullisemmän työvoiman käyttö tähän tarkoitukseen taas ei saanut poliittista kannatusta koska se olisi asettanut bioenergian tärkeänä valttina pidetyn työllistävän vaikutuksen kyseenalaiseksi. Ainoastaan tuulivoimaa otettiin Suomessa ja Euroopassa lisää käyttöön ydinvoimaa täydentäväksi energiamuodoksi. Suomessa käynnistettiin uraanin louhinta ja perustettiin useita kaivoksia. Ydinvoiman lisääntyneen käytön myötä Suomen kallio- ja maaperään jouduttiin loppusijoittamaan kaikki kotimaassa syntyneet korkea-aktiiviset ydinjätteet.

Sähkön kulutus nousuun

Ydinvoiman lisärakentaminen ja siihen liittyvä määrätietoinen strategia houkutteli Suomeen lisää sähköintensiivistä perusteollisuutta, erityisesti metalliteollisuutta. Suomalaisissa energia-alan keskinäisiin resurssiyhtiöihin houkuteltiin myös ulkomaisia osakkaita. Työvoiman määrää tarkastellen suomalainen yhteiskunta palveluvaltaistui, mutta energiankulutuksen suhteen palveluiden osuus laski mittavan teollistamisen seurauksena. Myös maatalouden sähkönkulutus kasvoi huomattavasti mm. sähkölämmitteisten kasvihuoneiden yleistyttyä, mutta kasvu jäi selvästi teollisuuden sähkönkulutuksen kasvua vähäisemmäksi.

Liikenne Suomessa perustui kokonaan sähköautoihin, ja tämän vuoksi sähkön siirto- ja jakeluverkostoa kehitettiin määrätietoisesti. Myös sähkön varastointiteknologiaa jouduttiin kehittämään, sillä tuotantokapasiteetin säädettävyyden huonontui dramaattisesti ydinvoiman suhteellisen osuuden voimakkaan kasvun myötä. Lentoliikenne siirtyi käyttämään polttoaineena ydinvoiman tuotannon ohessa tuotettavaa vetyä.

Teknologian kehittymisen myötä sähkön käyttökohteiden määrä ja sähkölaitteiden määrä teollisuudessa, palvelusektorilla, kaupassa, maataloudessa, liikenteessä ja kotitalouksissa kasvoi voimakkaasti.

Maaseutu autioituu

Suomen yhdyskuntarakenne keskittyi voimakkaasti. Joidenkin kaupunkien keskustat olivat talvisin kokonaan lumettomia talvilämpötilan nousun ja ydinvoimalaitosten jäähdytysvedellä lämmitettyjen katujen ansiosta. Nykyaikainen maanviljely ja pitkälle automatisoitu kasvihuoneviljely eivät enää vaatineet juurikaan työvoimaa, joten maanviljelijät saattoivat asua kaupungeissa vaikka he valvonta- ja tarkistustehtävien vuoksi ajoittain joutuivatkin käymään maaseudulla. Ydinvoimaloita rakennettiin kaupunkien välittömään yhteyteen ja ydinvoimaloissa syntyvä lämpö, joka vielä 2000-luvun alussa oli käytetty meriveden lämmittämiseen, käytettiin nyt näiden kaupunkien rakennuskannan ja katujen lämmittämiseen.

Suomi toi ja myös vei elintarvikkeita aikaisempaa enemmän. Tärkeimmät vientituotteet olivat kuitenkin sähkö ja sähköintensiivisen perusmetalliteollisuuden tuotteet ja erilaiset metallijalosteet. Suomessa oli runsaasti teollisuutta ja teollisuuden bkt-osuus kasvoi voimakkaasti. Silti palvelusektorillakin meni hyvin, sillä tiiviimmän yhdyskuntarakenteen ansiosta palvelujen edellyttämä väestöpohja oli alueellisesti hyvin keskittynyt. Sähkönsiirron kapasiteetti kaupungeissa kasvoi ja verkkoja vahvistettiin. Syrjäseuduilla tarpeettomia sähkönsiirtoverkkoja purettiin.

Liite 3

Energiateollisuuden vision kansantaloudellinen tausta

Tässä liitteessä tarkastellaan Energiateollisuuden visiota kansantalouden näkökulmasta ja tuodaan esille niitä haasteita, joita pitkän aikavälin suhteellisen nopeaan talouskasvuun liittyy.

Tarkastelun perustana on käytetty kokonaistaloudellisella mallilla tehtyjä laskelmia, joiden lähtökohdat noudattavat energiavision oletuksia energiajärjestelmän ja keskeisten toimialojen kehityksestä. Luvun alussa kuvataan lyhyesti laskennassa käytettyä mallia ja talouskehitystä perusrallalla.

VATT-malli

VATTAGE-malli on dynaaminen yleisen tasapainon malli. Tällaisia malleja käytetään nykyään yleisesti rakenteellisten talouskysymysten tarkasteluun. Malleilla voidaan tuottaa rahamääräisiä arvioita talouden reagoinnista erilaisiin politiikan tai ympäröivän maailman muutoksiin. Skenaariokäytössä mallien avulla voidaan tarkastella erilaisten rakenteellisten tekijöiden yli ajan tapahtuvan muutoksen aikaansaamaa kasvua ja tuotanto- ja kulutusrakenteen muutosta. Varsinaisista ennustemalleista tasapainomalleissa ei ole kysymys, pikemminkin mallit mahdollistavat erilaisia rakenteellisia tekijöitä koskevien ennusteiden ja näkemysten yhdistämisen konsistenteiksi, kokonaistaloudelliseksi skenaarioiksi.

Laskennalliset yleisen tasapainon mallit perustuvat tuotannon, kulutuksen ja julkisen sektorin yksityiskohtaisiin kuvauksiin. Malleissa oletetaan, että niin kuluttajat kuin yrityksetkin pyrkivät toimimaan taloudellisesti rationaalisesti. Malleissa nämä pyrkimykset esitetään optimointiongelmienä, joiden ratkaisuna saadaan niin kuluttajien kuin yritystenkin käyttäytymissäännöt, esimerkiksi erilaisten tuotteiden kulutuskysyntä tai vaikkapa työvoiman ja investointien kysyntä talouden eri sektoreilla. Mallien tietopohjana on yleensä panos-tuotosaineisto ja erilaiset kansantalouden tilinpidon aineistot muun muassa erilaisista tulonsiirroista.

Tasapainomalleissa tuotannontekijöiden – pääoman ja työvoiman saatavuus sekä tuottavuus määräävät lyhyellä tähtämellä talouden tuotantomahdollisuudet. Toimialoittainen tuotantorakenne muuttuu kuitenkin ajan mittaan paljonkin tuotantopanosten hintasuhteiden muuttuessa, kun kallistuvia panoksia korvataan suhteellisesti halvemmilla. Tuotantopanosten kohdentuminen eri toimialoille määräytyy pitkällä aikavälillä toimialojen välisestä kilpailusta. Kotimainen varallisuus ja maailmanmarkkinat määräävät puolestaan tuotteiden kysynnän ja pitemmällä tähtämellä myös investointimahdollisuudet.

VATT-malli määrää talouden kasvun skenaarioittain vaihtelevien tarjontatekijöiden (työllisyys, tuottavuus) ja kysyntätekijöiden (maailmanmarkkinat) rajoittamana. Kokonaistuottavuuden kasvu koostuu mallissa trendistä ja toimialakohtaisista komponenteista. Toimialakohtaisten komponenttien on annettu laskelmissa määräytyä mallista siten, että malli toteuttaa vision kahden prosentin keskimääräisen kansantuotteen kasvun ja asetetun päästötavoitteen. Mallia käytetään tässä siis visiossa tehtyjen oletusten realistisuuden tarkasteluun, ei itsenäisen skenaarion tuottamiseen.

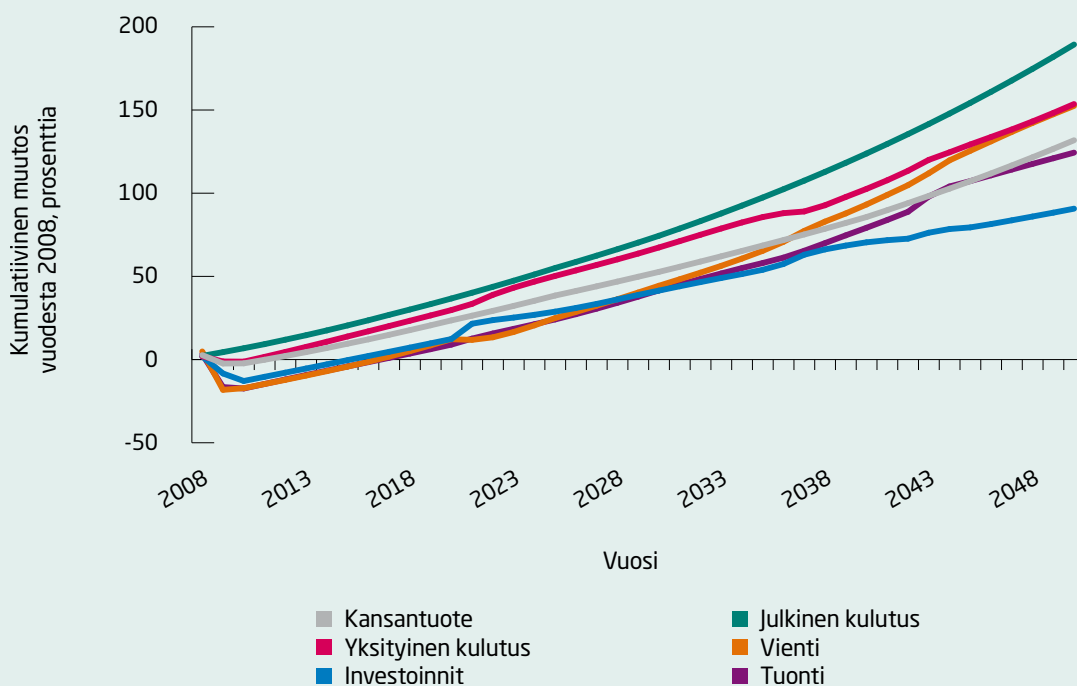
Makrotalouden kehitys Energiateollisuuden skenaariossa

Kansantalouden pitkän aikavälin kasvumahdollisuuksia tarkastellaan yksinkertaisimmillaan oletetun työllisyyskehityksen ja työn tuottavuuden avulla. Suomen osalta kasvupotentiaaliin vaikuttaa lähivuosikymmeninä ennen kaikkea väestön ikääntymisestä johtuva työvoiman pieneneminen, jonka on arvioitu olevan vuositasolla noin kaksi prosenttia kymmenestä 2010-luvun puolivälistä alkaen noin vuoteen 2030 asti. Tämän jälkeen työvoiman supistuminen hidastuu 0,1 prosenttiin vuodessa. Kasvupotentiaalin kannalta tämä tarkoittaa sitä, että tuotannon kasvu voi perustua vain kokonaistuottavuuden kasvuun.

Arviot työn tuottavuuden kasvusta pitkällä aikavälillä vaihtelevat puolestatoista vajaaseen kahteen prosenttiin. Työn tuottavuuteen voidaan kuitenkin vaikuttaa investoinneilla. Vision oletettu kahden prosentin keskimääräinen kasvuvauhti vaatii siis toteutuakseen myös investointien nopeaa kasvua myös pitkällä aikavälillä. Visiossa kuitenkin oletetaan, että teknologiaa kehitetään voimakkaasti ilmastohaasteisiin vastaamaan. Kokonaistuottavuuden kasvun lisäksi myös tämä teknologinen kehitys vaikuttaa kansantuotteeseen. Niinpä teknologian kehittyminen ja tuottavuuden kasvu selittävät yhdessä yli puolet kansantuotteen kasvusta.

Kansantuotteen keskeisten erien kehitystä tarkastellaan kuviossa 1. Kuvion perusteella sekä investoinnit että yksityinen kulutus kasvavat varsin nopeasti. Julkisen kulutuksen kehitys riippuu pitkälti väestökehityksestä ja on nopeampaa lähivuosikymmeninä suurten ikäluokkien ikääntyessä kuin tarkastelujakson viimeisinä vuosikymmeninä, jolloin väestörakenne on jo muuttumassa.

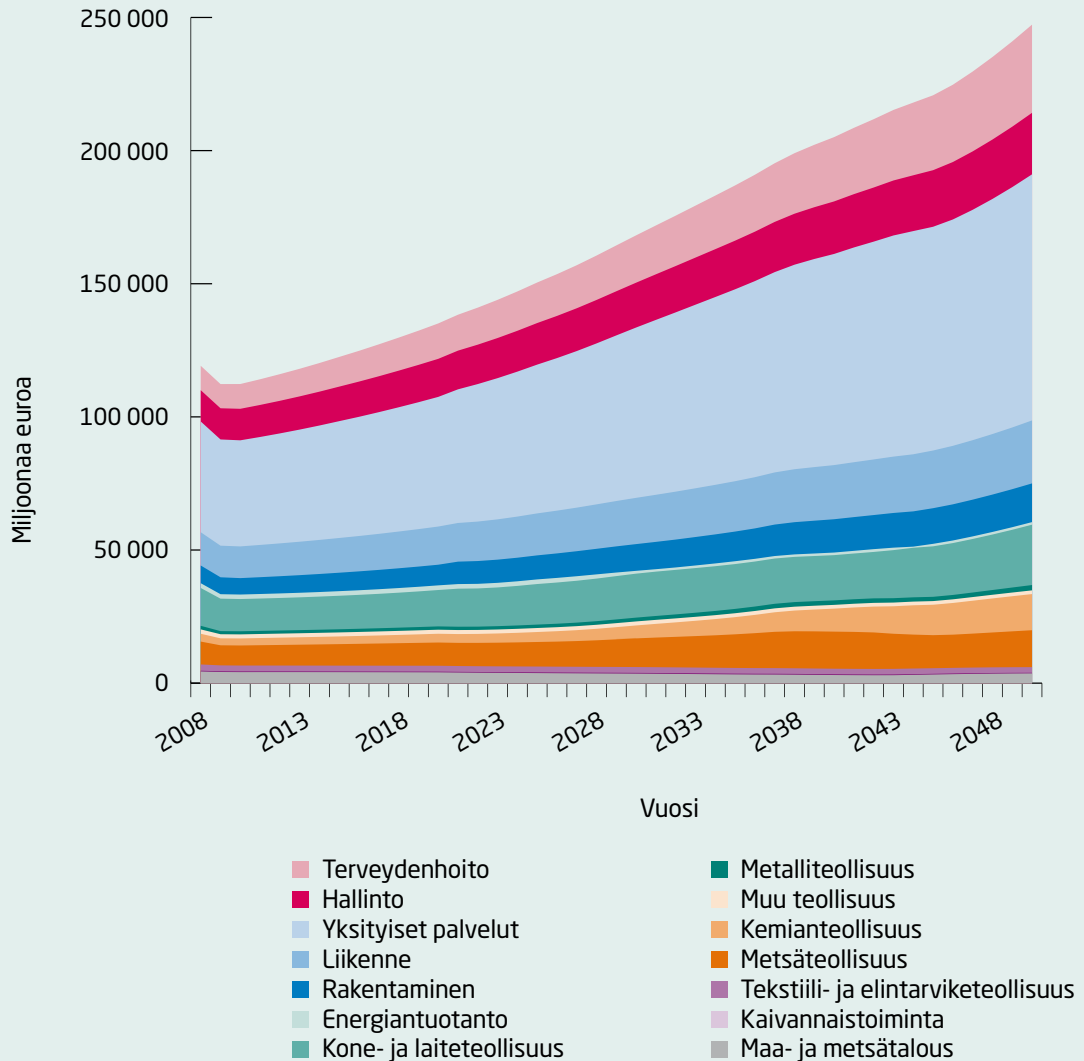
Viennin kehityksessä näkyy sekä laman että ilmastopolitiikan vaikutuksia 2010-luvulla, kun taas pidemmällä aikavälillä viennin oletetaan toipuvan. Kuviosta näkyy myös, että siirtymisellä tuontienergiasta kotimaiseen energiaan on myös vaikutuksia kauppataaseeseen. Vaikutus on kuitenkin kahtalainen: energian tuonnin väheneminen parantaa vaihtosuhdetta, mikä periaatteessa parantaa kauppataasetta, mutta tämä taas lisää toisaalta tuontimahdollisuuksia, mikä heikentää kauppataasetta. Jos kulutus kasvaa voimakkaasti jälkimmäisen vaikutuksen vuoksi, voi kauppataase kääntyä negatiiviseksi. Tämä vaatisi kuitenkin kulutukselta melkoista hintajoustavuutta. Realistisilla oletuksilla yksityisen ja ennen kaikkea julkisen kulutuksen kasvusta kauppataasevaikutus on kuitenkin positiivinen.



Kuva 1. Makrotalouden kehitys

Toimialarakenteen kehitys Energiateollisuuden skenaariossa

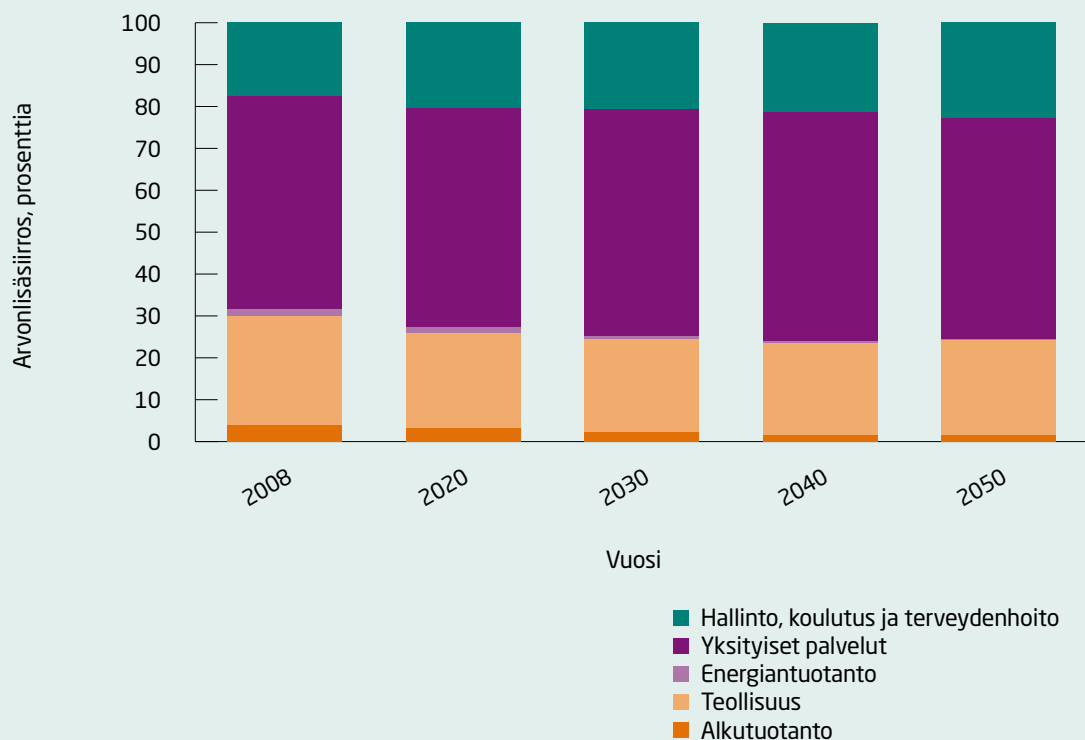
Toimialarakennetta tarkastellaan kuvioissa 2 ja 3. Toimialarakenteeseen vaikuttaa skenaariossa osaltaan julkisten palvelujen kysynnän kasvu, toisaalta teknologian voimakas muutos vähäpäästöisempään suuntaan. Terveystuotteen kasvua skenaariossa 2030-luvulle asti, jonka jälkeen se alkaa tasaantua. Koulutusmenojen ja hallinnon kehitys on terveydenhuoltoa selvästi hitaampaa. Yksityisten palvelujen kehitys määräytyy pitkälti kulutuskysynnän ja muiden toimialojen kehityksen perusteella. Myös yksityisten palvelujen osuus kansantuotteesta kasvaa 2030-luvulle asti.



Kuva 2. Arvonlisän kasvu eri toimialoilla

Visiossa oletetaan, että teollisuuden kasvu voi jatkua nopeana myös tulevaisuudessa. Tämä perustuu osaltaan oletukseen siitä, että ilmastopolitiikkaa hoidetaan globaalisti, jolloin päästöjen vähentämisen kustannusvaikutukset eivät heikennä suomalaisen teollisuuden kilpailukykyä, ja jolloin ilmastonmuutoksesta ei aiheudu maailmantaloudelle sellaista uhkaa, jollaiseksi se hillitsemättömänä pahimmillaan voisi muodostua. Kysynnän metsäteollisuuden ja metalliteollisuuden tuotteille oletetaan siis elpyvän pidemmällä aikavälillä.

Teknologian rooli visiossa on keskeinen. Vähäpäästöiseen yhteiskuntaan siirtyminen edellyttää uusien tuotantotapojen kehittämistä ja hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen tähtäävien teknologioiden käyttöönottoa. Lisäksi se vaatii esimerkiksi liikenteessä suuria muutoksia, kuten siirtymistä sähköautojen käyttöön. Näiden teknologioiden kustannuksien arvioiminen on vaikeaa, eikä siihen suoranaisesti ole kansantalouselaskelmissa pyrittykään. Niinpä uusi teknologia näyttäytyy hyvin suotuisana tuottavuuden kehityksenä, joka selittää suuren osan talouskasvusta myös koko kansantalouden tasolla. Myöskään päästöjen rajoittaminen ei muodostu rajoitteeksi kotimaiselle tuotannolle, jos käyttöön saadaan tulevaisuudessa kustannustehokkaita ratkaisuja. Niinpä teollisuuden kansantuoteosuus säilyy korkeana myös tulevaisuudessa, joskin se jää pienemmäksi 2020- ja 2030-luvuilla, jolloin väestörakenteesta johtuva palvelukysyntä on korkeimmillaan.



Kuva 3. Kansantalouden rakennemuutos

Lähteet

Adato. 2008. Kotitalouksien sähkönkäyttö 2006. Tutkimusraportti 2.10.2008.

Gaia. 2007. Vehviläinen, I., Hiltunen, J. & Vanhanen, J. Lämmön ja sähkön yhteistuotannon potentiaali sekä kaukolämmityksen ja –jäähdytyksen tulevaisuus Suomessa.

Hetemäki, L. & Hänninen, R. 2009. Arvio Suomen puunjalostuksen tuotannosta ja puunkäytöstä vuosina 2015 ja 2020. Metlan työraportteja 122.

Honkapuro, S., Jauhiainen, N., Partanen, J., Valkealahti, S. ”Sähkön ja kaukolämmön rooli energiatehokkuudessa ja energian säästössä”. LUT Energian Tutkimusraportti 4. Lappeenranta 2009.

Karjalainen, A., Vehmas, J., Panula-Ontto, J. & Luukkanen, J. 2009. Energiategollisuus ry:n tulevaisuusprosessin loppuraportti

Lehtinen, E., Nippala, E., Jaakkonen, L. & Nuuttila, H. 2005. Asuinrakennukset vuoteen 2025. VTT 2005.

Luukkanen, Jyrki, Vehmas, Jarmo, Mustonen, Suvisanna, Allievi, Francesca, Karjalainen, Anne, Värttö, Mikko & Ahoniemi, Maria (2009): Finnish Energy Industries – Energy Scenarios and Visions for the Future. Background Report. Turku School of Economics. Finland Futures Research Centre.

Ratahallintokeskus 2006. Rautatieliikenne 2030 – radanpidon pitkän aikavälin suunnitelma. Helsinki 2006.

Tiehallinto. 2007. Tieliikenne-ennuste 2007–2040.

Tilastokeskus. Väestöennuste 2006–2040.

VTT. 2009. Energy Visions 2050. Helsinki 2009.

VTT. 2008. Teknologiaopolut 2050 – Teknologian mahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöjen syvien rajoittamistavoitteiden saavuttamiseksi Suomessa. VTT tiedotteita 2432.

World Energy Council (WEC) (2007): Deciding the Future. Energy Policy Scenarios to 2050. World Energy Council, London.



Energiateollisuus

Energiateollisuus ry

Fredrikinkatu 51-53 B, 5. krs.

PL 100, 00101 Helsinki

Puhelin: (09) 530 520, faksi: (09) 5305 2900

Internet: www.energia.fi