



KOTIMAINEN ENERGIARATKAISU VAIHTOEHTO FENNOVOIMALLE

TIIVISTELMÄ

Fennovoima Oy:n periaatelupa uuden ydinreaktorin rakentamiseksi on eduskunnan käsittelyssä. Jos voimala toteutuisi suunnitelmien mukaan, se alkaisi tuottaa sähköä noin 1 200 megawatin teholla vuodesta 2024 alkaen, yhdeksän terawattituntia vuodessa.

Kotimaisessa energiaratkaisussa sama määrä sähköä ja tehoa katetaan kestävillä ratkaisuilla. Mallin tarkoituksena on kuvata yhtä mahdollista tapaa ratkaista Suomen sähköhuolto keskipitkällä aikavälillä ilman Fennovoiman reaktoria. Siinä ei oteta kantaa sähkön kulutuksen kehitykseen tai energiatalouden järjestämiseen muilta osin.

Mallissa uusiutuvaa sähkön tuotantoa lisätään viitisen terawattituntia aiemmin kaavailtuun verrattuna. Tuulivoimasta ja bioenergiasta molemmista lisäystä saadaan kahden terawattitunnin verran, ja aurinkosähkön lisäys kattaa loput.

Sähkön käyttöä tehostetaan niin ikään viitisen terawattituntia. Energiatehokkuuden parantaminen ja lämmitystavan vaihtaminen sähkölämmitteisissä taloissa tuottavat yhdessä vajaat kolme terawattituntia. Palveluissa ja kotitalouksissa kummassakin sähkön käyttöä tehostetaan noin terawattitunnin verran.

Mallin kolmas pilari on kysyntäjousto, jolla saadaan sähkön kulutus paremmin vastaamaan tuotantoa huippukulutuksen aikaan. Kysyntäjoustolla vähennetään huipputehon tarvetta 500 megawattia. Yhteensä mallin ratkaisut leikkaavat huippukulutusta selvästi enemmän kuin Fennovoiman reaktori tehoa tarjoaisi.

Kotimaisen energiaratkaisun toteuttaminen edellyttää monia toimenpiteitä (ks. taulukko 2). Esimerkiksi hallinnollisia esteitä raivaamalla, metsähakkeen tukea ja yhteistuotannon verotusta säätämällä sekä ottamalla käyttöön pientuotannon nettolasutus voidaan lisätä uusiutuvaa energiaa merkittävästi. Energiatehokkuussopimuksia laajentamalla ja vahvistamalla, energiapalveluyhtiöitä vauhdittamalla ja sähkön joustavaa hinnoittelua edistämällä voidaan puolestaan parantaa energiatehokkuutta ja lisätä kysyntäjoustoja.

Osa toimenpiteistä on poikkileikkaavia. Esimerkiksi käynnistämällä energiarahasto, korottamalla kohdennetusti kotitalousvähennystä ja valjastamalla julkisia hankintoja voidaan edistää kestäviä energiaratkaisuja niin tuotannossa, kulutuksessa kuin kysyntäjoustopuolella.

Kotimaisen energiaratkaisun toteuttaminen ei ole ilmaista. Toimenpiteet edellyttäisivät maltillista lisäsaatosta valtiolta. Investoinnin vastineeksi saataisiin kuitenkin merkittäviä yhteiskunnallisia hyötyjä.

Malli alentaisi sähkön hintaa, lisäisi kotimaisia työpaikkoja, parantaisi vaihtotasetta ja vauhdittaisi suomalaisen teknologian vientiä. Se myös kohentaisi energiaomavaraisuutta ja leikkaisi päästöjä. Kokonaisuutena yhteiskunnallisten hyötyjen voi arvioida selvästi ylittävän kustannukset.

Kotimainen energiaratkaisu on yhteiskunnan kokonaisedun mukainen valinta.

1 JOHDANTO

Edellisen kerran periaateluvista uusille ydinvoimaloille päätettiin vuonna 2010. Tuolloin Vihreät julkaisi mallin yhdestä mahdollisesta tavasta¹ turvata kohtuuhintaisen ja vähäpäästöisen sähkön saanti ilman lisäydinvoimaa.

Tuo vihreän kasvun malli perustui kolmeen tukijalkaan. Ensinnäkin sähköntuotantoa lisättiin investoimalla uusiutuvaan energiaan. Toiseksi sähkön käyttöä tehostettiin satsaamalla energiatehokkuuteen. Kolmanneksi kulutushuippuja tasattiin kysyntäjoustolla.

Neljässä vuodessa moni asia on muuttunut. Siksi julkaisemme nyt uuden, päivitetyn vaihtoehdon lisäydinvoimalle.

Tämäkin malli on vain yksi mahdollinen tapa kattaa sähkön tarve ilman lisäydinvoimaa. Otamme mielellämme vastaan ehdotuksia siitä, miten mallia voidaan kehittää edelleen.

Energiapolitiikassa on lukuisia vaihtoehtoja, joita on syytä punnita yhteiskunnan kokonaisedun näkökulmasta. Toivomme mallimme herättävän keskustelua Suomen energiatulevaisuudesta.

Vihreän eduskuntaryhmän puolesta
Oras Tynkkynen

2 FENNOVOIMAN HANKE

Eduskunnan enemmistö myönsi Fennovoima Oy:n ydinreaktorille periaateluvan kesällä 2010. Vihreät äänestivät lupaa vastaan yksimielisesti kaikissa päätöksenteon vaiheissa.

Sittemmin hanke muuttui ratkaisevasti. Fennovoimasta vetäytyivät sekä yhtiön suurin omistaja, saksalainen E.On, että monet suomalaiset osakkaat. Voimalan toimittajaksi vaihtui Venäjän valtion liikelaitos Rosatom ja tekniikaksi AES-2006-painevesireaktori. Myös hankkeen koko muuttui.

Fennovoima haki muuttuneelle hankkeelle periaatelupaa uudelleen keväällä 2014. Hallituksen enem-

¹ http://www.vihreat.fi/ydinvoima/vihrean_kasvun_malli

mistö puolsi elinkeinoministeri Vapaavuoren (kok.) esitystä luvan myöntämisestä syyskuussa 2014 äänin 10–7.

Samalla hallitus esitti periaatteellisena näkemyksenään, että voimalayhtiön omistuspohjasta vähintään 60 prosenttia tulee olla EU- ja EFTA-maista. Käytännössä omistuspohjaa tarkastellaan valtioneuvoston käsitellessä rakentamislupaa, joka Fennovoiman pitää jättää 30.6.2015 mennessä.

Fennovoiman ydinreaktori on tarkoitus rakentaa Pyhäjoen Hanhikivelle. Voimala-alue on neitseellinen, joten perusinfrastruktuuri teistä lähtien pitää rakentaa tyhjästä. Fennovoimalla ei ole toistaiseksi esittää ratkaisua ydinjätteen loppusijoitukseen.

Voimalan sähköteho olisi noin 1 200 megawattia (MW). Vuositasolla reaktorin ennakoidaan tuottavan sähköä noin 9–10 terawattituntia (TWh), aiempien kokemusten perusteella käyttöönottovaiheen alussa hieman vähemmän.

Fennovoima Oy:stä Voimaosakeyhtiö SF omistaa 66 ja Rosatom (tarkemmin Rosatomin tytäryhtiön Rusatom Overseasin omistama RAOS Voima Oy) 34 prosenttia. Voimaosakeyhtiö SF:ssä on mukana pääosin kunnallisia energiayhtiöitä sekä joitakin yksityisiä yrityksiä, tärkeimpinä Outokumpu ja Valio. SF ei ole toistaiseksi kyennyt keräämään riittävästi osakkaita oman osuutensa kattamiseksi.

Voimalan ennakoitu valmistumisaika on 2024. Vertailun vuoksi Teollisuuden Voiman Olkiluoto 3 -reaktorin piti alkaa tuottaa sähköä vuonna 2009, mutta eri arvioiden mukaan voimala voi valmistua vasta vuosina 2016–20.

3 KOTIMAISEN ENERGIRATKAISUN LÄHTÖKOHTIA

Tämän mallin tarkoituksena on esittää yksi mahdollinen vaihtoehto Fennovoiman ydinvoimahankkeelle. Kiinnepisteenä käytetään vuotta 2025, koska Fennovoiman ydinreaktorin oletetaan aloittaneen tuolloin tuotantonsa.

Mallissa tarkastellaan huippukulutuksen aikaista sähköntuotannon tehoa ja vuotuista sähkömäärää. Muilla ratkaisuilla korvataan sekä Fennovoiman en-

nakoitu huipputeho (n. 1 200 MW) että vuotuinen sähköntuotanto (9,5 TWh).

Suomessa vallitsee laaja yhteisymmärrys siitä, että maassa pitää pystyä tuottamaan vuoden aikana tarvittava sähkö ja vastaamaan huippukulutuksen aikaiseen kysyntään kotimaisella kapasiteetilla. Kotimainen tuotanto parantaa omavaraisuutta, talouden vaihtotasetta ja huoltovarmuutta. Käytännössä Pohjoismaiden avoimilla sähkömarkkinoilla sähköä voidaan viedä ja tuoda vuoden aikana eri suuntiin sen mukaan, missä tarvittava sähkö kulloinkin on edullisinta tuottaa.

Pohjana käytetään VTT:n ja VATTin Fennovoimaan periaatelupaa varten tekemää, sähkön kysyntää ja tarjontaa vuoteen 2025 kuvaavaa skenaariota (myöhemmin vertailuskenaario ja ydinvoimapäätöksen taustaselvitys). Skenaariossa teollisuustuotannon ja talouden odotetaan kasvavan nopeasti. Esimerkiksi kymmenen seuraavan vuoden aikana sähkönkulutuksen oletetaan kasvavan noin yhdeksällä terawattitunnilla viime vuosien keskimääräisestä tasosta. Kymmenessä viime vuodessa kulutus on laskenut noin yhdellä terawattitunnilla.

Mallissa oletetaan lisäksi, että hallituksen keväällä 2013 hyväksymä energia- ja ilmastostrategia sekä kansalliset uusiutuvan energian (NREAP) ja energiatehokkuuden edistämissuunnitelmat (NEEAP-3) toteutetaan. Esitetyt toimet tulevat siis jo kaavailtujen ratkaisujen lisäksi.

Hahmoteltuun ratkaisuun liittyy epävarmuuksia, kuten kaikkeen ennakointiin ja monimutkaista todellisuutta pelkistäviin malleihin. Mitä pidemmälle tulevaisuutta tarkastellaan, sitä haastavampaa on arvioida esimerkiksi teknologian kehitystä, polttoainoiden ja päästöoikeuksien hintoja sekä poliittista toimintaympäristöä.

Epävarmuuksia ei kannata kuitenkaan liioitella. Mallissa kymmenen vuoden päähän esitetyt ratkaisut perustuvat kaupallisessa käytössä jo nyt olevaan teknologiaan. Tavoitteiden toteutuminen ei siis edellytä teknisiä läpimurtoja.

Arviot on ankkuroitu riippumattomiin tutkimuksiin ja selvityksiin (katso lähdeluettelo lopussa). Erityisesti uusiutuvan energian tuotannon ja kysyntäjoukon mahdollisuuksia on pyritty arvioimaan

varovaisesti; todennäköisesti paljon suuremmatkin edistysaskeleet ovat monissa tapauksissa mahdollisia.

Esitetyn energiansäästön saavuttaminen valituilla sektoreilla on selvästi kunnianhimoisempaa ja vaatii suhteessa enemmän lisäponnisteluja. Toisaalta keskimäärin energiatehokkuus on vastaavasti kustannustehokkaampaa ja siten yhteiskunnalle hyödyllisempää. Lisäksi esimerkiksi teollisuudelle ei arvioida tässä lisätehostamista suhteessa vertailuskenaarioon lainkaan, vaikka myös teollisuudessa varteenotettavia tehostamismahdollisuuksia uhkaa jäädä hyödyntämättä.

Jos jokin yksittäinen mallin ehdotus ei syystä tai toisesta toteudu täysimääräisenä, muilla toimitella pystytään paikkaamaan ja täydentämään. Jo nyt esitettävän paketin yhteisvaikutuksena huippukulutuksen aikana käytettävissä on tehoa enemmän kuin Fennovoiman hanke lisäisi markkinoille.

4 ENERGIANTUOTANTO

4.1 BIOENERGIA JA SÄHKÖN JA LÄMMÖN YHTEISTUOTANTO

Bioenergia ja erityisesti metsäenergia on seuraavan kymmenen vuoden aikana määrällisesti eniten kasvava uusiutuvan energian muoto. Hallituksen suunnitelmiin sisältyy jo merkittävä lisäys bioenergian käyttöön. Kuluvalla vaalikaudella metsäenergian käyttö on kasvanut kaikkien aikojen ennätykseen samalla, kun kivihiilen kulutus on laskenut keskimäärin neljänneksellä.

Nykymenolla metsäenergian lisääminen ei ole taatua, sillä kivihiilen maailmanmarkkinahinta on alhainen ja EU:n päästökauppaa ei ole onnistuttu korjaamaan ohjaamaan vähentämään päästöjä riittävästi. Vihreät onkin esittänyt syksyllä 2013 joukon toimenpiteitä, joilla hiilen kulutusta voidaan vähentää ja metsäenergian kilpailukykyä parantaa.

Vertailuskenaariossa sähkön ja lämmön yhteistuotannon (CHP) oletetaan jonkin verran vähenevän. Yksi merkittävä syy tähän on ydinvoiman oletettu lisärakentaminen. Fennovoimaa koskevan periaatepäätöksen mukaan ”uusien ydinvoimalaitosten tuotanto – – vähentäisi myös sähkön ja lämmön yh-

teistuotantoa kaukolämmössä”.² Osa menetettävästä tuotannosta voi olla juuri bioenergiaa.

Yhteistuotannon väheneminen on ongelmallista silloin, kun sitä korvataan tuottamalla sähköä ja lämpöä tehottomammin erikseen, monissa tapauksissa fossiililla polttoaineilla. Tehokasta yhteistuotantoa, jossa energiasta saadaan talteen sekä sähkö että lämpö, on laajalti pidetty energiapolitiikkamme kansallisena yllpeytänä.

Yhteistuotannolla tuotettua sähköä voidaan edelleen lisätä teknisesti nostamalla laitosten rakennusastetta eli niistä saatavan sähkön määrää. Erillisiä lämpövoimalaitoksia on myös mahdollista korvata yhteistuotantolaitoksilla. Jonkin verran potentiaalia on lisäksi kaukolämmön kysynnän kasvattamisessa liittämällä uusia rakennuksia jakeluverkkoon.

Mallissa oletetaan, että ilman lisäydinvoimaa ja ehdotetuilla lisätoimilla tavoitteeksi voidaan ottaa yhteistuotannon osuuden säilyttäminen ja hyvin maltillinen vahvistaminen. Vertailuskenaarioon verrattuna yhteistuotanto lisääntyy 2 TWh vuodessa. Tehoa saadaan lisää 200 MW, josta 150 MW on käytettävissä huippukulutuksen aikana.

Uusiutuvan energian kansallisen toimintasuunnitelman mukaan biokaasulla on tarkoitus tuottaa vuonna 2020 kohtuullinen määrä sähköä (270 GWh). Biokaasua kannattaa hyödyntää erityisesti liikenteessä, jossa siitä saadaan eniten hyötyä korvaamalla fossiilista öljyä. Siksi tässä mallissa ei oleteta biokaasun käytön kasvavan sähkön tuotannossa suhteessa vertailuskenaarioon.

4.2 TUULIVOIMA

Suhteellisesti eniten osuuttaan uusiutuvan energian muodoista kasvattaa hallituksen suunnitelman mukaan tuulivoima, koska sen lähtötaso on Suomessa vielä kovin vaatimaton. Tuulivoimahankkeita on syntynyt Suomeen ripeästi, ja hallituksen jo asettamat tavoitteet (6 TWh 2020 ja 9 TWh 2025) on

² Yhteistuotannon vähenemisen taustalla on myös muita, sinänsä myönteisiä kehityspolkuja. Rakennuskannan energiatehokkuuden paraneminen vähentää kaukolämmön kysyntää ja sähkön hinnan aleneminen sekä päästökaupan vähittäinen korjaantuminen heikentävät yhteistuotannon kannattavuutta. Käytännössä nykyisin käytössä olevia, käytöstä poistuvia yhteistuotantolaitoksia ei korvattaisi täysimittaisesti vastaavilla uusilla laitoksilla.

mahdollista saavuttaa etujajassa.

Mallissa esitetään, että tuulivoiman tuotantoa lisätään jo asetettujen tavoitteiden lisäksi vuoteen 2025 mennessä 2–2,5 TWh eli noin 1 200 MW. Energia-kolmion tekemän selvityksen mukaan vuoteen 2030 mennessä sähkömarkkinoille sopii hyvin jopa 15 TWh tuulivoimaa ilman, että on välttämätöntä esimerkiksi lisätä säätövoimaa.

Tuulivoiman lisätavoitteen oletetaan varovasti tuovan huippukulutuksen aikaista tehoa vain kuusi prosenttia nimellistehosta. Todellinen teho huippukulutustunteina vaihtelee merkittävästi. Parhaimmillaan kulutushuipun aikana tuulivoimalat ovat tuottaneet Suomessa jopa yli puolet nimellistehostaan. Uusissa tuulivoimaloissa ja rakentamisen laajentuessa merelle todellinen käytettävissä oleva teho kasvaa, joten käytännössä huipputehoa on useimmissa tilanteissa saatavilla selvästi enemmän kuin kuusi prosenttia.

4.3 AURINKOVOIMA

Aurinkoenergia on halventunut rajusti viime aikoina. Esimerkiksi Tanskassa aurinkokennojen hinnat ovat laskeneet noin 80 prosenttia vuodesta 2007. Aurinkoenergian käyttö onkin lähtenyt ripeään kasvuun.

Suomessa ei ole tehty kattavaa selvitystä aurinkosähkön potentiaalista nykytekniikalla. Asiantuntija-arvioiden sekä muiden Pohjoismaiden kokemusten ja selvitysten perusteella oletetaan, että seuraavan kymmenen vuoden aikana aurinkosähköä voidaan lisätä keskimäärin 100 MW vuodessa. Yhteensä vuonna 2025 kapasiteettia on näin käytössä 1 000 MW, mikä tuottaa sähköä 0,8 TWh vuodessa.

Vertailun vuoksi Ruotsissa vastaavan määrän aurinkosähköä arvioidaan olevan toteutettavissa jo vuonna 2020. Tanskassa puolestaan rakennettiin yksin toissavuonna aurinkosähköä liki 400 MW.

Aurinkosähköä saadaan luonnollisesti eniten valoisuusaikaan vuodesta, Suomessa lähinnä loppu-talvesta syksyyn. Sen takia mallissa ei lasketa aurinkoenergian varaan talven huippukulutustunteina.

5 ENERGIAN KÄYTTÖ

5.1 SÄHKÖLÄMMITYS

Paljon sähköä vaativa ja erityisesti talven kulu-
tuspiikkejä pahentava sähkölämmitys vähenee jo
vertailuskenaariossa. Sähkölämmityksen tarvetta
vähentävät energiaremontit, lämpöpumppujen käyt-
töönotto sähkölämmitystaloissa ja uudisrakentami-
sen parantuva energiatehokkuus. Toisaalta tarvetta
lisäävät mm. asumispinta-alan ja rakennuskannan
kasvu ja eräät lämpöpumput muissa kuin sähköläm-
mitystaloissa.

Mallissa vauhditetaan sähkölämmityksen kulutuk-
sen vähentämistä vertailuskenaarion päälle seuraav-
in tavoin:

1. sähköstä vaihdetaan pelletteihin puolessa pro-
sentissa sähkölämmitysrakennuksista vuosittain
(n. -1 TWh)
2. vettä säästävät hanat ja suihkupäät otetaan käyt-
töön prosentissa sähkölämmitysrakennuksia
vuosittain (n. -0,1 TWh)
3. energiakorjauksia³ erikseen tai muun remontin
yhteydessä tehdään vielä prosentissa sähköläm-
mitysrakennuksia lisää vuosittain (n. -1 TWh)
4. teholtaan täysimitoitettut maalämpöpumput⁴
otetaan käyttöön vajaassa prosentissa sähköläm-
mitysrakennuksia vuosittain

Yhteensä toimilla voidaan saavuttaa vajaan 3 TWh:n
säästö. Koska sähkölämmitys lisää sähkönkulutusta
erityisen voimakkaasti pahimmilla talvipakkasilla,
toimilla on erityisen suuri vaikutus (n. 900 MW)
huippukulutuksen aikaiseen tehon tarpeeseen.

Sähkölämmityksen vähentämiseen kohdistuvista
toimista vaihdot pelletteihin ja maalämpöön aut-
tavat myös uusiutuvaa energiaa koskevien tavoit-
teiden saavuttamisessa. Luettavuuden vuoksi nämä

3 Arviossa on käytetty Ilmastopaneelin raportissa esi-
tetyjä oletuksia, joissa remontin yhteydessä asennetaan ulko-
seiniin lisäeristyksiä, vaihdetaan ikkunoita, lisätään lämmön
talteenottojärjestelmä, alennetaan käyttöveden painetta, uusi-
taan termostaatteja ja lämmittämiä ja otetaan käyttöön kodi-
nohjausjärjestelmä.

4 Vertailuskenaariossa oletetaan jo lämpöpumppujen
edelleen lisääntyvän käytön myös lisäävän sähkönkulutusta.
Tässä mallissa oletetaan, että teholtaan täysimitoitettuja maa-
lämpöpumppuja otetaan käyttöön sähkölämmitystaloissa ver-
tailuskenaariossa oletetun kehityksen lisäksi.

on kuitenkin koottu yhteen sähkölämmityksen alle
käyttöpuolen toimiksi.

5.2 PALVELUALA

Palvelualan kulutus on vertailuskenaarion suu-
rimpia epävarmuustekijöitä. VTT:n ja VATTin
taustalaskelmassa perusvaihtoehdossa palvelualan
sähköintensiteetti – palvelun tuottamista kohti ku-
lutettava sähkö – on 10–15 prosenttia korkeampi
kuin matalan kulutuksen skenaariossa.

Mahdollisuuksia kuitenkin riittää. Esimerkiksi Mo-
tivan selvityksissä on arvioitu, että pelkästään tie-
totekniiikan konesaleissa voidaan saada noin 350
GWh:n ja julkishallinnon tietotekniikan käytössä
50 GWh:n vuotuinen säästö. Motivan hiljattain te-
kemissä energiakatselmuksissa palvelualan yrityk-
sissä tunnistettiin eri sektoreilla 6,5–8,8 prosentin
sähkönsäästöpotentiaaleja, jotka ovat taloudellisesti
kannattavia jo nykyisellään. Vain osa tästä potenti-
aalista on hyödynnetty tähän mennessä.

Palvelusektorilta voidaan saada lisätoimilla vielä
noin 1–1,5 TWh:n lisäsäästö sähkönkulutuksessa
vertailuskenaarioon verrattuna. Tämä vähentäisi
huippukulutuksen aikaista tehon tarvetta arviolta
noin 200 MW.

5.3 KOTITALOUDET

Laitetekniikan kehittyminen ja uudet tehokkuus-
normit ovat auttaneet hillitsemään kotitalouksien
sähkönkulutuksen kasvua. Ne ovat jo vähentäneet
sisävalaistuksen sähkönkulutusta noin puolella, yli
terawattitunnin verran. Kylmälaitteiden ja televi-
soiden kokonaiskulutus on sekin laskenut hieman
vuodesta 2006 vuoteen 2011. Toisaalta samana ai-
kana mm. tietokoneiden, autonlämmityksen ja ul-
kovalaistuksen kulutuksen kasvu on lähes syönyt
muissa laiteryhmissä saadut hyödyt.

Mallissa arvioimme, että määrätietoisella politiikal-
la voidaan kotitalouksissa eräissä laiteryhmissä saa-
dut säästöt ulottaa muihin laiteryhmiin ja kotitalo-
ussähkön laskevaa trendiä jatkaa. Kulutusta voidaan
näin vähentää 0,8–1 TWh ja huippukulutuksen ai-
kaista tehon tarvetta 200 MW.

Vertailun vuoksi Ruotsissa sekä kotitalouksien että
palveluiden sähkönkulutus on saatu pidettyä vuosi-

tuhannen vaihteen tasolla tai sen alapuolella. Suomessa kotitalouksien kulutus on samana aikana kasvanut noin neljänneksellä ja palveluiden noin kolmanneksella.

5.4 MUUT SEKTORIT

Vertailuskenaariossa oletetaan teollisuuden kasvavan, mutta myös tehostavan edelleen toimintaansa erityisesti energiatehokkuussopimuksilla. Erityisesti pienissä ja keskisuurissa teollisuusyrityksissä arvioidaan kuitenkin olevan jäljellä merkittävä tehostamispotentiaali.

Tässä mallissa ei oleteta teollisuudelta lisätoimia energiatehokkuuden parantamiseksi. Jos teollisuustuotannon kasvu jää vertailuskenaariion toiveikkaita arvioista, se yhtäältä vähentää sähkön tarvetta mutta toisaalta leikkaa myös teollisuuden yhteistuotannon potentiaalia. Yhteistuotannon ylläpitämiseksi tarvitaan tuolloin lisätoimia.

6 SÄHKÖN KYSYNNÄN JA TARJONNAN TASAAMINEN

Suomessa sähkön kysyntä vaihtelee voimakkaasti erityisesti lämmitystarpeen mukaan. Pahimmat kulutuspiikit koetaan sydäntalven paukkupakkasilla, jolloin lämmitys syö sähköä valtavia määriä. Sähkön tuotantokustannukset ja tuonti vaihtelevat kulutuksen mukana, koska ajoitettiin kulutushuippuihin vastaamiseksi kytketään päälle kalleimpia ja eniten päästöjä tuottavia laitoksia.

Useimmat sähkönsopimukset ovat Suomessa yhä kiinteähintaisia. Tavalliset kuluttajat maksavat siis sähköstä saman verran kesälomilla ja talvipakkasilla, vaikka tuotannon kustannukset – ja haitat – vaihtelevat merkittävästi. Tämä ei kannusta järkeistämään kulutusta, mikä näkyy kuluttajien ja teollisuuden sähkölaskussa.

Sähkön kysyntäjoustolla tarkoitetaan kulutuksen tasoittamista ja kohdentamista järkevämmin. Sähkön käyttö kannattaa kohdentaa aikoihin, jolloin tuotantokustannukset eivät ole korkeimmillaan. Kysyntäjoustoa käytetään jo nyt monissa suurissa teollisuuslaitoksissa. Rajoitetummin kulutusta ohjataan myös niin, että varaavaa sähkölämmitystä ajetaan yöllä, jolloin sähkö on osassa sopimuksista halvempaa.

Kysyntäjouston potentiaalia on kartoitettu eri arvioissa. Tässä työssä oletetaan varovaisesti, että teknisestä noin 1 100–1 800 megawatin lisäpotentiaalista voidaan hyödyntää yhteensä noin 500 MW teollisuudessa ja kotitalouksissa.

Käytännössä kysyntäjousto voi näkyä kotitalouksien ja yritysten arjessa eri tavoin. Valinta esimerkiksi saunan lämmittämisen tai sähkölämmityksen varaamisen siirtämisestä toiseen aikaan jää käyttäjälle. Halutessaan kuluttajat ja yritykset voivat hankkia myös teknisiä järjestelmiä, jotka hoitavat paljon sähköä kuluttavien laitteiden ajastamisen halvimpaan aikaan käyttäjien toiveiden mukaisesti automaattisesti.

Ohjaamalla sähkön käyttöä huippukulutuksen ulkopuolelle voidaan tasoittaa kulutuspiikkejä ja siten vähentää huipputehon tarvetta. Kysyntäjoustolla voidaan kuitenkin tasata huippuja ajallisesti rajallisesti.⁵

Esimerkiksi Anvia-yhtiö tarjoaa Kotitonttu-palvelua sähkölämmitteisiin omakotitaloihin yhteistyössä Pohjois-Karjalan Sähkön kanssa. Palvelu hyödyntää pörssisähkön hintatietoa ja lämmittää vesivaraajaa sähkön ollessa halvimmillaan. Pilottikäyttäjät ovat saaneet palvelulla 15–30 prosentin säästön lämmityskustannuksissaan. Käyttäjät voivat myös seurata ja ohjata sähkönkulutusta etänä esimerkiksi älypuhelimella tai tabletilla.

5 Usein kysyntäjoustossa on kyse saman kulutuksen uudelleen ajoittamisesta, ei välttämättä kulutuksen vähentämisestä. Joustavahintaiset sopimukset tukisivat myös huippukulutusta teknisesti vähentäviä investointeja sen lisäksi, että ne auttaisivat kysyntäjoustossa eli ohjaamaan kulutusta rauhallisempaan hetkeen tai vähentämään kulutusta. Nykyisin esimerkiksi maalämpöpumput mitoitetaan useimmiten kustannussyistä rakennuksen huippukulutusta alemmaksi, jolloin pahimmilla pakkasilla lämpöä joudutaan tuottamaan käytännössä suoraan sähköllä. Jos pumppua valitessa olisi tiedossa, että sähkön tuotantokustannukset huippukulutuksen aikana näkyvät myös kuluttajahinnassa, pumppuja mitoitettaisiin useammin täysitehoiseksi.

KOHTI VUOTTA 2030: ENERGIAN VARASTOINTI

Tuuli- ja aurinkovoiman lisääntyessä sähköä on ajoittain saatavilla huomattavasti yli tarpeen. Tanskassa ja Saksassa on tämän takia jo nyt tilanteita, joissa sähkön markkinahinta laskee noltaan.

Vastaavasti tuotantoa ei välttämättä ole saatavilla erityisesti silloin, kun tarve on suurimmillaan. Kun uusiutuvaa energiaa lisätään vuoden 2025 jälkeen, nykyisen säätövoiman ja kysyntäjouaston lisäksi tarvitaan lisäratkaisuja tuotannon ja kysynnän yhteensovittamiseksi.

Yksi vaihtoehto on sähkön varastointi. Halpaa ylijäämäsähköä voidaan varastoida esimerkiksi pumppuvesivoimalla, paineilmaenergian varastoihin tai lämpönä lämpöverkkoon⁶. Sähköä voidaan myös muuttaa hiilivedyksi, kuten syntetttiseksi maakaasuksi, tai ladata sähköautojen akkuihin. Varastoja puretaan, kun energiaa taas tarvitaan enemmän.

Eri varastointiratkaisuissa on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. Yleensä monet tekniikat ovat vielä nykyään melko kalliita. Tässä mallissa ei sähkön varastointia tarvita lisää. Pitkällä aikavälillä varastointitekniikoita tulee kuitenkin kehittää. Suomessa onkin muun muassa käynnistetty hiljattain Neo Carbon Finland -hanke, jossa tutkitaan sähkön varastointia hiilivetyinä.

6 Lyhyellä aikavälillä uusiutuvan energian lisääntyessä kaukolämmön tuotannossa voitaisiin ajoittain hyödyntää myös lämpöpumppuja pidempiaikaisen varastoinnin sijaan. Sähköntuotannon päästöjen ja hinnan ollessa ajoittain hyvin alhaalla ylijäämäsähköä käytettäisiin lämmöntuotantoon. Esimerkiksi Norjan kantaverkkoyhtiö on arvioinut, että tämä olisi kannattava tapa hyödyntää sähköä sähkön hintojen käydessä välillä alhaalla. Maissa, joissa uusiutuvaa sähköntuotantoa on lisätty merkittävästi, on jo nähty ajoittain negatiivisia sähkön hintoja – jopa –200 €/MWh.

TAULUKKO 1: YHTEENVETO ESITYKSISTÄ

	Vuotuinen sähkö 2025, TWh	Huipun aikainen teho 2025, MW
<i>Energiantuotanto</i>	4,8–5,3	220
Tuulivoima	2–2,5	70
Aurinkovoima	0,8	0
Yhteistuotanto (bioenergia)	2	150
<i>Energian käyttö</i>	4,7–5,4	1 270
Sähkölämmitystoimet	2,9	870
vaihdot pelletteihin	1	300
energiatehokkuusremontit	1	300
säästävät hanat ja suihkupäät	0,1	30
maalämpöpumput	0,8	240
Palveluala	1–1,5	200
Kotitalouksien laitteet	0,8–1	200
<i>Kysyntäjousto</i>	0	500
Yhteensä	9,5–10,7	1 990
Vrt. Fennovoiman hanke	n. 10	n. 1200

7 TOIMENPITEET

7.1 YHTEISTUOTANNON, KAUKOLÄMMÖN JA METSÄENERGIAN KILPAILUKYVYN PARANTAMINEN

Vanhenevien yhteistuotantolaitosten korvaamista uusilla hidastavat selvästi arviot laitosten kannattavuudesta. Sähkön hinta on matala ja sen kehittymiseen liittyy huomattavia epävarmuuksia. Samaan aikaan hiilen maailmanmarkkinahinta on alhaalla. Maakaasu on suhteellisesti kallistunut, ja eniten sähköä tuottavat voimalat toimivat juuri kaasulla.

Yksi vaihtoehto on asettaa yhteistuotanto ehdoksi tietyn kokorajan ylittävälle uusille lämpölaitoksille. Näin voidaan varmistaa energiatehokkaan yhteistuotannon jatkuminen.

Myös energiaverotusta tulee tarkastella kokonaisuutena niin, että yhteistuotanto tulee kilpailukyisemmäksi erillistuotantoon verrattuna. Samalla verotuksen tulee ohjata valitsemaan vähäpäästöisimmat polttoaineet.⁷ Muutos voidaan toteuttaa ve-

7 Yksi vaihtoehto on, että energiaverojen hiilidioksi-

rotusta kokonaisuutena kiristämättä. Osana taloudellista ohjausta uusissa yhteistuotantolaitoksissa voitaisiin myöntää investointitukea rakennusasteen nostamiseksi.

Nykyään metsähakkeen tuki kasvaa päästöoikeuden hinnan laskiessa kymmeneen euroon asti, mutta pysyy sen jälkeen vakiona. Tämä heikentää hakkeen kilpailukykyä, kun päästöoikeuden hinta jää viime aikojen tapaan alhaiseksi.

Tuen leikkurin alarajaa tulee laskea tai se tulee poistaa, mikä parantaa tukea alhaisilla päästöoikeuden hinnoilla. Lisäksi tuotantotuen laskutapaa tulisi muuttaa niin, että tukea verrataan kulloinkin halvimpaan energiantuotannossa kilpailevaan päästöjä tuottavaan polttoaineeseen (turve, kivihiili tai maakaasu), ei vain turpeeseen. Näin metsähakkeen kilpailukyky hiiltä vastaan paranee.

Leikkurin muuttaminen on valtiontaloudelle suhteellisen edullista. Päästökaupan korjaantuessa ja päästöoikeuden hinnan noustessa muutos ei maksa mitään, koska päästökauppa parantaa suoraan puun kilpailukykyä suhteessa hiileen ja tuki pienenee automaattisesti nykyiseen tapaan.

7.2 HALLINNOLLISTEN ESTEIDEN RAIVAAMINEN

Uusiutuvan energian lisäämistä jarruttavat monet hallinnolliset esteet. Turha byrokratia rajoittaa toteutettavissa olevaa potentiaalia, hidastaa hankkeita ja lisää kustannuksia.

Esimerkiksi osa kunnista vaatii aurinkopaneelien rakentamisesta omalle katolle rakennuslupaa. Tuulivoiman rakentamista estävät mm. Liikenneturvallisuusviraston vaatimukset etäisyydestä liikenneväyliin, tiukat melunormit ja puolustusvoimien pelkäämät häiriöt tutkille.

Esteiden raivaamisessa on kuitenkin myös edetty. Selvityshenkilö Lauri Tarasti tunnisti tuulivoiman rakentamisen pahimpia esteitä, ja osaa niistä on jo onnistuttu keventämään. Vastaavalla tavalla pitää diosuuden lisäksi tai sen sijaan energiasisältöosuus olisi erilainen yhteistuotannossa ja lämmön erillistuotannossa. Lisäksi energiaverotuksessa voitaisiin ottaa huomioon ilmastopäästöjen lisäksi myös muita ympäristövaikutuksia, kuten hiukkaspäästöjä, mikä tukisi kaasun kilpailukykyä suhteessa kivihiileen.

yksi kerrallaan käydä läpi kaikki uusiutuvan energian, energiatehokkuuden ja kysyntäjouaston hallinnolliset esteet ja karsia niitä niin ripeästi kuin mahdollista.

7.3 NETTOLASKUTUS

Nettolaskutus eli netotus on keino kannustaa uusiutuvan energian hajautettuun pientuotantoon. Se tekee investoinneista aurinkopaneelisiin ja pienois-tuulivoimaloihin esimerkiksi maataloilla ja omakotitaloissa houkuttelevampia.

Monet energiayhtiöt ostavat nykyäänkin pientuottajilta yli jäävää sähköä. Yleensä pientuottaja saa myymästään sähköstä kuitenkin selvästi pienemmän korvauksen kuin mitä joutuu maksamaan ostamaan sähköstä.

Netotuksessa verkkoon tuottaman sähköön voi vähentää verkosta kuluttamastaan sähköstä. Työkalu on jo käytössä monissa maissa. Esimerkiksi Tanskassa netotuksen on arvioitu olleen ratkaiseva tekijä siinä, että lopulta saatiin liikkeelle investoinnit lähes 400 megawattiin aurinkopaneeleita.

7.4 ENERGIARAHASTO

Kotitalouksien ja yritysten investointeja energiatehokkuuteen ja uusiutuvan energian tuotantoon rajoittaa osaltaan pääomien puute. Yksi ratkaisu on perustaa julkisella käynnistysrahoituksella kiertävä energiarahasto (ns. revolving fund).

Julkinen sektori osallistuu rahaston alkupääoman keräämiseen, jolla rahoitetaan kotitalouksien ja yritysten investointeja. Investointi säästää rahaa energialaskun pienemisenä, ja tuottoja kerätään takaisin rahastoon. Näin kertyneillä tuotoilla voidaan jälleen rahoittaa uusia investointeja.

Rahastoon voidaan niin haluttaessa ohjata myös osa mahdollisten energia- ja ympäristöverojen korotusten tuotosta. Toinen vaihtoehto on miettiä, voiko joidenkin valtionyhtiöiden vahvaa tasetta ohjata kotimaista energiaa hyödyttäviin investointeihin. Rahastoon voitaisiin myös kanavoida jo nykyisin kestävän energian edistämiseen käytössä olevia varoja.

7.5 KYSYNTÄJOUSTON EDISTÄMINEN

Suomessa on jo Vanhasen II hallituksen aikana päätetty ottaa käyttöön reaaliaikainen sähkönmittaus. Käytännössä kaikissa talouksissa onkin nyt teknisesti mahdollista solmia sähkösovimus, jossa sähkö hinnoitellaan kulloisenkin markkinahinnan mukaan.

Joustava- tai muuttuvahintaisia sopimuksia on kuitenkin toistaiseksi tehty vähän. Ongelmaa voi tarvittaessa ratkoa normiohjauksella sähkömarkkinalain kautta. Kevyempi vaihtoehto on solmia vapaaehtoinen sopimus energiatuottajien kanssa siitä, että vuosittain kasvava prosenttiosuus sähköalan sopimuksista olisi joustavahintaisia ja tukisi kysyntäjoustopleistymistä.

7.6 ENERGIATEHOKKUUDEN KANNUSTIMET KOHDALLEEN

Suomessa on saatu hyviä kokemuksia kotitalouksien laitteiden sähkökulutuksen hillitsemisestä EU:n laajuisilla laitenormeilla. Standardeista ovat hyötynneet kuluttajat pienempinä sähkölaskuina. Suomen kannattaa varmistaa, että normiohjausta edelleen vahvistetaan ja laajennetaan EU:ssa.

Teollisuudessa on jo pitkään hyödynnetty menestyksekkäästi vapaaehtoisuuteen perustuvia energiatehokkuussopimuksia. Käytäntöä on laajennettu hyvin tuloksin palvelualalle. Sopimuksia kannattaa jatkaa ja niihin liittyy joko uusia taloudellisia kannustimia tai velvoittavaa ohjausta.

Uusien rakennusten energiatehokkuusmääräyksiä on tuntuvasti parannettu, ja nykyisin tehokkuutta on kohennettava myös remonttien yhteydessä. EU-tason säätely velvoittaa Suomen parantamaan uusien rakennusten energiatehokkuutta vaihteittain kohti jopa nollaenergiataloja eli rakennuksia, jotka tuottavat vuositason tarvitsemansa energian itse.

Kannattavinta energiatehokkuuden parantaminen olemassa olevissa rakennuksissa on silloin, kun rakennuksia remontoidaan muutenkin. Kotitalouksien ja yritysten yleiset talousnäkymät sekä ongelmat rahoituksen saatavuudessa voivat kuitenkin tällä hetkellä lykätä korjausrakentamista myöhemmäksi. Siksi tarvitaan kannustimia remonttien liikkeelle saamiseksi.

Kotitalousvähennys on ollut yksi onnistunut tapa tukea työn teettämistä remonttien yhteydessä. Vähennys tulee myöntää korotettuna työstä, jolla parannetaan energiatehokkuutta tai vaihdetaan lämmitystapa uusiutuvalle energialle.

Teollisuudessa hyvin on toiminut energiapalveluyhtiöiden (energy service company, ESCO) malli, jossa energiansäästö toteutetaan kokonaispalveluna. Mallissa ulkopuolinen yhtiö arvioi tehostamismahdollisuudet, suunnittelee ja toteuttaa toimet sekä kerää rahoituksen alentuneiden energiakulujen tuotoista. Säästöä tulee asiakkaalle helppoa, koska sen ei itse tarvitse hankkia energiaosaamista ja rahoitusta. Palvelumallia kannattaa kokeilla esimerkiksi sähkölämmitettyjen rakennusalueiden yhteisiin tehokkuushankkeisiin.

7.7 JULKISET HANKINNAT

Julkisen talouden tukalassa tilanteessa on apua haettu rakenteellisista uudistuksista, joissa nyt tehtävillä toimilla tehostetaan toimintoja tai vähennetään menotarvetta tulevaisuudessa. Yksi luonteva osa tätä kokonaisuutta ovat investoinnit, jotka parantavat julkisen sektorin energiatehokkuutta eli vähentävät tulevia energialaskuja.

Tiukat menoraamit rajoittavat nykyään esimerkiksi valtion virastojen investointeja sellaisiinkin energiatehokkuushankkeisiin, jotka maksavat itsensä takaisin hyvin nopeasti. Julkiselle sektorille tarvitaan oma tehokkuusinvestointien ohjelma, jonka rahoitus ei ole pois virastojen välttämättömistä menoista.

Valtio ja kunnat käyttävät julkisiin hankintoihin yhteensä kymmeniä miljardeja euroja vuodessa. Hankinnoissa voidaan velvoittaa ottamaan huomioon tarve tehostaa energiankäyttöä ja edistää uusiutuvan energian tuotantoa. Julkisyhteisöt käyttävät noin 750 miljoonaa euroa vuodessa rakennusten energialaskuihin. Tästä kulutuksesta arvioidaan voitavan säästää noin 100 miljoonaa euroa.

Julkinen sektori voi vaikuttaa energiatehokkuuteen ja uusiutuvan energian käyttöönottoon myös monin muin tavoin. Esimerkiksi Porvoossa on toteutettu tontin ostotarjouskilpailu, jossa rakentamisoikeudelle on määritelty kiinteä hinta ja tontin saa energiatehokkaimman ratkaisun esittänyt rakentaja.

7.8 VEROTUS

Kotimaisen energiaratkaisun malli ei perustu verojen korotuksiin. Tarvittavat investoinnit energiatehokkuuteen ja kotimaiseen, uusiutuvaan energiaan on mahdollista saada liikkeelle ensisijaisesti muilla keinoilla.

Ympäristö- ja energiaverot voivat kuitenkin tuoda julkiseen talouteen liikkumatilaa, jonka avulla muita veroja voidaan laskea, tulonsiirtojen korottaa tai kotitalouksien energiainvestointeja tukea. Samalla energiaverot lisääisivät kannustimia parantaa energiatehokkuutta ja valita uusiutuvaa energiaa.

Kansalaiset pitävät ympäristöveroja hyväksyttävimpinä, jos he kokevat niiden vähentävän ympäristökuormitusta ja tuottojen kiertävän takaisin heidän käyttöönsä.⁸ Keinoja tuottojen palauttamiseen voivat olla tulonsiirrot ja erilaiset avustukset.⁹ Kaikissa veroratkaisuissa on huolehdittava sosiaalisesta oikeudenmukaisuudesta ja elinkeinoelämän kilpailukyvyistä.

Myös verotuksen ennakoitavuus on tärkeää, jotta kotitaloudet ja yritykset voivat tehdä pitkäjänteisiä investointeja riittävin tiedoin. Seuraavan hallituksen kannattaakin harkita pitkän aikavälin suunnitelmaa, jossa energia- ja ympäristöveroja korotetaan vaiheittain ja maltillisesti esimerkiksi muutamalla prosentilla vuosittain. Näin voidaan varmistaa riittävä ympäristöohjaus ja samalla pitää kotitalouksille ja yrittäjille yksittäisen vuoden aikana koituvat muutokset kohtuullisina.

Kotimaisen energiaratkaisun edellyttämää lisärahoitusta voidaan kerätä karsimalla ympäristölle haitallisia tukia maltillisesti. Nykyisin ympäristökuor-

8 Esimerkiksi Kanadan osavaltiossa British Columbiassa otettiin käyttöön asteittain tiukentuva hiilivero, joka kompensoitiin täysimääräisesti muiden verojen alentamisena. Verosta saatujen kokemusten perusteella kaksi kolmesta kansalaisesta pitää veroa hyvänä, ja käyttöönnoton jälkeen osavaltion päästöt ovat laskeneet selvästi samalla, kun sen talous on kasvanut muuta Kanadaa nopeammin.

9 Ympäristöverojen nostamisen kompensatioksi on usein käytetty muiden verojen, erityisesti tuloverojen alentamista. Tämä malli on toiminut hyvin British Columbiassa. Yleisen hyväksyttävyyden kannalta on kuitenkin tärkeää, että kansalaiset voivat ymmärtää ja havaita, mihin ympäristöverojen tuottoa käytetään. Tästä näkökulmasta tulonsiirtojen ja avustuksien korottamista (tai kokonaan uusien luomista) voi pitää suositeltavampana tapana palauttaa verotuotot, vaikka se johtaisikin tulonjaon kannalta samaan lopputulokseen.

mitusta tuetaan Suomessa laskentatavasta riippuen noin 3–4,5 miljardilla eurolla vuosittain. Pieni murto-osa tästä riittäisi kattamaan tämän mallin lisäkustannukset.

Höllentämällä eräitä uusiutuvan energian verotuksen käytäntöjä ja tulkintoja voidaan saada hyvinkin pienellä aikaiseksi paljon. Esimerkiksi sähköverolain tulkinnan mukaan yritysten on maksettava omaankin käyttöön tuottamastaan aurinkosähköstä veroa, mikä on käytännössä pysähdyttänyt investoinnit. Valtiovarainministeriössä valmistellaan muutosta lakiin, joka kohtuullistaisi käytäntöä. Muutoksen vaikutus verotuloihin olisi pieni, mutta alalla arvioidaan sen käynnistävän heti kymmenien miljoonien eurojen investoinnit.

7.9 TIEDOTUS, NEUVONTA JA KOULUTUS

Monia tässä mallissa esitettyjä ratkaisuja voi edistää myös tiedotuksella ja neuvonnalla. Esimerkiksi melko harva kuluttaja on vielä tietoinen sähkön kulloiseenkin markkinahintaan perustuvasta hinnoittelusta, ja moni kaipaa lisää tietoa aurinkopaneelien asentamisesta. Parhaimmillaan tiedon levittäminen onkin kustannustehokas työkalu.

Energia-alan tiedotukseen ja neuvontaan on olemassa vakiintuneita väyliä, kuten valtion omistama Motiva ja alueelliset energiatoimistot. Sähköyhtiöt tavoittavat puolestaan asiakasviestinnällään kaikki sähkön käyttäjät.

Nykyisiä väyliä kannattaa hyödyntää ja vahvistaa. Tämä voi tapahtua esimerkiksi alueiden tasolla¹⁰ ja edistämällä energianeuvonnan nivoutumista muihin yritysten ja kansalaisten käyttämiin palveluihin, kuten rakennusvalvontaan ja yritysten starttipalveluihin. Valtion energia- ja materiaalitehokkuusyhtiö Motivan mukaan tehokkaasti toimiva neuvonta auttaa myös tuomaan elinvoimaa ja työllisyyttä alueille pienillä taloudellisilla panoksilla. Toteuttamiensa hankkeiden perusteella Motiva arvioi, että työ- ja elinkeinoministeriön 50–100 000 euron hankerahoituksella on saatu liikkeelle jopa 1–10 miljoonan euron tehokkuusinvestointeja yrityksissä.

10 Esimerkiksi Ruotsissa vastuu neuvonnasta ja tiedotuksesta on keskitetty valtakunnalliselle virastolle (Energimyndigheten), mutta sen vastuulla on koordinoita ja auttaa nimenomaan kuntatason toimijoita. Kunnilla puolestaan on velvollisuus tarjota alueellisia neuvontapalveluita.

Kestävät energiaratkaisut edellyttävät osaamista niin arkkitehteiltä, sähköasentajilta kuin vaikka hankintayksiköiden työntekijöiltä. Osaaminen voidaan varmistaa nykyisillä määrärahoilla koulutuksen painopisteitä muuttamalla.

Nykyisten koulutusohjelmien sisältöä on tarpeen päivittää vastaamaan kestävästi energiatalouden tarpeisiin. Myös kestäviin energiaratkaisuihin erikoistunutta koulutusta tarvitaan. Osaamista voidaan rakentaa jo työelämässä olevien ammattilaisten valmiuksien varaan lisäkoulutuksella.

TAULUKKO 2: KOTIMAISEN ENERGIARATKAISUN EDELLYTTÄMÄT TOIMENPITEET

<i>Toimenpide</i>	<i>Tuotanto</i>	<i>Tehokkuus</i>	<i>Kysyntäjousto¹¹</i>
yhteistuotantovelvoite uusille lämpökeskuksille	X		
metsähakkeen tuen leikkurin poistaminen	X		
hallinnollisten esteiden raivaaminen	X	X	X
yhteistuotannon fiksumpi suosiminen verotuksessa	X		
hajautetun pientuotannon nettolaskutus	X		
energiarahasto	X	X	X
sopimus sähköalan kanssa sähkön joustavasta hinnoittelusta			X
laitteiden energiatehokkuuden normiohjaus		X	
energiatehokkuussopimusten laajentaminen ja vahvistaminen		X	
korotettu kotitalousvähennys	X	X	X
energiapalveluyhtiöiden vauhdittaminen		X	X
julkisen sektorin energiatehokkuusohjelma		X	
julkisten hankintojen valjastaminen	X	X	
tiedotus, neuvonta ja koulutus	X	X	X

11 Käytännössä monet energiatehokkuustoimet vähintään helpottavat sähkön kysyntäjouston lisäämistä. Tässä taulukossa eri toimien vaikutusta kysyntäjousto on arvioitu varovaisesti.

8 MITÄ VUODEN 2025 JÄLKEEN?

Kotimaisessa energiaratkaisussa on arvioitu yksityiskohtaisemmin sähkön tarpeen kattamista vuoden 2025 tilanteessa. Suomen energiatulevaisuutta on kuitenkin syytä tarkastella myös pitemmällä aikavälillä ja laajempaa kokonaisuutena.

Vuoden 2025 jälkeen käytöstä poistuu vaihteittain osa voimaloista, aikanaan mm. nykyiset neljä ydinreaktoria. Samalla sähkön tarve voi kasvaa joillakin käyttöaloilla, kuten sähköautoissa.

Pääosin vuoden 2025 jälkeen tarvitaan samankaltaisia ratkaisuja kuin sitä ennen: uusiutuvaa energiaa, energiatehokkuutta ja kysyntäjoustoja. Jonkin verran tarvitaan kokonaan uusia ratkaisuja, kuten sähkön varastointia (ks. laatikko).

Mitä pidemmälle tulevaisuuteen mennään, sitä haastavampaa on kuitenkin arvioida, mitkä lupavista uusista teknologioista kannattaa aikanaan valita. Esimerkiksi aurinkosähkön hinta on laskenut tähän asti selvästi Kansainvälisen energijärjestö IEA:n aiemmin ennakoimaa nopeammin.

Monilla aloilla kestävien ratkaisujen potentiaali kasvaa ajan mittaan. Esimerkiksi hallituksen ydinvoimapäätöksen taustaselvityksen mukaan vuonna 2040 tuulisähköä voidaan Suomessa tuottaa 30 TWh – yli kolme kertaa niin paljon kuin Fennovoiman reaktorilla. IEA:n aurinkoenergiatiekartan mukaan aurinkosähkön hinta laskee maailmalla vielä 45 prosenttia vuoteen 2030 ja 65 prosenttia vuoteen 2050, mikä parantaa sen kilpailukykyä edelleen. Myös energiatehokkuuden parantamiseen teknologian ja markkinoiden kehitys tuo uusia ratkaisuja.

Suomessa osana hallituksen tulevaisuusselonteon laatimista mallinnettiin neljää skenaariota, joista yhdessä uusiutuvalla energialla tuotetaan vuosisadan puolivälissä kaikki energia. VTT:n, VATTin, Metlan ja GTK:n yhteishankkeessa Low Carbon Finland 2050 on tarkasteltu viittä skenaariota, joissa yhdessä ei oleteta lisäydinvoimaa Olkiluoto 3:n valmistumisen jälkeen.

Tällä mallilla Fennovoiman reaktorin teho ja sähkö voidaan korvata vuonna 2025 ja sen jälkeen. Muihin tarpeisiin siitä eteenpäin tarvitaan lisää keinoja, joita on syytä tarkastella lähemmin tulevina vuosina

osana laajempaa energiakokonaisuutta.

9 MITEN MALLI VAIKUTTAA...¹²

9.1 ...SÄHKÖN HINTAAN?

Malli alentaa sähkön hintaa kolmea eri reittiä:

1. energiatehokkuuden parantaminen vähentää sähkön kysyntää
2. tuuli- ja aurinkosähkön lisääminen puskee markkinoilla tieltään muuttuvilta kustannuksiltaan kalliimpaa tuotantoa, kuten hiililauhdetta
3. kysyntäjouston edistäminen tasoittaa kulutus- huippuja

Yksin tuulivoiman lisäämisen arvioidaan vähentävän Suomessa sähkön tukkumarkkinahintaa noin 2–3 €/MWh, kun hinta nyt on noin 38 €/MWh. Tästä hyötyvät niin energiaintensiivinen teollisuus kuin kotitaloudetkin.

Esitetyistä keinoista pientuotannon nettolaskutus nostaa sähkön hintaa. Vaikutus on kuitenkin marginaalinen verrattuna siihen, kuinka paljon muut toimet hintaa laskevat.

9.2 ...TYÖLLISYYTEEN?

Malli lisää kotimaisia työpaikkoja kolmea eri reittiä:

1. korvaamalla tuontenergiaa kotimaisella energialla ja tehokkuustoimilla
2. luomalla kotimarkkinoita suomalaisen cleantech-teollisuuden ratkaisuille, mikä auttaa kasvattamaan vientiä¹³
3. alentamalla teollisuuden sähkön hintaa

Työ- ja elinkeinoministeriö on arvioinut, että jo asetetut puhtaan energian ohjelman tavoitteet synnyttävät

- tuulivoima-alalle 10 000 rakentamisen aikaista henkilötyövuotta ja lisäksi 15 000 tuotannon ja viennin työpaikkaa
- bioenergia-alalle 10 000 rakentamisen aikaista henkilötyövuotta ja 20 000 tuotannon ja viennin

¹² VTT ja VATT ovat aiemmin arvioineet hallituksen energia- ja ilmastostrategian päivityksen vaikutuksia Suomen kansantalouteen. Soveltuvien osien työn tuloksia voidaan hyödyntää myös arvioitaessa tämän mallin mahdollisia vaikutuksia.

¹³ Tällä hetkellä alan viennin arvioidaan olevan n. 14 miljardia euroa.

- työpaikkaa¹⁴
- energiatehokkuuteen 15 000 rakentamisen aikaista henkilötyövuotta ja 7 000 tuotannon ja viennin työpaikkaa
- aurinkoenergiaan 3 000 rakentamisen aikaista henkilötyövuotta ja 1 000 tuotannon ja viennin työpaikkaa

Tässä mallissa esitetyt toimet lisäävät ja vauhdittavat hallituksen tavoitteita uusista puhtaan teknologian työpaikoista. Investoinnit ylläpitävät kotimaista kysyntää ja tarjoavat työtä monille taloudellisen taantuman ja rakennemuutoksen kouriin jääneelle ihmiselle. Työpaikat voivat olla keskenään hyvin erilaisia metsureista arkkitehteihin ja konsulteista rakennustyöntekijöihin.

Pitkällä aikavälillä mahdollisuudet kasvavat. Keväällä 2014 suomalainen professorityöryhmä arvioi, että vuoteen 2050 mennessä energia-alan työpaikkoja olisi mahdollista luoda jopa 50 000. Saksassa uusiutuvan energian edistäminen on luonut tähän mennessä liki 400 000 työpaikkaa, ja vuoteen 2020 mennessä tavoitteena on saada uusiutuvista työtä yhteensä puolelle miljoonalle ihmiselle.

9.3 ...VALTIONTALOUTEEN?

Monet lisätoimenpiteet eivät edellytä julkista rahoitusta, vaan esimerkiksi erilaisten hallinnollisten ja muiden esteiden raivaamista. Mallissa seuraavien toimenpiteiden¹⁵ arvioidaan suoraan lisäävän julkisia menoja tai vähentävän tuloja:

1. metsähakkeen tuotantotuen leikkurin poistaminen (noin 8–15 miljoonaa euroa/vuosi – tarve poistuu päästöoikeuden hinnan noustessa)
2. julkisen sektorin energiatehokkuusohjelman toteuttaminen
3. kansalaisten ja yritysten alueellisen energianeuvonnan parantaminen

Yhteensä näihin toimenpiteisiin arvioidaan tarvittavan noin 30–40 miljoonaa euroa vuosittain. Lisäksi kotimaisen energian rahasto edellyttää julkiselta sektorilta alkupääomaan kertaluontoista sijoitusta, joka liikkuu vähintään kymmenissä miljoonissa eu-

14 Tällä hetkellä alan viennin arvioidaan olevan n. 14 miljardia euroa.

15 Kotitalousvähennyksen korotus on mahdollista toteuttaa kustannusneutraalisti esimerkiksi niin, että vuodelle 2015 esitetyistä n. 20 %:n korotuksesta (hinta n. 13 M€) osa kohdennetaan energiakorjausten korotettuihin vähennyksiin.

roissa riippuen mm. yksityisen sektorin osallistumisesta.

Aurinkosähkön ja tuulivoiman taloudellisen tuen tarve vähenee teknologian ja markkinoiden kehityksessä nopeasti. Jo toteutuneen kehityksen ja tulevaa sähkön markkinahintaa sekä asennusten hintojen koskevien eri arvioiden perusteella on todennäköistä, että 2020-luvun lopulla niiden edistäminen vaatii julkisia tukia joko hyvin vähän tai ei lainkaan. Mahdollinen tukien tarve tulee arvioida erikseen vuosikymmenen lopulla.

Julkiset tuetkaan eivät VTT:n ja VATTin mukaan välttämättä johda julkisen sektorin rahoitusaseman heikkenemiseen, jos investointien kokonaisuus kasvattaa kotitalouksien ja yritysten tuloja ja siten myös verotuloja. Julkisen sektorin rahoitus voi jopa parantua, jos tuet auttavat synnyttämään uutta markkinaehtoista toimintaa ja vientituotteita, mikä puhtaan teknologian tapauksessa vaikuttaa todennäköiseltä.

Kotimainen energiaratkaisu merkitsee myös huomattavia kansantaloudellisia hyötyjä, jotka näkyvät myös kasvavina verotuloina. On mahdollista, että nettona malli ei maksa julkiselle taloudelle lainkaan ylimääräistä.

9.4 ...VAIHTOTASEESEEN?

Malli parantaa Suomen vaihtotasetta. Kun sähkön tarve katetaan kotimaisin ratkaisuin, vähenee sähkön tuonti ja sähkön tuotannossa käytettyjen polttoaineiden tuonti.¹⁶

Suomen energiatuotteiden tuonnista kertyy noin kahdeksan miljardin euron vuotuinen lasku. Ilman energian tuontia kauppatasemme olisi plusmerkinen. Mallin ansiosta osa näistä miljardeista jää pyörimään Suomen kansantalouteen sen sijaan, että ne kannettaisiin ulkomaille. Suomalaisen professorityöryhmän mukaan vuoteen 2020 mennessä viidennes ja vuoteen 2035 mennessä puolet kysynnästä voitaisiin suunnata kotimaahan.

16 VTT:n ja VATTin arvion mukaan kauppataseen ja vaihtotaseen vaje kuitenkin aluksi kokonaisuutena kasvaa, jos investoinnit ja kotimaisen kysynnän kasvu syrjäyttävät vientiä. Vaikutus pienenee ajan myötä. Mikäli osaamisen kehittyminen ja kotimarkkinareferenssit tukevat suomalaisten energiaratkaisujen vientiä riittävästi, myös kauppatase paranee nykyisestä.

9.5 ...ENERGIAOMAVARAISUUTEEN JA HUOLTOVARMUUTEEN?

Malli parantaa energiaomavaraisuutta ja huoltovarmuutta. Sähkön tuonti ja sähkön tuotannossa käytettyjen polttoaineiden tuonti vähenee, kun sähkön käytön tehokkuus paranee ja kotimainen sähkön tuotanto lisääntyy. Koska iso osa energiasta tuodaan Suomeen Venäjältä, vähentää malli erityisesti riippuvuutta Venäjästä.

9.6 ...PÄÄSTÖIHIN?

Malli vähentää energiantuotannon päästöjä. Uusiutuva energia syrjäyttää pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla muuttuvilta kustannuksiltaan kulloinkin kalleinta, yleensä päästöjä runsaasti tuottavaa sähköntuotantoa. Energiatehokkuus ja erityisesti kysyntäjousto auttavat samoin vähentämään tarvetta runsaspäästöiselle ja kalliille sähköntuotannolle.

9.7 ESIMERKKEJÄ SEKTORIKOHTAISISTA VAIKUTUSARVIOISTA

Bioenergia ry:n selvityksen mukaan yksin metsähakkeen tuotantotuen viilaaminen korjaisi Suomen vaihtotasetta 53 miljoonalla eurolla, lisäisi työllisyyttä 850 henkilötyövuodella ja vähentäisi ilmastopäästöjä 1,5 miljoonalla tonnilla.¹⁷ Lämpöpumppuinvestoinneilla voidaan Gaia Consultingin mukaan säästää seuraavan kahden vuosikymmenen aikana kotitalouksien menoja 280 miljoonaa euroa, parantaa kauppatasetta 260 miljoonaa euroa, lisätä työllisyyttä noin 1 500 henkilötyövuodella ja vähentää päästöjä noin 1,6 miljoonalla tonnilla.

ENERGIAINVESTOINNIT JA KUNNAT

Enemmistö Fennovoiman suomalaisomistajista on kunnallisia energiayhtiöitä tai niiden kokonaan omistamia yhtiöitä. Hankkeeseen liittyy yhtiöiden kannalta huomattavia riskejä, koska vaaditun osakepääoman lisäksi ne sitoutuvat ostamaan yhtiöltä sähköä omistusosuuttaan vastaavan määrän omakustannushintaan (ns. mankalaperiaate). Omakustannushintaan, rakennus- ja rahoituskuluihin sekä sähkön markkinahinnan kehitykseen liittyy huomattavia epävarmuuksia. Käytännössä yhtiöt voivat joissakin tilanteissa joutua ostamaan sähköä kalliimmalla kuin saisivat sitä sähköpörssistä – siis tappiolla. Pääomien sitominen ydinvoiman riskeihin rajoittaa energiayhtiön mahdollisuuksia kehittää muuta toimintaansa tai tulouttaa varoja kunnalle.

Uusiutuva- ja tehokkuusinvestoinnit jäävät usein hyödyntämään oman alueen taloutta, jos rakentaminen, käyttövaihe ja polttoainehuolto voidaan hoitaa alueen omin voimin. Esimerkiksi yksi pienikin (yhden–kahden megawatin) hakelämpölaitos voi lisätä kunnan vuosituloja 60–180 000 eurolla, tuoda alueelle 1–2,5 vuotta uutta työpaikkaa ja parantaa kauppatasetta 160–300 000 eurolla.

Mikkelissä kaupunginvaltuusto on päättänyt vetäytyä Fennovoiman hankkeesta juuri taloudellisista syistä. Ydinsähkön sijaan alueen energiahuollosta vastaava Etelä-Savon Energia on investoinut energiantuotannon kehittämiseen puulla, vedellä ja tuulella. Esimerkiksi Pursialan voimalaitoksessa tuotetaan sähköä ja lämpöä 85-prosenttisesti puupolttoaineilla.

¹⁷ Vertailun vuoksi hallituksen ydinvoimapäätöksen taustaselvityksen mukaan molemmat jättimäiset ydinvoimalat vähentäisivät Suomen ilmastopäästöjä karkeasti ottaen saman verran.

10 KEHITYS ERÄISSÄ MUISSA MAISSA

Ruotsin tuore hallitus on asettanut tavoitteeksi lisätä sähköntuotantoa uusiutuvilla vuoteen 2020 mennessä 30 TWh, mikä vastaa yli kolmea Fennovoiman reaktoria. Tanska tavoittelee puolestaan yksin tuulelle 50 prosentin osuutta sähköntuotannosta samana vuonna. Vuosisadan puoliväliin mennessä Tanskan energiatalouden on tarkoitus perustua kokonaan uusiutuviin.

Skotlanti tavoittelee täysin uusiutuvaa sähköntuotantoa jo 2020 mennessä. Saksassa pyritään 50 prosentin uusiutuvan sähkön osuuteen 2030, 65 prosentin osuuteen 2040 ja 80 prosenttiin osuuteen 2050. Sähkön kulutusta maa aikoo vähentää vuoden 2008 tasosta kymmenyksellä 2020 ja neljänneksellä vuonna 2050.

Ajoittain Suomessa epäillään muiden maiden kykyä (ja halua) saavuttaa kunnianhimoisia tavoitteita. Ruotsissa on kuitenkin tuotettu tuulivoimalla vuonna 2013 noin kolme terawattituntia enemmän kuin maa suunnitteli vain muutama vuosi sitten. Tanska ja Saksa taas ovat jääneet välillä hieman jälkeen tuulivoimatavoitteistaan, mutta enemmän kuin paikanneet vajeen aurinkosähkön kasvun puolella.

TAULUKKO 3:

<i>Aurinkosähkön lisäys</i>	<i>Tuotannon lisäys kWh/henkilö/v. (keskimäärin)</i>
Tanska 2011–13	45
Tšekin tasavalta 2009–11	100
Saksa 2010–12	90
Suomi mallissa 2015–25	15

Saksan aurinkosähkön kehittäminen ei ole ollut ihan halpaa, mutta samalla maa on noussut maailman aurinkoteollisuuden kärkeen. Huomattavia investointeja voi peilata myös siihen, että jo vuonna 2012 Saksa vältti uusiutuvilla yhteensä noin 10 miljardin euron energian tuontikulut ja sai yli 10 miljardin euron ympäristö- ja terveyshyödyt.

TAULUKKO 4

<i>Tuulisähkön lisäys</i>	<i>Tuotannon lisäys kWh/henkilö/v. (keskimäärin)</i>
Tanska 2010–11	270
Ruotsi 2010–13	200
Suomi 2009–13	20
Suomi mallissa ja vertailuskenaariossa yht. 2015–25	200

Tanska tuotti tuulella sähköä jo vuonna 2013 enemmän (11,1 TWh) ja Ruotsi lähes saman verran (9,9 TWh) kuin Suomelle esitetään mallissa vuoden 2025 tavoitteeksi. Kiinassa tuulisähkön tuotanto ohitti ydinvoiman jo vuonna 2012.

TAULUKKO 5

<i>Koti- ja maatalouksien sähkönkulutuksen kehitys eräissä maissa</i>	<i>Sähkönkulutuksen muutos henkilöä kohti</i>
Tanska 2002–12	-85 kWh (-4 %)
Ruotsi 2002–12	-610 kWh (-13 %)
Suomi 2002–12	+430 kWh (+11 %)
Suomi mallissa 2015–25¹⁸	-180 kWh (-4 %)

11 MUITA MALLEJA

Mahdollisia tapoja kattaa Suomen sähkön tarve vähäpäästöisesti ilman lisäydinvoimaa on tarkasteltu useissa selvityksissä ja raporteissa.

11.1 LOW CARBON FINLAND 2050 (2012 JA 2014)

VTT:n, VATTin, Metlan ja GTK:n yhteisessä Low Carbon Finland -hankkeessa on tuotettu vaihtoehtoisia kehityspolkuja vähähiiliseen yhteiskuntaan. Tammikuun 2014 luonnoksessa oli muodostettu neljä skenaariota, joissa kaikissa päästään 80 prosentin päästövähennykseen eri keinoin. Kaikissa skenaarioissa tarvitaan uusiutuvaa energiaa ja energiatehokkuutta, mutta vaihtelevin osuuksin. Osassa skenaarioista rakennetaan lisäydinvoimaa vielä Olkiluoto 3:n valmistuttua, osassa ei.

18 Ei sisällä sähkölämmitykselle esitettyä vähenemää.

11.2 VIHREÄN KASVUN MALLI (2010)

Vihreiden laatimassa tämän mallin aiemmassa versiossa tarkasteltiin sähkön ja tehon riittävyyden turvaamista vuonna 2020 tilanteessa, jossa uusia ydinvoimaloita ei rakenneta. Ilman lisätoimia vaje sähkössä arvioitiin tuolloin 5,5 TWh:ksi ja tehossa 2 100–2 300 MW:ksi. Mallissa vaje katettiin 1) tehostamalla energiankäyttöä, mikä vähentää sähkön ja siten tuotantokapasiteetin tarvetta (5 TWh ja 1 100 MW huipputehoa), 2) lisäämällä sähkön kysyntäjoustoa, mikä leikkaa kulutushuippuja ja vähentää huipputehon tarvetta (700 MW), sekä 3) lisäämällä uusiutuvaa energiaa, mikä kattaa jäljelle jäävän kotimaisen sähköntarpeen (4,5 TWh ja 300 MW huipputehoa).

11.3 ILMASTO- JA ENERGIAPOLIITTINEN TULEVAISUUSSELONTEKO (2009)

Hallitus antoi ilmasto- ja energiapoliittisen tulevaisuusselonteon viitoittamaan tietä kohti vähäpäästöistä Suomea vuonna 2050. Selonteossa asetetaan tavoitteeksi vähentää Suomen ilmastopäästöjä vähintään 80 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Eduskunta hyväksyi selonteon yksimielisesti. Selontekoa varten tilattiin konsulttityönä neljä esimerkinomaista skenaariota, joilla pyrittiin hahmottamaan ja havainnollistamaan mahdollisia polkuja kohti vähäpäästöistä yhteiskuntaa. Uusiutuvaa energiaa ja energiatehokkuutta tarvittiin merkittävästi lisää kaikissa skenaarioissa. Ydinvoiman kehitys vuoteen 2050 vaihteli selvästi kasvusta käytön lopettamiseen kokonaan, uusiutuvien osuus energiasta kolmesta viidesosasta sataan prosenttiin ja energian loppukulutuksen kehitys nykytasolla säilymisestä puolittumiseen.

11.5 YMPÄRISTÖJÄRJESTÖJEN MALLEJA JA ARVIOITA

Greenpeacen Energy [R]evolution Scenario Finland (2012) on skenaario, jossa esitetään teknisesti toteutettavissa oleva polku tulevaisuuden energiantuotannolle. Skenaario pohjautuu järjestyksessä neljänteen vastaavaan järjestön kansainväliseen mallinnukseen. Energiatehokkuutta ja uusiutuvaa energiaa lisäämällä skenaariossa leikataan päästöjä vuoteen 2050 mennessä yli 90 prosenttia ja luovutaan ydinvoimasta ja hiilestä. Skenaariossa esitetään toteutta-

miseksi tarvittavia toimenpiteitä ja järjestelmän kustannuksia sekä verrataan kansainvälisen skenaarion aiempia versioita jo toteutuneeseen kehitykseen ja muihin vastaaviin skenaarioihin.

Gaia Consultingin WWF:lle laatima Suomelle kilpailukykyä älyenergiasta (2010) on toinen esitys siitä, miten Suomi voisi vähentää päästöjä 40 prosenttia vuoteen 2020 mennessä ja yli 90 prosenttia vuoteen 2050 mennessä ilman lisäydinvoimaa sekä siirtyä ajan myötä sataprosenttisesti uusiutuvaan energiajärjestelmään. Raportissa käsitellään tarvittavia päätöksiä ja kilpailukykyvaikutuksia.

Stockholm Environment Institute laati Maan ystäville selvityksen Suomen osuus ilmastohaasteesta (2010), jossa päästöjä vähennetään vuoteen 2020 mennessä 46 prosenttia ja vuoteen 2050 mennessä 90 prosenttia ilman hiilen talteenottoa ja varastointia tai liikenteen biopolttoaineita ja luopuen samalla ydinvoimasta vuoteen 2040 mennessä. Raportissa tarkastellaan erikseen mm. koko kansantuotteen kasvua, teollisuuden eri toimialoja ja liikenteen kehitystä.

11.5 EUROOPPALAISIA MALLEJA

European Climate Foundation laaditutti laajalla asiantuntijajoukolla energiapoliittisia kehityspolkuja Euroopalle, Roadmap 2050 (2010). Niistä yhdessä Eurooppa siirtyy sähköntuotannossa kokonaan uusiutuviin vuoteen 2050 mennessä kohtuullisin nettokustannuksin. Euroopan uusiutuvan teollisuuden etujärjestö EREC on puolestaan esittänyt skenaarion RE-thinking 2050 (2010), jossa koko energiajärjestelmä muutetaan vuosisadan puoliväliin mennessä uusiutuvaksi.

LÄHTEET¹

- Adato Energia 2013: Kotitalouksien sähkönkäyttö.
- Anvia 2014: Anvia lanseeraa uuden energiahallintapalvelun – säästö kodin lämmityskustannuksissa jopa 30 prosenttia. Lehdistötiedote.
- Bioenergia ry 2014: Selvitys: Kivihiili valtaa jalansijaa Suomessa.
- The Danish Government 2011: Our Future Energy.
- Earth Policy Institute 2014: Wind- and Nuclear-generated Electricity in China, 1995-2013.
- Energy research Centre of the Netherlands 2011: Renewable Energy Projections as Published in the National Renewable Energy Action Plans of the European Member States.
- The Economist 2014: British Columbia's carbon tax – The evidence mounts.
- European Environment Agency 2011: Environmental tax reform in Europe: implications for income distribution.
- Stewart Elgie ym. 2013: BC's carbon tax shift after five years: results. Research findings.
- EPIA 2012: Global Market Outlook for Photovoltaics 2013–2017.
- Eduskunnan tulevaisuusvaliokunta 2012: Nettolaskutuksella vauhtia uusiutuvan energian pientuotantoon.
- Energiakolmio 2014: Tuulivoiman markkinavaikutukset.
- Energistyrelsen 2014: Månedlig elstatistik. Hele landet.
- EREC 2010: RE-thinking 2050 - A 100% Renewable Energy Vision for the European Union.
- European Climate Foundation 2010: Roadmap 2050. A practical guide to a prosperous low-carbon Europe. Technical analysis.
- Eurostat 2014: Tilastot nrg_105a ja demo_gind.
- Breitschopf ym. 2013: Monitoring der Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien im Jahr 2012.
- Bruno Burger 2014: Electricity production from solar and wind in Germany in 2013.
- Gaia Consulting 2013: Maalämpöpumppuinvestointien alue- ja kansantaloudellinen tarkastelu.
- Halme ym. 2014: Kasvua ja työllisyyttä uudella energiapolitiikalla.
- IEA 2014: National Survey Report of PV Power Applications in Denmark 2013.
- IEA 2014: Energy Technology Perspectives 2014.
- IEA 2014: Technology Roadmap: Solar Photovoltaic Energy – 2014 edition.
- Ilmastopaneeli 2014: Kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa.
- Ilmastopaneeli 2013: Lämpöpumput ja kaukolämpö energijärjestelmässä.
- Ilmastopaneeli 2013: Energijärjestelmä ja päästövähennystoimet – yhteenvetoraportti.
- Kansallinen energia- ja ilmastostrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle 20. päivänä maaliskuuta 2013.
- Jukka Kero 2013: Taloyhtiöiden remontit ja energiatehokkuus -kyselyn keskeiset tulokset. Esitys ERA17- vuosipäivässä.
- Göran Koreneff ym. 2014: Energiatehokkuuden kehittyminen Suomessa. Arviot menneisyydestä ja tulevaisuudesta.
- Antti Lehtilä ym. 2014: Ydinvoimapäätösten energia- ja kansantaloudelliset vaikutukset.
- Low Carbon Finland -hankkeen esittelymateriaali parlamentaariselle energia- ja ilmastokokoukselle 24.1.2014 (julkinen).
- Kirsi Martinkauppi (toim.) 2010: ERA17 – Energiaviisaan rakennetun ympäristön aika 2017.
- Motiva 2010: Selvitys tietotekniikkaympäristön sähkönsäästämahdollisuuksista.
- Motiva 2014: Lämpöyrittäjyyden alue- ja kansantaloudellinen tarkastelu.
- Motiva 2014: Tavoitteena resurssitehokas ja hyvinvoiva Suomi. Motiva Oy:n ehdotukset seuraavaan hallitusohjelmaan.
- Samuli Nissilä 2014: Asiantuntija: Kunnat eivät ymmärrä Fennovoiman riskejä – piikki on auki tappiin asti. Artikkelit Suomenmaa-lehdessä.

1 Luvussa Muita malleja lueteltuja malleja, skenaarioita ja raportteja ei ole erikseen lueteltu lähteinä, koska niitä ei ole suoraan hyödynnetty tämän mallin laatimisessa.

- OECD 2011: Environmental Taxation. A Guide for Policy Makers.
- Petri Nieminen 2011: Energiatohokas konesali. Esitys hankkeen loppuseminaarissa.
- Esa Pursiheimo ym. 2013: Tarkennetun perusskenaarion vaikutukset Suomen energiajärjestelmään ja kansantalouteen. Energia- ja ilmastostrategian päivityksen taustaraportti.
- Regeringskansliet 2014: Regeringsförklaringen den 3 oktober 2014. Pääministeri Stefan Löfvenin puhe.
- The Scottish Government: Renewable Energy. Verkkosivu [viitattu 5.10.2014].
- Statnett 2013: Less flexibility. Verkkosivu [viitattu 3.10.2014].
- Suomen lämpöpumppuyhdistys 2014: Lämpöpumpputilasto.
- Svensk Energi: Elåret 2013.
- Jari Tanskanen 2014: Sähkön pientuotannon verotukseen muutos - yrityksiä kannustetaan aurinkosähkön tuottajiksi. YLE Uutiset.
- Tilastokeskus 23.5.2014: Rakennukset ja kesämökit [viitattu 1.10.2014].
- Tilastokeskus 22.9.2014: Sähkön hankinta ja kokonaiskulutus [viitattu 5.10.2014].
- Iloa Turtola 2014: Olkiluodon viivästymisen vaikutus: Suomi yhä riippuvaisempi sähkön tuonnista. YLE Uutiset.
- TVO: Usein esitetyt kysymykset. Verkkosivu [viitattu 5.10.2014].
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2008: Sähkön kysyntäjouaston edistäminen.
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2014: Selvitys sähkön pientuotannon nettolaskutusmenettelystä.
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2014: Tuulivoiman edistämistyöryhmän loppuraportti.
- Elinkeino- ja elinkeinoministeri Jan Vapaavuori 2014: Puhe tiedotustilaisuudessa Fennovoiman ja TVO:n periaatepäätöksistä 15.9.2014.
- Valtioneuvoston kanslia 2013: Vihreän kasvun mahdollisuudet.
- Valtioneuvoston periaatepäätös 18. päivänä syyskuuta 2014 Fennovoima Oy:n hakemukseen uuden ydinvoimalaitoksen ja voimalaitoksen toimintaan samalla laitospaikalla tarvittavien ydinlaitoksien rakentamisesta.
- Vihreät 2013: 10 keinolla hiili kuriin – ja kotimainen puu kunniaan. Muistio.
- Ville Tamminen 2013: Mitä tekisimme 100 miljoonalla vuodessa. Blogikirjoitus ERA17-verkkosivuilla [viitattu 3.10.2014].
- VTT 2014: Wind energy statistics in Finland 2013.
- VTT 2014: Suomi edelläkävijäksi aurinko- ja tuulienergian varastointiin liittyvän energiajärjestelmän kehityksessä. Tiedote.
- ÅF-Consult Ltd 2012: Mistä lisäjoustoja sähköjärjestelmään?