

YDINVOIMA SUOMESSA 2050

**Miten Suomesta hiilinegatiivinen
ja kilpailukykyinen uuden
ydinvoiman avulla**

Rauli Partanen • Marko Hamilo

© Suomen Perusta 2021

ISBN 978-952-7145-58-6 (painettu)

ISBN 978-952-7145-59-3 (pdf)

Ulkoasu: Janne Turunen

Suomen Perusta -ajatuspaja on saanut toimintaansa tukea Opetus- ja kulttuuriministeriöltä.

Kirjassa esitetyt näkemykset ovat kirjoittajien omia eivätkä välttämättä vastaa Suomen Perusta -säätiön tai perussuomalaisen puolueen linjaa.

SISÄLLYSLUETTELO

Esipuhe.....	6
Kirjan toimittajan saatesanat.....	7
Tiivistelmä.....	15
Poistuva kapasiteetti ja tuonti.....	16
Uusi tarve teollisuudessa ja liikenteessä	16
Synteettiset bio / P2X -polttoaineet	17
Mikä olisi järkevä ydinvoimaprojekti	19
Johdanto – Ilmastonmuutos ja siihen vastaaminen	23
Päästöt Suomessa	27
Hiilineutraali Suomi.....	30
Puhtaan energian lähteet.....	34
Bioenergia.....	35
Aurinko.....	36
Tuuli.....	40
Vesivoima	46
Tuonti ja kansainväliset sähkömarkkinat	47
Ydinvoima	51

Energiajärjestelmä tänään	59
Päästökauppa	62
Energiajärjestelmä huomenna	67
Poistuva kapasiteetti ja tuonti.....	67
Sähkön ja lämmön kysyntänäkymät.....	70
Teknologisteollisuus	72
Liikenteen sähköistäminen.....	72
Akkuklusteri	75
Kemia ja petrokemia.....	76
Nestepolttoaineiden käyttö.....	78
Hiilineutraalit synteettiset polttoaineet – P2X.....	81
Puhtaan vedyn hinta määrää sen käytön laajuuden	82
Nestepolttoaineiden vienti.....	84
Kaukolämpö.....	86
Yhteenvedo.....	87
Huomisen energiaa ydinvoimalla – Sähköä, höyryä, lämpöä ja vetyä	91
Ydinreaktorien yleiskatsaus.....	94
Isot ja keskisuuret reaktorit	94
Pienreaktorit ja minireaktorit	95
Korkean lämmön reaktorit.....	96
Kaukolämpöreaktorit.....	97
Pienreaktorit CHP-tuotannossa	98
Ydinvoiman kustannusten pudottaminen.....	100
Telakkavalmistiset lauttareaktorit	104
Ydinvoimaa siellä, ydinvoimaa täällä	107
Nykyisten laitosalueiden täydennysrakentaminen	108
Uudet isot laitosalueet.....	109
Paikallinen prosessilämpö, kaukolämpö, sähkö ja vety.....	109
Telakkavalmistiset offshore-voimalat	111
Bio-pohjaisesta hiilidioksidista liikennepolttoaineita	112

Aikataulu.....	117
Yhteenveto.....	120
Valtio ja ydinvoima.....	125
Ydinvoimapolitiikka.....	126
EU-näkökulma – Kestävien investointien Taksonomia.....	129
Riskit ja niiden hallinta.....	130
Pääoma ja pääoman korko.....	132
Lainsäädäntö ja regulaatio.....	134
Mankala.....	137
Yhteenveto.....	139
Loppusanat.....	143
Liite – Ydinvoiman turvallisuus ja ydinjäte.....	147
• • • • •	
Kai Järvikare & Simo Grönroos	
SUOMEN ENERGIA- JA ILMASTOPOLITIIKAN SUUNTAVIIVOJA.....	151
Suomen Perusta -ajatuspajan julkaisuja.....	166

Esipuhe

Pieni ja pohjoinen Suomi pyrkii olemaan ilmastopolitiikan edelläkävijä. Siinä missä Euroopan unioni on linjannut olevansa hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä, on Suomen tavoitteena taas pyrkiä samaan jo vuoteen 2035 mennessä. Kun liian kunnianhimoiset tavoitteet vielä yhdistetään tehottomiin toteuttamismenetelmiin, on lopputulos tavallisen kansalaisen näkökulmasta kaksin verroin huonompi.

Juhlapuheissa jyrkät ilmastotavoitteet maalataan kuvaksi puhtaasta tuulivoimasta, saasteettomista sähköautoista ja omavaraisesta bioenergiasta. Käytäntö taas tarkoittaa energian hinnan nousua, teollisuuden ulosliputtamisen jatkumista ja liikkumisen sekä asumisen kallistumista entisestään. Vihreinä esitetyt ratkaisut eivät myöskään ole aina niin ympäristöystävällisiä, kuin annetaan ymmärtää.

Ilman edullista energiaa ei ole työtä eikä työpaikkoja. Tässä raportissa energia-asiantuntija Rauli Partanen esittää kuinka ydinvoiman laajamittainen lisärakentaminen voisi olla ratkaisu edullisen energian riittävään saamiseen suomalaisen työn ja yrittämisen tarpeisiin siten, että samalla ilmastopäästöjä saataisiin vähennettyä radikaalisti.

Rauli Partasen ydinvoimaraaportti on tiedetoimittaja Marko Hamilon ideoima ja toimittama. Siinä tarkastellaan vaihtoehtoja, joita on mahdollista toteuttaa tiukkojen ilmastotavoitteiden vallitessa. Raportin lisäksi teos sisältää Suomen Perustan työryhmän lyhyen katsauksen Suomen energia- ja ilmastopolitiikan suuntaviivoista, jossa otetaan kantaa Suomen ilmastotavoitteiden mielekkyyteen ja tarvittaviin politiikkatoimiin.

Suomen Perusta -ajatuspaja toivoo, että tämä raportti antaa lukijalle lisätietoa energian tuotantoon liittyvistä kysymyksistä ja herättää lukijan pohtimaan ydinvoiman lisärakentamisen liittyviä mahdollisuuksia. Järkevän energiapolitiikan kautta on löydettävissä ratkaisuja, joista hyötyvät sekä talous että ympäristö.

Helsingissä 3.11.2021

Simo Grönroos

toiminnajohtaja, Suomen Perusta -ajatuspaja

Kirjan toimittajan saatesanat

KYMMENEN UUTTA YDINVOIMALAA

Kuinka Suomi jälleenteollistetaan puhtaan ydinvoiman massiivisen lisärakentamisen avulla

Hyvä lukija! Olet todennäköisesti huolestunut ilmastonmuutoksesta. Saatat vaatia suomalaisia osallistumaan kasvihuonekaasujen päästövähennystalkoisiin ja hiilineutraaliuteen ensimmäisten joukossa. Tämä kirja kertoo, miten tuo äärimmäisen kova tavoite on toteutettavissa kustannustehokkaasti tavalla, joka voi saada kaikkien puolueiden tuen.

Hyvä ilmastoskeptikko! Sinua ei ehkä ilmastonmuutos huoleta ensinkään, joko siksi, ettet usko ilmaston lämpenevän, tai siksi ettet usko lämpenemisen ainakaan johtuvan ihmistoiminnasta, tai siksi ettet pidä lämpenemistä haitallisena.

Olet mahdollisesti perussuomalaisten kannattaja, mutta skeptinen näkemyksesi ei välttämättä vastaa perussuomalaista ympäristö- ja energiapoliittista ohjelmaa. Perussuomalaiset eivät kiistä ihmisen aiheuttamaa ilmastonmuutosta, vaan pitää sitä tieteellisenä faktana.

Skeptikon kannalta on ehkä olennaisinta se, että ilmastonmuutos näyttää olevan poliittinen fakta. Joudumme maksamaan hiilidioksidipäästöistämme päästökauppajärjestelmässä, ja toisaalta teollisuudellamme voi olla valtaiset markkinat, jos saamme hyötyä siitä, että tuotantomme on puhtaampaa. Tällä hetkellähän suomalainen teollisuus kärsii siitä, että se joutuu kilpailemaan halvemman, mutta saastuttavamman kiinalaisen teollisuuden kanssa.

Ilmastoskeptikkoa huolettaa yleensä se, kuinka suuria uhrauksia joudutaan tekemään sellaisten päämäärien eteen, jotka hänen mielestään ovat tieteellisesti perustelematta. Ilmastoskeptikkoakaan tuskin häiritsee se, jos hiilidioksidipäästöjä alennetaan teknologialla, jonka käyttö on järkevää joka tapauksessa. Tällainen keino on olemassa. Se on ydinvoima.

Historian suurimmat kasvihuonekaasujen päästövähennykset on tehty ydinvoimaohjelmilla, joita perusteltiin ennemminkin huoltovarmuudella, taloudellisilla seikoilla tai paikallisilla ilmanlaatuongelmilla, kuin ilmastolla. Näin kävi esimerkiksi Ranskassa ja Ruotsissa, kun fossiilisia polttoaineita korvattiin ydinvoimaa rakentamalla 1970-luvulta alkaen. Sama koskee hieman pienemmässä mittakaavassa Suomea.

Perussuomalaisen ympäristö- ja ilmastopoliittisen ohjelman¹ mukaan ”Suomen sähköntuotannon selkärankana tulee olla ydinvoima. Se on ilmastoneutraali ja muutenkin päästötön tuotantotapa. Se on kallis rakentaa, mutta halpa käyttää ja tuottaa sähköä tasaisesti vuoden ympäri. Ydinvoiman avulla on mahdollista varmistaa, että teollisuudelle riittää sähköä tulevaisuudessakin kilpailukykyiseen hintaan.”

Tässä kirjassa tehdään laskuharjoitus juuri tästä näkökulmasta: jos sähköntuotannon selkäranka on ydinvoima, kuinka monta uutta laitosta tarvitaan korvaamaan fossiiliset polttoaineet, tuonti, ja purettavat ydinvoimalat - ja ennen kaikkea: mitä voimme taloudessamme tehdä, kun toimitusvarmaa, puhdasta energiaa on saatavilla kohtuuhintaan niin paljon kuin tarvitaan.

Tämä kirja jakaa myös sen ympäristö- ja ilmastopoliittisen ohjelman tavoitteen, että ydinenergia-alan koulutusta ja tutkimusta Suomessa on laajennettava. Kirjassa käsitellään myös mahdollisuuksia hoitaa kaukolämmitys ydinreaktoreilla, kuten ohjelmassa todetaan:

”Kaupunkien kaukolämmön tuotantoa varten pitää tarkastella myös pienten modulaaristen ydinreaktoreiden eli pienydinvoimaloi-

den käyttöä. Tulevaisuudessa tällaisten laitosten yhdisteleminen osaksi muuta perinteisempää lämmöntuotantoa voisi alentaa päästöjä huomattavasti ja niiden käyttöönottamiseksi on kehitettävä sääntelyä.”

Perussuomalaisessa ilmastopolitiikassa on usein toistettu myös iskulauseita, jonka mukaan tehtaanpiippu Suomessa on ilmastoteko. Ajatuksena on, että jos ja kun suomalainen teollisuustuotanto on vähäpäästöisempää ja energiatehokkaampaa kuin esimerkiksi kiinalaisen kilpailijan tuotanto, on ilmaston kannalta parempi pitää tuotanto Suomessa. Uhkakuvana ”kiilusilmäisessä” ilmastopolitiikassa on, että teollisuus ajetaan Suomesta liian tiukoilla päästörajoituksilla, jolloin päästöt Suomessa kyllä vähenevät, kun kehittyvät maat tuottavat saastuttavammin ne tuotteet, jotka aiemmin tuotettiin meillä. Globaalisti päästöt silloin kuitenkin kasvavat.

Tässä kirjassa pidetään koko ajan tähtäimenä globaalien päästöjen alentamista sekä suomalaisen teollisuuden, työn ja yrittämisen toimintaedellytysten turvaamista. Suomi ei voi tehdä osaansa enempää, ja kuten todettua, liian kunnianhimoinen ilmastopolitiikka johtaa vain niin kutsuttuun hiilivuotoon Aasian maihin. Sen, joka haluaa parantaa maailmaa, kannattaakin katsoa muita mittareita kuin kotimaiset päästöt (ns. hiilijalanjälki).

Eniten Suomi voi edistää ilmastokysymyksen ratkaisua kehittämällä vientituotteita, joiden avulla hiilidioksidipäästöjä voi vähentää kustannustehokkaasti (esimerkiksi telakoilla rakennettavat lauttaydinvoimalat). Toinen tärkeä asia on, että meidän on oltava rohkaiseva esimerkki siitä, että päästövähennykset voidaan tehdä elintasosta tai työllisyydestä tinkimättä. Saksan Energiewende ei ole ollut rohkaiseva vaan varoittava esimerkki. Se lähinnä osoitti, miten päästöjen vähentäminen tulee kalliiksi eikä oikein edes etene, kun se tehdään hylkäämällä kustannustehokkain vaihtoehto (ydinvoima). Vientituotteita ja esimerkin voimaa voidaan kutsua ”hiilikädenjäljeksi”.

Kysymys, jonka ajatuspaja Suomen Perusta esitti puolueettoman ydinenergia-asiantuntijan Rauli Partasen vastattavaksi, ei kuitenkaan ollut pelkästään ympäristö- ja energiapolitiittinen. Perimmiltään olemme sen kysymyksen äärellä, mikä Suomen taloudellinen identiteetti on. Toisin sanoen, mikä on paikkamme maailmantaloudessa, mihin erikoistumme kansainvälisessä työnjaossa.

Tähän kysymykseen oli selvä vastaus vuosisatojen ajan: Suomi elää metsästä. Metsäteollisuus ei edelleenkään ole mikään auringonlaskun ala, kun maailmanmarkkinoilla kasvaa kysyntä muovia korvaavista, uusitivista materiaaleista tehdyistä ja biohajoavista tuotteista.

Puunjalostusteollisuuden rinnalle Suomeen kehittyi sotien jälkeen raskasta teollisuutta, joka kuluttaa paljon energiaa. Hyvinvointivaltion rakentamisen aikaan hyödyimme myös idänkaupasta, joka koostui halvan raakaöljyn tuomisesta ja sellaisten tuotteiden viemisestä, jotka eivät olisi läntisille markkinoille menneet kaupaksi.

Idänkaupan romahdettua näytti siltä, että oli tapahtunut ihme: Suomi elpyi aivan uudennlaisella teollisuudenalalla. Olimme aiemmin myyneet investointitavaroita, mutta yhtäkkiä meillä olikin valtavaa tuottoa Suomeen tuonut kulutustavarabrändi, Nokia matkapuhelimineen. Nokia oli myös rohkaiseva vastaus siihen huoleen, että Suomi myi matalan jalostusasteen tuotteita eli hieman yksinkertaistettuna viennin kilohinta oli alhainen. Ilmastosta huolestuneet ihmiset ehkä pitivät siitä, että Suomi oli löytänyt taloudellisen identiteettinsä pienestä laitteesta, joka kulutti vain vähän sähköä, ja jonka arvosta suuri osa oli aineettomia ohjelmistorivejä.

Nokia ja sen himotuimmat mallit kuitenkin kohtasivat haastajansa, kun Apple toi markkinoille ensimmäisen iPhonensa vuonna 2007. Pian koko maailmantalous yski, kun investointipankki Lehman Brothers haakeutui yrityssaneeraukseen syksyllä 2008. Eurooppaa koetteli pian sen jälkeen eurokriisi, joka siivitti Perussuomalaiset ensimmäiseen jytkevitoittoonsa eduskuntavaaleissa 2011.

Suomi ei ole vieläkään toipunut Nokian matkapuhelinliiketoiminnan menettämisestä. Oy Suomi Ab on ollut vuoden 2008 jälkeen paitsi vailla talouskasvua (bruttokansantuote ei edes vuonna 2019 ennen pandemiaa aivan saavuttanut kevään 2008 huippulukemia), myös vailla taloudellista identiteettiä.

Metsäteollisuus saattaa jatkossakin olla yksi tärkeä Suomen viennin kivijalka, mutta painopaperi ei voi olla enää sen ykköstuote. Paperin kysyntä vähenee, emmekä me mahda sille mitään. Kännyköiden jälkeen Suomessa innostuttiin digitaalisten pelien viennistä, kun muutama yritys, lähinnä Rovio ja Supercell, onnistuivat kehittämään lyhyessä ajassa maailmanmaineeseen nousseita pelejä. Peliala ei kuitenkaan ole kasvanut liikevaihdoltaan paria miljardia suuremmaksi toimialaksi².

Perinteisellä teollisuudella tuntuu olevan jonkinlainen imago-ongelma. Mobiililaitteet ja -pelit tuntuvat edustavan tulevaisuutta, kun taas paperirullat ja polttonesteet haisevat menneisyydeltä.

On totta, että hallitus ei ole huolehtinut kyllin hyvin suomalaisen teollisuuden kilpailukykyä, kun yksi jos toinenkin teollisuudenala päättää lakkauttaa tuotantolaitoksen Suomessa ja investoi uuteen muualla. Meillä on korkeat palkkakustannukset, joten kuljetuskustannuksia ei saa päästää karkaamaan, kun tuotantomme vielä sijaitsee kaukana asiakkaista.

On toisaalta totta, että tietyt alat ovat auringonlaskun aloja, ja niiden tekohengitys vain hidastaa sitä ”luovaa tuhoa”, jossa voimavarat siirretään tuottavampaan toimintaan. Paperiteollisuus voi käydä vain viivytystaistelua, kun digitalisaation myötä (paino)paperin kysyntä heikkenee. Ymmärrettävää on sekin, että niin kutsuttu globalisaatio on vienyt edullisemman työvoiman maihin sellaisen kokoonpanoteollisuuden, jossa vähemmänkin koulutettu työvoima suoriutuu.

On kuitenkin hyvä ymmärtää, että kaikki teollisuus ei väistämättä ole lähdössä länsimaista, eikä niin sanotun jälkiteollisen yhteiskunnan tarvitse

olla yhteiskunta, jonka teollisuus on ulkoistettu kehittyviin maihin. Tilatessani Rauli Partaselta tämän raportin (tai laskuharjoituksen tai realiteettitestauksen - miten sen haluaakaan nähdä) lähtökohtana ei ollut niinkään kunnianhimoinen ilmastopolitiikka, vaan kunnianhimoinen kansallinen uudelleenteollistamispolitiikka. Päästövähennykset tulevat siinä sitten mukana.

Ideana oli, että Suomen paikka kansainvälisessä työnjaossa olisi edelleen energiantensiivisessä teollisuudessa, minkä lisäksi voisimme viedä ydinsähköä, sillä tehtyä vetyä ja synteettisiä polttoaineita sekä ydinreaktoreihin liittyvää tekniikkaa, reaktorilauttoja ja muuta ydinvoimaosaaamista. Lisäksi meillä voisi olla aivan uudenlainen rooli autoteollisuudessa litiumakkumineraalien louhinnasta akkujen valmistamiseen.

Kysymykset kuuluivat: Onko tämä teknisesti realistista? Onko ydinvoimakaskeinen energiajärjestelmä järkevämpi ratkaisu kuin sellainen, jossa uusiutuvilla energianlähteillä on merkittävämpi rooli? Paljonko tarvitsemme uutta ydinenergiakapasiteettia? Mikä on julkisen vallan rooli? Millaista politiikkaa perussuomalaisten kannattaisi edistää?

Tämä kirja osoittaa, että ydinvoimaan perustuva uudelleenteollistaminen on mahdollista. Ydinvoima on huomattavasti järkevämpi vaihtoehto niin sähkön, lämmön kuin synteettisten polttoaineiden tuotantoon kuin esimerkiksi tuulivoima, aurinkosähkö tai biopolttoaineet. Tarvittava uusi kapasiteetti on kymmenen ison ydinvoimalan suuruusluokkaa, joskin järkevämpää on rakentaa muutamia suuria ja isompi joukko pienempiä reaktoreita tarkoituksen mukaan.

Perinteisen ajattelutavan mukaan ydinvoimaan myönteisesti suhtautuvat puolueet odottavat, että energiayhtiöltä tulee periaatelupahakemus, jonka jälkeen ne hyväksyvät hakemuksen eduskunnassa. Nyt julkiselta vallalta edellytetään aktiivista ohjelmaa.

Ajatuspaja Suomen Perustan raportit eivät ole puolueen ohjelmia, eikä niitä pidä sellaisina tulkita. Monien muiden raporttien tavoin tä-

mäkin raportti kuitenkin perustuu puolueen hyväksytyyn ohjelmaan ja kehittää sitä eteenpäin. Itse uskon, että tässä raportissa esitetty ajatus kansallisesta ydinvoimaohjelmasta sopisi hyvin perussuomalaisten aloitteeksi hallitusneuvotteluihin seuraavien eduskuntavaalien jälkeen, milloin vaalit sitten järjestetäänkin.

Nyt on oikea aika. Vuonna 2020 Energiateollisuuden Kantar TNS:llä teettämän mielipidekyselyn³ mukaan myönteisesti ydinvoimaan suhtautuu 49 prosenttia vastanneista, ja kielteisesti 16 prosenttia. Ilmastomuutoksen torjuntakeinona ydinvoiman kannatus on jopa hie-
man korkeampi. Korkeinta ydinvoiman kannatus ilmastomuutoksen torjuntakeinona on kokoomuksen ja perussuomalaisten kannattajien keskuudessa.

Kokoomuksen kannattajista 71 prosenttia hyväksyy ydinvoiman il-
mastomuutoksen torjuntakeinona ja perussuomalaisista 65 prosenttia. Jopa vihreiden kannattajilla vastaava luku on 46 prosenttia, ja vain 20 prosenttia vihreistä suhtautuu ydinvoimaan ilmastomuutoksen tor-
juntakeinona kielteisesti.

Näiden lukujen valossa pitäisi olla helppoa koota hallituskoalitio kansallisen ydinvoimaohjelman taakse.

Marko Hamilo
kirjan toimittaja

1 www.perussuomalaiset.fi/wp-content/uploads/2019/01/Ymparisto_ja_energiapolitiikka_15.1.2019.pdf

2 <https://neogames.fi/fi/tietoa-toimialasta/>

3 www.epressi.com/tiedotteet/energia/ydinvoiman-suosio-sailynt-koronakriisista-huolimatta.html

Tiivistelmä

YDINVOIMA SUOMESSA 2050

Miten Suomesta hiilinegatiivinen ja kilpailukykyinen uuden ydinvoiman avulla

Suomen kunnianhimoiset päästövähennystavoitteet vaativat koko energiajärjestelmän päästöjen, noin 39 miljoonaa tonnia vuodessa, leikkaamista lähelle nollaa ennen vuosisadan puoliväliä. Huomatavan etunojan ottaminen päästövähennystavoitteissa moniin verrokkeihin nähden, ja sen mielekkyys pienelle Suomelle, joka toimii osana eurooppalaista päästökauppajärjestelmää ja globaalia yhteisöä, on toki oma yhteiskunnallisen keskustelun aiheensa. Jos ja kun näin on päätetty tehdä, on erityisen tärkeää pitää kirkkaana mielessä se, että tehdyt toimet ovat sekä kustannustehokkaita, tasapuolisia että itse asiassa luovat Suomeen uutta taloudellista hyvinvointia ja kilpailuetua. Tässä selvityksessä hahmotellaan, mitä päästövähennyksiin pyrkiminen tarkoittaisi lähinnä ydinvoimalla tehtynä ilman, että suomalaista teollisuutta ajetaan alas tai siirretään muihin maihin. Ajatuksena on pikemminkin luoda Suomeen uutta teollisuutta ja jopa uusia teollisuudenhaaroja. Alla oleviin lukemiin ei ole laskettu sitä, että nyt rakenteilla olevat Olkiluoto 3 ja Hanhikivi 1 ovat 2050 paikkeilla vielä täydessä iskussa ja tuottavat vuosittain noin 22 TWh puhdasta sähköä.

POISTUVA KAPASITEETTI JA TUONTI

Poistuvan sähköntuotantokapasiteetin ja nykyisen tuonnin korvaaminen 2050 mennessä vastaa urakkana karkeasti koko Suomen nykyisen vuosituotannon rakentamista – noin 65 TWh. Vuoteen 2050 mennessä mahdollisesti kaikki nyt käytössä olevat vanhemmat ydinvoimalat (Olkiluoto 1 ja 2, Loviisa 1 ja 2) sekä ennen 2025 rakennetut tuulivoimalat, sekä kaikki fossiilisia polttoaineita tai turvetta käyttävät CHP-laitokset (yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto) poistuvat käytöstä. Lisäksi kaukolämmössä käytetyt fossiiliset polttoaineet ja turve – yhteensä noin 15 TWh, tulisi korvata päästöttömällä energiantuotannolla.

UUSI TARVE TEOLLISUUDESSA JA LIIKENTEESSÄ

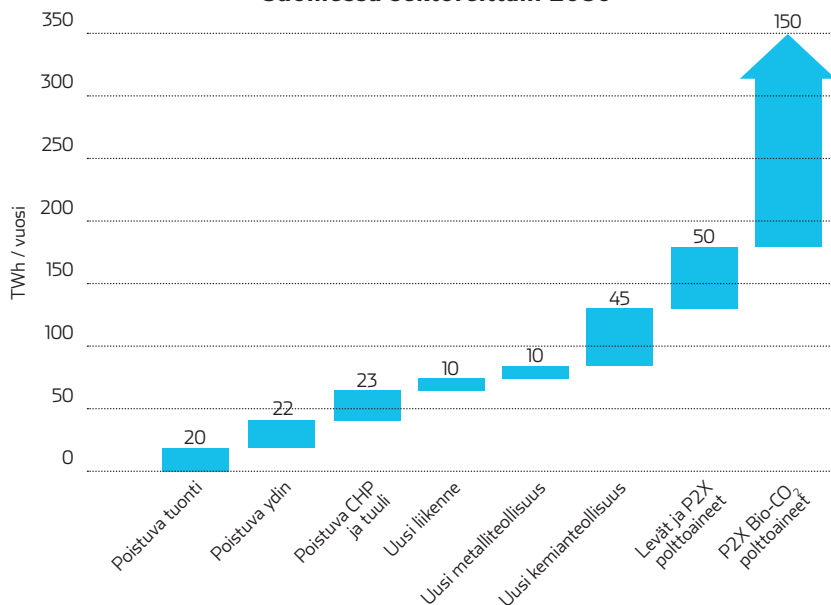
Poistuvan kapasiteetin lisäksi teollisuuden prosessien päästövähennykset tarvitsevat rutkasti toimitusvarmaa, edullista ja puhdasta energiaa – prosessilämpöä, sähköä ja sähköllä valmistettua vetyä. Eri teollisuudenalat julkaisivat keväällä 2020 tiekarttansa ja tarpeensa tälle puhtaalle energialle. Ylivuomaisesti suurimmat tarpeet tulevat kemianteollisuudelta (ml. petrokemia) sekä metallinjalostuksesta. Kemianteollisuus tulee tarvitsemaan, skenaariosta riippuen, 42–86 TWh puhdasta sähköä per vuosi. Metalliteollisuuden tarve on noin 10 TWh/vuosi, samaten liikenteen, mikäli sen sähköistyminen etenee rivakasti. Yhteensä teollisuus ja liikenne tulevat siis tarvitsemaan karkeasti 60–105 TWh puhdasta sähköä, riippuen teknologisista valinnoista ja niiden skaalautumisesta. Vähintään puhutaan siis Suomen nykyisen tuotantokapasiteetin, noin 65 TWh, rakentamisesta tähänkin tarkoitukseen.

SYNTEETTISET BIO-/P2X-POLTTOAINEET

Vaikka liikenne sähköistyisi optimististen oletusten mukaisesti, nestemäisten polttoaineiden käyttö olisi edelleen erittäin merkittävää vuonna 2050. Henkilöautojen lisäksi nestepolttoaineita käytetään raskaassa liikenteessä, pitkän matkan bussi- ja rekkaliikenteessä, lentoliikenteessä, laivaliikenteessä sekä maa- ja metsätalouskoneissa sekä rakentamisessa. Osa tästä tarpeesta on huomioitu edellä mainitussa 105 TWh lukemassa, sillä se olettaa, että raaka-öljyä korvataan leväöljyjen teollisen mittakaavan tuotannolla nestepolttoaineiden valmistuksessa. Tämä tosin olettaa, että leväöljyt skaalautuvat tuotannossaan riittävästi.

Mikäli näin ei käy, on toinen vaihtoehto sähköpolttoaineiden, Power-to-X tai P2X, tuotannon raju lisääminen. Tämä vaatii paljon sähköä vetyä valmistavaa elektrolyysiä varten. Mikäli hyödynnämme kymmenen suurimman sellutehtaan piipuista tulevan bioperäisen hiilidioksidin ja teemme siitä P2X-polttoaineita, nousee pelkästään tämän sähköntarve maksimissaan noin 200 TWh tasolle. Tämä vaatii siis valtavasti erittäin halvan vedyn tuotantoa, johon kuluu puolestaan valtavasti sähköä. Suurin osa näistä polttoaineista tosin päätyisi vientiin, ei omaan käyttöön. Suomen näkökulmasta hiilineutraaleiden polttoaineiden markkina on maailmalla lähes rajaton. Alla oleva hiilineutraalin (jopa hiileneigatiivisen) Suomen uuden puhtaan energiatarpeen kuvaaja on suuntaa antava, ja etenkin oikealla reunimmaisena oleva ”Bio-CO₂ polttoaineet” palkki on ennemminkin esimerkinomainen.

Kuva 1: Uuden puhtaan sähkön tarve hiilineutraalissa Suomessa sektoreittain 2050



Suomen puhtaan sähkön tarve sektoreittain vuoteen 2050 mennessä, kun oletetaan että Suomi pyrkii hiilineutraaliksi ja jopa hiilinegatiiviseksi.

Edellämainittujen sektoreiden ja toimintojen päästöjen puhdistamiseen on periaatteessa kaksi reittiä:

- Lopetetaan toiminta Suomessa, jolloin merkittävä osa siitä siirtyy muualle ja esimerkiksi ilmastohaitat lähinnä pahentuvat tai
- Puhdistetaan toiminnot kustannustehokkaasti ja riittävän suuressa mittakaavassa Suomessa. On syytä huomata, että jos tämä ei tapahdu kustannustehokkaasti, toiminnot siirtyvät lopulta muualle yritysten kilpailukyvyyn surkastuessa.

Kolmas vaihtoehto, jonka analysoiminen jää tämän selvityksen ulkopuolelle, on toki se, että sovittuja päästövähennyksiä ei tehdä. Tämä selvitys lähtee siitä, että päästövähennykset pyritään tekemään siten, että teollista tuotantoa ja Suomen vientisektoreita ei ajeta merkittävästi alas, vaan päinvastoin pyritään kasvattamaan. Jäljelle jäävä vaihtoehto on siis mahdollisimman kustannustehokas toimintojen ja raaka-aineiden puhdistaminen ilmastopäästöistä ja muista merkittävistä haitoista. Mikäli muu maailma, pääasiallisena esimerkkinä juuri ilmastotavoitteitaan kiristämään ryhtynyt EU, kunnianhimoisista tavoitteista ilmoittanut Kiina ja hiljattain takaisin Pariisin ilmastositomukseen palannut Yhdysvallat, aikovat ryhtyä toden teolla toimeen, löytyy tälle hankitulle osaamiselle ja tuotteille valtavat vientimarkkinat.

Suomen kannattaa lähteä kehittämään toimintaa vahvuuksistaan. Iso osa korvattavasta vanhasta ja syntyvästä uudesta energiatarpeesta on nimenomaan toimitusvarmalle puhtaalle energialle, joten iso osa siitä on järkevää tehdä ydinvoimalla. Aurinkoenergia Suomessa tuottaa paljon etelän verrokkimaita heikommin, ja vaikka tuuliolosuhteet ovat Suomessa varsin hyvät, ei tuulivoiman tuotannon nostaminen kovin suureen osaan ole energiajärjestelmän vakauden ja kokonaiskustannusten kannalta välttämättä järkevää.

MIKÄ OLISI JÄRKEVÄ YDINVOIMAPROJEKTI

Järkevää ei ole myöskään rakentaa ydinvoimaa siten, kun sitä on viimeiset kaksi vuosikymmentä rakennettu: kalliina ”ensimmäinen laatuaan” yksittäishankkeina ilman sen suurempaa koordinaatiota. Kukaan tuskin haluaa samanlaisia viivästysten vaivaamia projekteja, joten toiminta ja toimintaympäristö on syytä rakentaa sellaiseksi, että projektit etenevät jatkossa huomattavasti paremmin.

Jos, ja kun, Suomeen tarvitaan kokoluokkaa 130+ terawattituntia, tai yli kymmenen ison ydinreaktorin vuosituotannon verran puhdasta ja ver-raten toimitusvarmaa sähkön- ja lämmöntuotantoa seuraavan 30 vuo-den aikana, on meillä samalla valtava mahdollisuus suunnitella ja hoitaa projekti järkevästi. Esimerkiksi:

- Rakennamme isoja ja pieniä laitoksia sarjassa, osaamista, toimintaa ja alihankintaketjuja kehittäen emmekä yksittäiskappaleina.
- Tarjouspyynnöt tehdään isommista kokonaisuuksista samalla ker-taa, yksittäisten hankkeiden sijaan.
- Kehitämme Suomeen osaavan ydinvoimaloiden toimittamiseen ja alihankintaan erikoistuneen sektorin.
- Kehitämme ja rakennamme pieniä Made-in-Finland kaukolämpö-reaktoreita Suomeen ja esimerkiksi Itä-Euroopan kaukolämpöverk-kojen energianlähteeksi, ja/tai houkuttelemme eri keinoin ulkomais-ten pienreaktoritoimittajien valmistusta ja toimintoja Suomeen.
- Työllistämme nyt vaikeuksissa olevia telakoitamme suunnittelema-lia telakka-valmisteisen sähköä, lämpöä ja vetyä tuottavan offshore ydinvoimalautan, jota rakennamme sekä kotimaiseen käyttöön että vientiin.

Tämä kaikki vaatii muutoksia ydinvoimapolitiikkaan ja lainsäädäntöön, sillä nykyinen ydinvoimapolitiikka on johtanut siihen, että rakennamme yksittäisiä kalliita projekteja kahden vuosikymmenen välein. Kustannuk-sia päästään laskemaan parhaiten rakentamalla sarjassa ja toistamalla sa-maa peräjälkeen samalla miehistöllä, mutta tämä ei voi toteutua, mikäli lupia käytännössä saadaan Eduskunnalta vain yksi kerrallaan. Jo yksin tä-män vuoksi valtion mukanaolo on perusteltua, mutta mikäli tavoitteena on mahdollisimman halpa lopputuote, on valtiolla myös potentiaalinen rahoittajan rooli, sillä se saa lainaa käytännössä nolllakorolla.

Lisäksi eri alojen yritysten täytyy ajatella ja toimia yhdessä uudella tavalla. Yhden yhtiön on vaikea rakennuttaa useita isoja laitoksia sarjassa yksinään, vaikka luvat saisikin. Esimerkiksi Mankala-yhtiömalli on jo käytössä sähköntuotannossa, sillä sekä TVO että Fennovoima ovat voittoa tuottamattomia ”sähköntuotanto-osuuskuntia” eli Mankala-yhtiöitä.

Mankala-yhtiömallia on syytä miettiä myös kaukolämmön ja puh-taan vedyn tuotantoon, sillä yhtiömallissa iso osa esimerkiksi markki-nariskistä poistuu ja rahoituksen saaminen on helpompaa ja halvempaa. Lyhykäisyydessään, jotta kustannustehokas ja teollisuusmyönteinen il-mastoprojekti voi onnistua, tarvitsemme Suomeen mittavan yhteiskun-nanlaajuisen ydinvoimaprojektin. Sen avulla voimme synnyttää Suo-meen kokonaan uusia teollisuudenaloja, työpaikkoja ja hyvinvointia ja puhdistaa sekä omamme että muiden halukkaiden energiajärjestelmän.

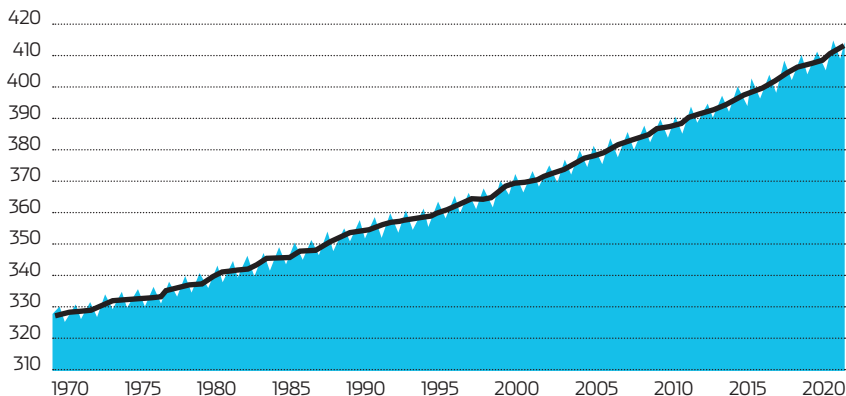
Johdanto

ILMASTONMUUTOS JA SIIHEN VASTAAMINEN

Maailman energiatuotanto on valtavan haasteen edessä. Ilmaston on todettu muuttuvan ennennäkemätöntä vauhtia, ja pääasiallinen syy siihen on ihmisten ilmakehään laskemat kasvihuonekaasut, kuten hiilidioksidi, metaani ja typen oksidit. Suurin osa näistä päästöistä, noin kaksi kolmannesta, syntyy energiantuotannossa fossiilisten polttoaineiden – kivihiilen, öljyn ja maakaasun – käytöstä. Viimeinen kolmannes on peräisin maankäytöstä, kuten metsien hakkuista ja maataloudesta, jossa iso osa on maaperän päästöjä (typen oksideja esimerkiksi lannoituksen seurauksena) ja metaania (märehtivät eläimet kuten lehmät ja lampaat).

Päästöjen vähentämisen tarpeesta ja kiireellisyydestä on puhuttu nyt kolme vuosikymmentä, ja kansallisia ja kansainvälisiä sopimuksia ja tavoitteita on allekirjoitettu useita. Näiden vaikutus on kuitenkin ollut vähäinen: ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on jatkanut sitkeästi kasvuaan, ja vauhti on jopa kiihtynyt.

Kuva 2: Ilmakehän CO₂-pitoisuuden kehitys 1970–2020, ppm (miljoonasosaa).



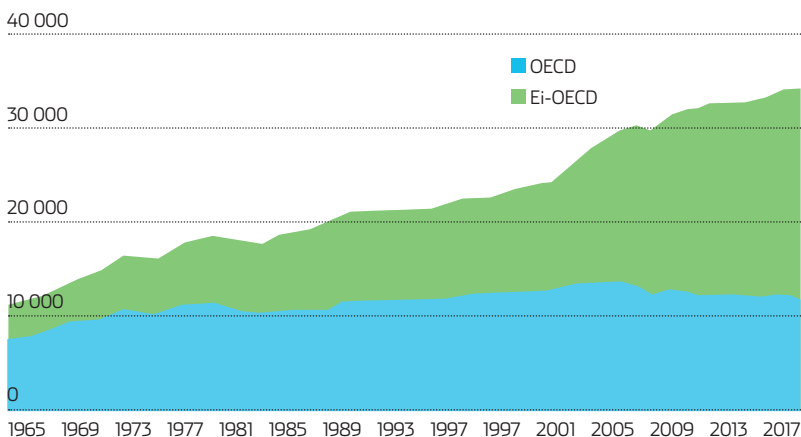
Lähde: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>

Uusiutuvan energian, lähinnä tuulen ja auringon sekä bioenergian, lisäämiseen on käytetty varsin merkittäviä määriä sekä valtioiden että yksityisten rahaa ja resursseja sekä päättäjien poliittista pääomaa. Tois-taiseksi tällä on ollut varsin pieni vaikutus fossiilisten polttoaineiden globaaliin kulutukseen, joka on jatkanut kasvuaan. Syitä on monia, mutta niiden luottelointi ja syvempi analysoiminen ei ole tämän selvi-tyksen asia¹.

On myös syytä huomioida, että yksittäiset maat ja alueet ovat onnis-tuneet vähentämään päästöjään. Jos talouskriisejä ja pandemioita ei laske-ta, tämä on pääosin tapahtunut sähköntuotantoa puhdistamalla (ydinvoi-malla, vesivoimalla sekä viime vuosina myös tuuli- ja aurinkoenergialla) ja energiantensiivisen teollisuuden siirtäessä toimintaansa muualle, esi-merkiksi Kiinaan. Vain ensimmäinen näistä on varsinaisesti auttanut il-mastonmuutoksen hillintää. Jälkimmäinen on sitä voinut jopa haitata, kun teollisuus on siirtynyt aiempaa päästöintensivisempään ympäris-

töön. Sähkö on kuitenkin vain noin viidennes käyttämästämme energiasta, ja kokonaisuudessaan vastaa reilusta kolmanneksesta energiantuotannon päästöistä. Sähkön tuotannon globaali keskimääräinen päästö on laskenut reilun pari prosenttia vuodessa viimeisen vuosikymmenen, ja oli vuonna 2019 noin 340 gCO₂ per kilowattitunti.² Vertailun vuoksi, Suomessa sähkön tuotannon keskimääräinen päästö oli 88 gCO₂/kWh.

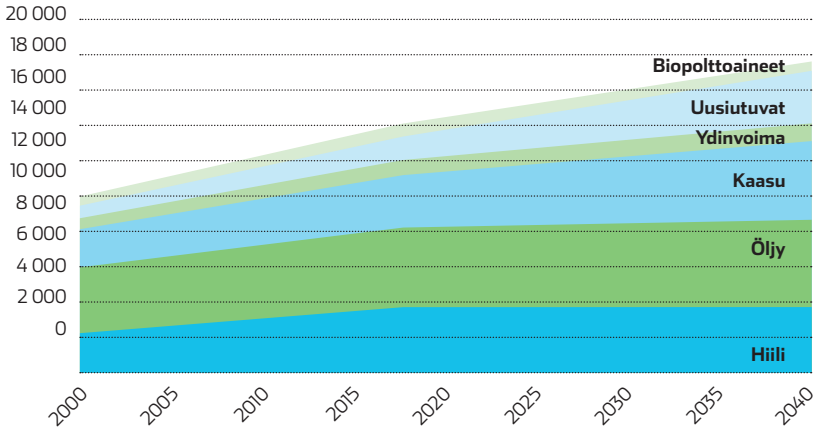
Kuva 3: Energiantuotannon hiilidioksidipäästöt, Mton (miljoonaa tonnia)



Lähde: BP 2020 energiatilastot

Jatkossa isoimpana ongelmana voidaankin nähdä sähköverkon ulkopuolinen polttoaineiden käyttö, eli niin sanottu ”vaikeasti puhdistettavat” sektorit. Osa tieliikenteestä, lentoliikenne ja valtamerikuljetukset, teollisuuden prosessit, kiinteistöiden kaasulämmitys ja niin edelleen. Esimerkiksi kansainvälisen energiajärjestö IEA:n ”nykypolitiikka”-skenaarioiden mukaan vuonna 2040 vielä noin 75 prosenttia energiasta tulee fossiilisista polttoaineista (kts. kuva 4 alla). Rohkeimmatkin valtavirran skenaariot näkevät globaalilla tasolla fossiilisilla 50–60 % osuuden vielä vuonna 2050.³

**Kuva 4: Energian käytön kehitys
vuoteen 2040**



IEA:n ”Stated Policies” skenaario näkee fossiilisten polttoaineiden käytön kasvavan ainakin 2040 asti, jolloin niillä tuotetaan edelleen noin 75 % energiasta. Lähde: IEA WEO 2018.

Nämä fossiiliset käytetään pääosin jossain muualla kuin sähkön tuotannossa, ja yllämainitut skenaariot sisältävät jo varsin rohkeita oletuksia yhteiskunnan sähköistymisestä. Tosin monissa maissa, kuten Energiewendensä kanssa tuskastelevassa Saksassa, jopa sähköverkon päästöjen tarvittava leikkaaminen on osoittautunut hankalaksi – pääosin siksi, että sitä yritetään tehdä kieltämällä ensin historiallisesti tehokkain ja tähän parhaiten sopiva työkalu, eli ydinvoima. Saksassa sähkö on tällä hetkellä sekä kallista että verraten likaista. On päivänselvää, että näin ei myöskään yhteiskunnan muiden sektoreiden sähköistyminen etene, saati puhdista yhteiskuntaa päästöistä toivotusti.

Vaikka globaali tilanne on se mikä on, ja Suomen vaikutus siihen kiistatta pieni, on jokaisen tehtävä osansa – koska muuten kukaan ei tee mitään. Ja tietenkin asiassa on myös toinen puolensa: mikäli muu maailma ottaa saksalaisten surkeasta ilmastoprojektista opikseen ja lähtee ratkaisemaan ongelmaa yhä enemmän tieteseen ja tutkimukseen pe-

rustuvin keinoin, eli ottaen myös ydinvoiman mukaan ponnisteluihin, tulee modernille suomalaiselle ydinvoimaosaamiselle löytymään kasvavat vientimarkkinat maailmalla.

Tämän selvityksen aihe onkin selvittää, miltä näyttäisi kansallinen ilmastoprojekti sillä keinolla, jonka toimivuudesta meillä on kiistatonta näyttöä lähihistoriasta, mutta jonka monet länsimaat ovat jättäneet toistaiseksi paljolti käyttämättä. Se keino on fossiilisten polttoaineiden käytön korvaaminen ydinvoiman merkittävällä lisäämisellä. Muutamat maat ovat puhdistaneet sähköntuotantonsa jo vuosikymmeniä sitten ydinvoiman avulla. Suomi on osittain tässä joukossa, mutta paljon on vielä tehtävää, kuten alempana saamme huomata. Sähkö kun on vain pieni osa yhteiskunnan käyttämästä energiasta ja aiheuttaa nykyisellään vain noin kymmenyksen suomalaisten kokonaispäästöistä. Ydinvoima on kiistatta yksi ykköskeinoista taklata myös muiden sektoreiden päästöjä.

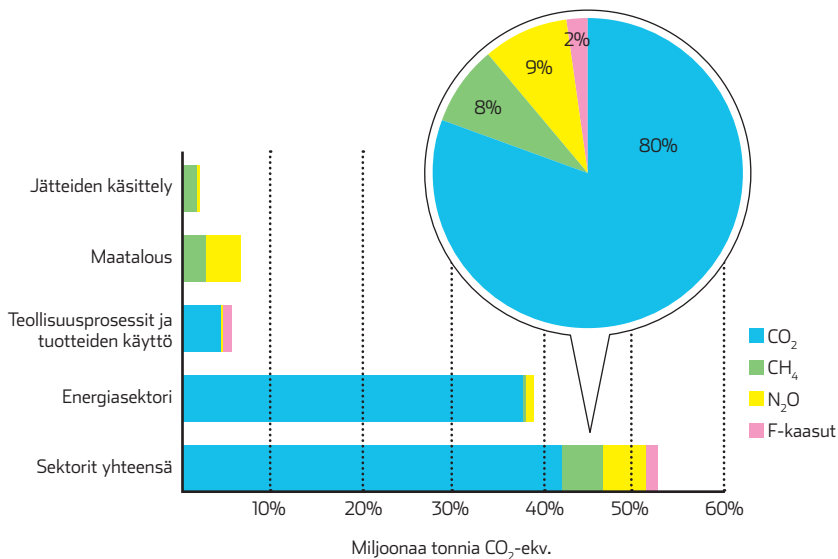
PÄÄSTÖT SUOMESSA

Suomalaisen kokonaispäästö on vajaa 10 tonnia hiilidioksidivastaavaa (CO₂-ekv) vuodessa. Vaikka Suomi on pieni maa ja osuutemme globaaleista päästöistä on myös pieni, on suomalaisen per henkilö päästö varsin suuri. Yhteensä vuonna 2019 päästöjä tuli 52,8 miljoonaa tonnia (Mton). Tästä vajaa puolet, vuodesta riippuen noin 20 miljoonaa tonnia (+/- 5 Mton), sitoutuu takaisin metsiimme. Määrä riippuu etenkin kunkin vuoden hakuista. Mitä enemmän metsiä hakkaamme, sitä enemmän sieltä poistuu sen vuoden kirjanpidossa puuta, ja sitä vähemmän sitä nettoina sinne arvioiden mukaan sitoutuu. Suomalaiset metsät ovat kuitenkin nettoina hiilinieluja, eli kasvavaan puustoon hiiltä sitoutuu enemmän kuin metsistä poistuu. Epävarmuuksia puolestaan on eritoten maaperän päästöihin ja sinne sitoutuvaan hiileen liittyen – esimerkiksi mineraalimaat, metsäojitetut suot ja suopellot käyttäytyvät varsin eri tavoin tässä suhteessa.

Hiilidioksidivastaava?

Päästöt ilmoitetaan usein hiilidioksidivastaavana (CO₂-ekv). Tämä johtuu siitä, että vaikka hiilidioksidi on yleisin ihmiskunnan päästämä kasvihuonekaasu, se ei ole ainoa. Esimerkiksi metaani on voimakas kasvihuonekaasu, mutta sen pitoisuus ilmakehässä on paljon pienempi kuin hiilidioksidin, jonka lisäksi sen keskimääräinen elinikä ilmakehässä on verraten lyhyt, noin 12 vuotta. Jotta asioiden vertailusta ja kokonaisuu-
den käsittämisestä tulisi helpompaa, muut kasvihuonekaasut muun-
netaan tietyin oletuksin vastaamaan sitä lämmittävää vaikutusta, joka
hiilidioksidilla ilmakehässä on.

Kuva 5: Suomen päästöt sektoreittain.



Lähde: Tilastokeskus⁴

Maatalouden päästöt ovat vajaa 15 %, ja ne tulevat suurelta osin varsin rajatusta toiminnasta. Pääosa nimittäin tulee pelloiksi ojitetuilta soilta: Suopellot vastaavat 10 % Suomen peltopinta-alasta, mutta tuottavat noin 15 % Suomen päästöistä (osa suopeltojen 8,7 miljoonan tonnin CO₂-ekvivalentti päästöistä lasketaan maankäyttösektorille, ei maatalouteen).⁵

Iso syy soiden ojittamiseksi pelloiksi on lietelannan levittäminen ja siihen liittyvä sääntely, jonka mukaan lietelantaa (lähinnä nauta- ja sikatiloilta) saa levittää vain tietyn määrän per pinta-ala. Tämä sinänsä järkevä rajoite on johtanut eläintilojen yksikkökoon kasvaessa yhä uusiin soiden ojituksiin, sillä tähän mennessä muut lannan käsittelytavat, kuten sen muuttaminen biokaasuksi ja lannoitteeksi bioreaktoreissa, ei ole ollut tilallisille riittävän houkuttelevaa. Tämän käytänteen muuttaminen ja suopeltojen ohjaaminen käyttöön, jossa niiden päästöt pienenevät rajusti tai jossa ne jopa muuttuvat hiilinieluiksi, voisi olla suhteellisen edullinen ja pientä ihmisjoukkoa koskettava keino vähentää Suomen päästöjä merkittävästi.

Suomessa on keskusteltu paljon myös turpeen roolista. Turpeella on tuotettu energiaa viime vuosina alle 20 TWh vuodessa, mikä on alle 5 % Suomen primäärienergiasta, ja osuus on ollut pienenemään päin. Vuoden 2020 kulutus putosi edellisvuodesta neljänneksellä, ollen enää noin 12 TWh. Valtioneuvoston teettämän, 2020 elokuussa julkaistun selvityksen⁶ mukaan turpeen käyttö ja sen poltosta syntyvät päästöt ovat laskevassa vähintään 70 % vuoteen 2030 mennessä varsin markkinaehtoisesti esimerkiksi päästöoikeuksien hintojen noustessa. Tämän selvityksen julkaisun jälkeen, Euroopan tiukentuneiden ilmastotavoitteiden myötä päästöoikeuksien hinta nousi 2021 alusta lähtien muutamassa kuukaudessa noin 25 eurosta yli 50 euroon per tonni hiilidioksidia. Tämä on tehnyt turpeesta – huolimatta sen varsin kevyestä verokohtelusta esimerkiksi kivihiiileen nähden – varsin kallista polttoainetta.

Hieman kärjistään, vielä vuosi sitten monet olivat huolissaan siitä,

että ajetaanko turpeen energiakäyttöä alas riittävän nopeasti, kun hallituksen tavoite oli puolittaa se 2030 mennessä ja aktivistit organisoivat (läpi menneen) kansalaisaloitteen turpeen energiakäytön lopettamiseksi jo 2025 mennessä kokonaan. Tänäpä monet ovat huolissaan siitä, ajautuuko turpeen käyttö ja turvetuotanto elinkeinona alas ja ahdinkoon liian nopeasti. Näkökulmia turpeeseen tuntuu olevan yhtä monta kuin keskustelijoitakin, ja vain harvoin keskustelijat kuuntelevat toisiaan ja yrittävät ymmärtää toisen osapuolen lähtökohtia ja argumentteja aidosti. Se, mikä toiselle on pääelinkeino ja tärkeä osa omaa identiteettiä on toiselle ympäristön turhaa sottaamista ja ilmastonmuutoksen kiihdyttämistä.

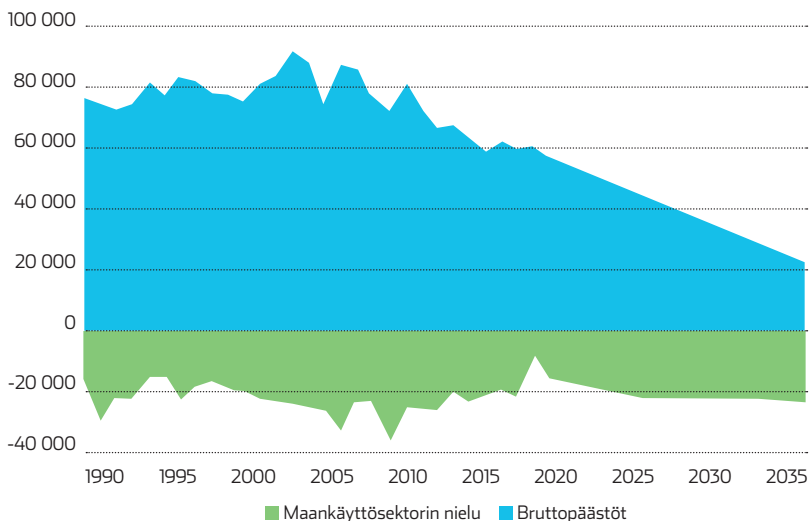
Nopeasti alas ajettu turve korvautuu lähtökohtaisesti puulla, oli syy alasajoon poliittinen päätös tai taloudelliset seikat. Turpeen ero puuhun verrattuna on päästöjen kannalta se, että turve kuuluu päästökaupan piiriin siinä missä puu lasketaan päästökaupassa nollapäästöiseksi. Energiayhtiön näkökulmasta tarve (kallistuvien) päästöoikeuksien ostoon on turpeelle siis haitta puuhun verrattuna. Vuonna 2020 tuontihakkeen osuus nousi Suomessa käytetystä energiahakkeesta jo lähes neljännekseen (24 %), ja tämä oli jo ennen kuin päästöoikeuksien hinta lähti rajuun nousuun ja turpeen käyttö rajuun laskuun 2021 alussa.

HIILINEUTRAALI SUOMI

Vuonna 2019 aloittaneen hallituksen kunnianhimoinen tavoite on saada Suomi hiilineutraaliksi 2035 mennessä. Tämä tarkoittaa, että päästöjä pitäisi vähentää noin 30 Miljoonaa tonnia 15 vuoden aikana, eli keskimäärin 2 miljoonaa tonnia per vuosi. Per henkilö -tasolla tämä vastaa vajaan 400 kilon leikkausta päästöissä joka vuosi – joskin iso osa suomalaisen päästöistä ei tule hänen oman elämänsä tai kulutuksensa suorana seurauksena. Merkittävä osa suomalaisen päästöistä tulee epäsuorasti yhteiskunnan palveluiden ja työpaikkojen (teollisuus jne.) kautta.

Yhden teollisuus- tai voimalaitoksen muuttaminen päästöttömäksi voi siis hyvinkin kattaa koko väestön sen vuoden päästövähennystarpeen – mutta itse projekti voi puolestaan viedä jopa vuosikymmenen. Trendi ja tekeillä olevat toimenpiteet ovat siis yksittäisten vuosien toteutuneita päästövähennyksiä tärkeämpiä.

Kuva 6: Hiilineutraali Suomi 2035
-2Mton (-4%) päästövähennys / vuosi



Suomen historialliset päästöt, maankäyttösektorin nielut sekä esimerkki siitä, mitä seuraavana 15 vuotena tulisi tapahtua, jotta Suomi olisi päästöneutraali 2035 mennessä. Lähde historiadatalle: Tilastokeskus.

Hiilineutraaliuden jälkeen tavoite on tulla hiilinegatiiviseksi, eli vähentää päästöjä edelleen niin, että nettona sidomme kasvaviin metsiin, maaperään ja pitkäikäisiin kemian ja puuteollisuuden tuotteisiin enemmän kuin päästämme. Globaalisti skenaariosta ja asetetusta tavoitteesta riippuen tämän taitekohdan tulisi tapahtua joskus välillä 2040–2080.

Suomi on tässä tavoitteessa etukenossa ehkä eniten juuri metsiemme suhteellisen suuren hiilinielun ansiosta.

Energiajärjestelmä ja fossiilisten polttoaineiden käytön vähentäminen ylipäättään tulevat kantamaan päävastuun päästöjen vähentämisestä, sillä maankäytössä ja ruoantuotannossa muutokset ovat todennäköisesti vaikeampia – ehkä poislukien yllä jo mainittu suopeltokysymys, joka laskennallisesti vastaa lähes kolmannesta siitä vähennyksestä, joka päästöneutraaliuteen vaaditaan. Esimerkiksi sähkön tai kaukolämmön tuotannossa ison määrän päästöjä voi nollata ”kertapäätöksellä” vaihtamalla hiili- tai kaasuvoimalan ydinvoimalaan tai muuhun puhtaaseen vaihtoehtoon, mutta ruoantuotannossa kyseessä ovat miljoonien, maailman mittakaavassa miljardien, ihmisten jokapäiväiset päätökset esimerkiksi siitä, mitä he haluavat ja pystyvät syömään. On selvää, että myös ruoantuotannossa ja kulutuksessa tavoite on vähemmän ympäristöä rasittava ja vähäpäästöisempi kokonaisuus, sen tavoitteen saavuttaminen vain on hieman monimutkaisempaa.

Koko energiajärjestelmän puhdistaminen päästöistä on mittakaavaltaan järisyttävä urakka jo pelkästään Suomessa. Tässä selvityksessä keskitytään tämän tekemiseen käyttämällä ydinvoimaa tukevana ja joustavana energiajärjestelmän selkärankana. Energiajärjestelmän näkökulmasta 24/7 toimiva ja hyvinkin 80 vuotta käytössä pysyvä ydinvoimala tarkoittaa suhteessa pienempää tarvetta erilaisille joustoille, energiavarastoille ja siirtoyhteyksille verrattuna tilanteeseen, jossa selkärangan tuotannosta muodostaa vaihtelevasti ja epäluotettavammin tuottava tuulivoima ja aurinkoenergia. Joustot, varastot ja ylimääräiset siirtoyhteydet kaikki lisäävät järjestelmän kustannuksia eli käytännössä nostavat suomalaisten kuluttajien ja yritysten käyttämän energian hintaa, joko suoraan tai epäsuorasti. Tätä lisäkustannusta toki tasapainottaa esimerkiksi tuulivoiman alhaisempi kustannus, etenkin silloin kun sen osuus koko järjestelmässä pysyy maltillisena.

Sähköverkossa tuotannon ja kulutuksen tulee olla tasapainossa jatkuvasti, ja sähkön varastoiminen isossa mittakaavassa on toistaiseksi kallista. Selvityksessä oletetaan silti voimakasta kasvua myös tuulienergialle, kuten myös pitkää ikää nykyisille vesivoimaloille.

On myös syytä mainita, että energiantuotanto kuuluu päästökaupan piiriin. Tämä on osin ristiriidassa, tai päällekkäinen seikka, Suomen valtion omien tavoitteiden kanssa. Päästöoikeuksien määrä päästökaupassa tulee vähenemään Euroopan tasolla sovitusti, joten yksittäisten maiden ”ylimääräiset” ponnistelut lähtökohtaisesti vain siirtävät päästöoikeudet halvemman hinnan myötä muiden maiden yritysten käyttöön – joskin halvempi päästöoikeuden hinta voi tehdä helpommaksi päästöoikeuksien mitätöinnin tai niiden kokonaismäärän leikkaamisen. Rajalliset poliittiset ponnistelut olisivat todennäköisesti tehokkaampi käyttää päästökaupasektorin ulkopuolella kansallisella tasolla (maatalous, liikenne jne.), sekä päästökaupan tiukentamiseen ja laajentamiseen Euroopan Unionissa esimerkiksi liikenteeseen ja talojen (kaasu)lämmitykseen. Suomessa talojen lämmitys tapahtuu pääosin kaukolämmöllä ja sähköllä, jotka molemmat ovat jo päästökaupan piirissä. Suomalaiset siis maksavat nykyisinkin lämmityksensä aiheuttamista päästöistä, joten olisi tasapuolista ja ilmaston kannalta hyvä, että myös Keski-Euroopassa yleinen talokohtainen kaasu- lämmitys saataisiin päästökaupan piiriin.

Energia on kansallisella tasolla poliittinen asia (hyvästä syystä), ja ydinenergia on sitä erityisesti. Kansallisella energiapolitiikalla, ja eritoten ydinenergiapolitiikalla, voidaan vaikuttaa merkittävästi päästövähennysten kustannuksiin kieltämällä, sallimalla, sääntelemällä ja tukemalla eri teknologioita ja tavoitteita. ”Markkinat” eivät siis itsessään ole vapaat tai tehokkaat kuin ainoastaan siinä kehyksessä, mikä niille on poliittisesti määritelty. Tämä kehys on usein, ja sitä se on myös Suomessa⁷, vinoutunut ja vääristynyt monin tavoin. Tämä näkökulma on kuitenkin usein unohtunut lähes kaikilta toimijoilta. Avainministeriöiden virkamiehet

ovat samaan aikaan sitoutuneet Suomen kunnianhimoisiin päästövähennyksiin mutta eivät kuitenkaan koe voivansa tukea tai edistää ydinvoimaa, tuota päästövähennysten kannalta tehokkainta työkalua, mitenkään.

Sopivalla sääntelyllä ja reilulla, sallivalla pelikentällä ydinenergian rakentamisen ja operoinnin kustannuksia voidaan tuoda alas merkittävästi, mikä olisi tietenkin valtavan positiivista sekä teollisuuden, kansalaisten että ilmastoponnistelujemme näkökulmasta. Tämä ei kuitenkaan voi tapahtua, mikäli virkakoneisto ja poliittiset päättäjät eivät päätä ottaa myös ydinvoimaa selkeästi ilmastomuutoksen vastaisen taistelun tärkeäksi työkaluksi, ihan niin kuin ovat ottaneet monet muutkin teknologiat ja keinot.

Poliittisesti ydinvoima on lähtökohtaisesti luvanvaraista, eli sen rakentaminen ja operointi vaatii Suomessa eduskunnalta positiivisen periaatepäätöksen. Ilmastomuutoksen aikakaudella, 1990-luvulta alkaen, luvan saaminen on ollut enemmän tai vähemmän kolikon heittoa. Kolme viidestä hakemuksesta on hyväksytty, ja yksi hyväksytyistä (OL4) jouduttiin laittamaan vanhentuneena takaisin pöytälaatikkoon, kun edellisen rakennusurakan työt olivat vielä kesken.

Ilmastomuutoksen näkökulmasta on kummallista, että ilmastosta huolissaan olevat kansanedustajat ovat halunneet kieltää energiayhtiöitä rakentamasta omilla rahoillaan, ilman merkittäviä julkisia tukia veronmaksajilta, massiivisia määriä puhdasta energiaa tuottavia laitoksia Suomeen. Sopii toivoa, että viime vuosien raportit hallitustenväliseltä ilmastopaneelilta IPCC:ltä, kansainväliseltä energiajärjestö IEA:lta ja muilta keskeisiltä järjestöiltä ja organisaatioilta ovat onnistuneet vihdoin viemään perille viestin ilmastomuutoksen hillinnän kiireellisyydestä ja ydinvoiman keskeisestä roolista siinä.

PUHTAAN ENERGIAN LÄHTEET

Puhdasta, vähäpäästöistä sähköä voi ydinvoiman lisäksi tuottaa myös tuu-

livoimalla, vesivoimalla ja aurinkopaneeleilla, sekä tietyin ehdoin biomas-
salla (muitakin keinoja on mutta ne ovat toistaiseksi varsin marginaalisia).

BIOENERGIA

Bioenergian puhtaus ja vähäpäästöisyys ovat monimutkainen ja tulkin-
nanvarainen seikka. Menemättä kovin syvälle yksityiskohtiin, bioener-
giaa pätevät ainakin seuraavat väittämät.

Kun bioenergia korvaa fossiilista energiaa ja kun huolehditaan että
kaadetun puun tai korjatun kasvin tilalle kasvaa uusi, se on etenkin pi-
demmällä aikavälillä ilmastovaikutukseltaan fossiilisia polttoaineita pa-
rempi. Poltetulla biomassalla kuinkin aina on ilmastovaikutuksensa,
joka on polttamattomaan teknologiaan (aurinko-, tuuli-, ydin- ja ve-
sivoima) verrattuna yleensä merkittävä. Paljon riippuu siitä, minkälai-
sesta bioenergiasta puhutaan. Osa bioenergian jakeista on ilmasto- ja
ympäristövaikutuksiltaan pieniä, osalla puolestaan voi olla merkittäviä
ympäristövaikutuksia. Bioenergian hyödyntäminen ja etenkin sen käy-
tön mittakaavan voimakas kasvattaminen usein heikentää luonnon mo-
nimuotoisuutta ja kasvattaa toiminnan ilmastovaikutusta.

Bio-pohjaiselle aineelle tulee jatkossa olemaan voimakkaasti kas-
vavat markkinat energiakäytön ulkopuolella esimerkiksi kemianteolli-
suudessa ja rakentamisessa, kun nämä sektorit pyrkivät vähentämään
fossiilisten polttoaineiden käyttöä raaka-aineinaan. Tämä raaka-aine-
käyttö on yleensä arvokkaampaa kuin biomassan suora polttaminen
sähköksi tai lämmöksi.

Bioenergialla on siis paikkansa, mutta sen käytön voimakas li-
sääminen ei ole yleensä kestävä. Monissa maissa sen käyttöä tulisi
pikemminkin hillitä, jotta luonnon ekosysteemit toipuisivat. Tämä
raportti olettaa bioenergian käytön Suomessa pysyvän karkeasti nyky-
tasollaan.

Mökkikäyttöä⁸ ja muita verraten pieniä ja paikallisia asennuksia lukuun ottamatta aurinkosähkö soveltuu Suomen oloihin varsin heikosti. Sen tuotanto on ajoittaista ja epävarmaa, ja tuotanto korreloi heikosti kysynnän kanssa etenkin vuodenaikojen suhteen. Lähes 90 % aurinkosähköstä tuotetaan seitsemän lämpimimmän kuukauden aikana, jolloin tarvetta on vähiten, jonka lisäksi näinäkin aikoina tuotanto keskittyy lähinnä aurinkoisiin päiviin. Etenkin lämmityskauden ulkopuolella Suomalainen sähkön- ja lämmöntuotanto on jo verraten puhdasta. Aurinkoenergialla on toki paikkansa, mutta varsinkaan rajallisten yhteisten rahojen mittava käyttäminen asennusten tai tuotannon tukemiseen ei ole kovin viisasta. Monesti aurinkosähköasennuksia tehdään myös sillä motivaatiolla, että näin vältetään sähkön siirtomaksut ja -verot, jolloin yhteiskunnan näkökulmasta kyseiset rahat joudutaan keräämään jostain muualta.

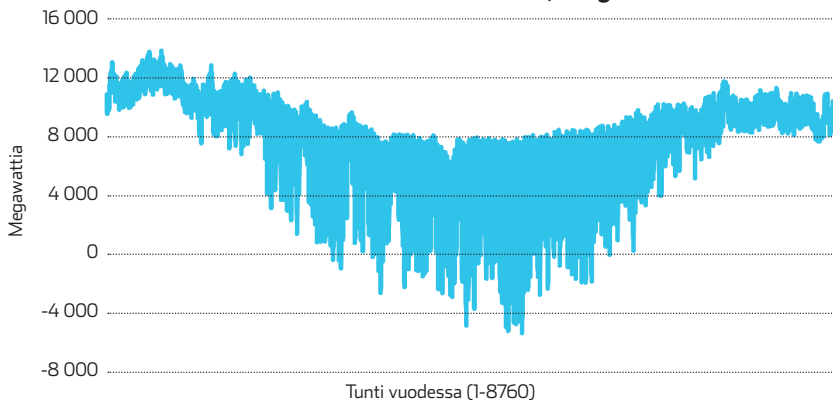
Muutaman vuoden takainen NeoCarbon-hankkeen paperi mallin si Suomeen mittavasti aurinkoa ja tuulta.⁹ Kyseessä oli ilmeisesti lähinnä ”mitä jos” laskuharjoitus valituilla oletuksilla, eikä sillä sinällään ollut paljoakaan tekemistä reaali maailman kanssa. Ryhmän muutamat edustajat ovat kuitenkin ehdottaneet jotain sen kaltaista myös todelliseksi vaihtoehdoksi julkisuudessa. Ja koska kyseessä on vertaisarvioitu paperi, syntyy siitä vaikutelma, että se olisi ”totta” ja siten tehtävissä ja järkevää. Totta siinä on kuitenkin lähinnä se, että käytetyllä mallilla ja tehdyillä oletuksilla on saatu jokin tulos.

Auringon osalta skenaariossa oletettiin yli 30 gigawattia tehoa, joka on karkeasti 200-kertainen vuoden 2019 asennettuun aurinkotehoon nähden. Keskimäärin meidän tulisi siis asentaa koko tähän asti asennettu aurinkoteho aina parin kuukauden välein tästä eteenpäin vuoteen 2050. 30 gigawattia on myös noin kaksi kertaa Suomen nykyisen maksimikulutuksen, joka saadaan yleensä tammi-helmikuussa. Aurinkoise-
na päivänä pelkästään aurinkoenergialla tuotettaisiin moninkertaises-

ti Suomen nykyinen kysyntä. Tällaisessa tilanteessa kaikki aurinkoisen päiväsähkön tuotanto olisi arvotonta markkinoiden näkökulmasta, jopa jätettä, jonka vastaanottamisesta pitäisi maksaa jollekin.

Oheisessa kuvassa 7 tuotannon ja kysynnän eroja havainnollistetaan ”rautalangasta”. Aurinkoenergian tuotanto on satakertaistettu vuoden 2019 tasosta, jonka jälkeen se on vähennetty nykyisestä sähkönkulutuksesta. Näin on saatu kulutuskäyrä, johon muun tuotantokapasiteetin, siirto-yhteyksien ja joustojen tulisi kyetä mukautumaan. Vaikka kuvassa on vain yksi tuntitasolla liikkuva ohut viiva, se näyttää paksulla tussilla tehdyltä töherrykseltä. Tämä johtuu siitä, että viiva sahaa joka päivä ylös ja alas aurinkon noustessa ja laskiessa, ja pienessä, koko vuoden vaihtelua kuvaavassa käyrässä kuvan erottelukyky ei riitä näyttämään viivaa erillisenä. Se, mitä kuvasta käy ilmi on, että kun ”muulta sähköjärjestelmältä (poislukien aurinko)” vaadittu teho on kevytönä vaikkapa 10 gigawattia, on se jo kymmenen tunnin päästä auringon paistaessa pudonnut nollaan. Alempana oleva kuva 8 kuvaa tätä vuorokauden aikana tapahtuvaa vaihtelua.

Kuva 7: Kulutus miinus PV*100, megawattia



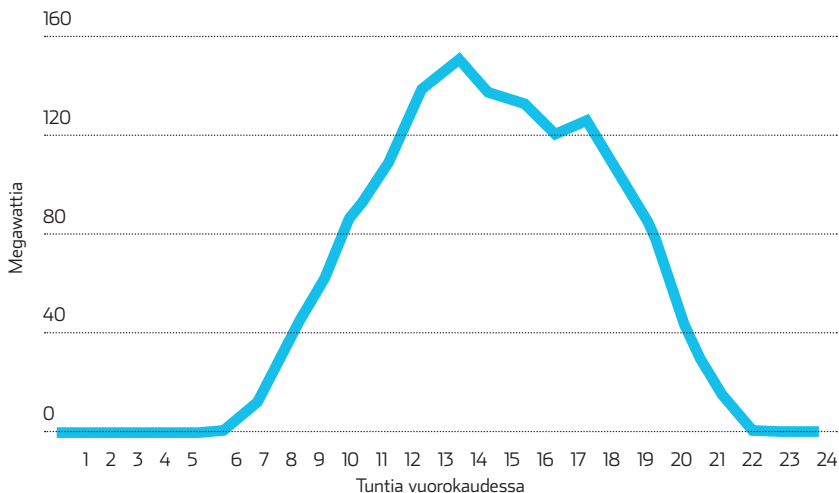
Suomen sähkönkulutus tuntitasolla vuonna 2019 siten, että siitä on vähennetty aurinkosähkön osuus, joka on satakertaistettu kuvaamaan tilannetta, jossa aurinkoenergian tuotanto kasvaa voimakkaasti. Vuoden 2019 tuotanto- ja kysyntädata: Fingrid

Esimerkkitapauksessa meidän tarvitsee siis ajaa muuta tuotantoa tai kysyntää ylös ja alas auringon mukana kokoluokkaa yli 10 gigawattia yöstä päivään, ja pahimmillaan yli 2 GW tunnissa. Kesäkuukausina jo pelkkä vuorokauden sisällä tapahtuva vaihtelu olisi siis Suomen nykyisen sähkön kysynnän keskitehon luokkaa. Käytännössä koko nykyinen Suomen sähköjärjestelmä ajettaisiin päivisin alas ja yöksi käyntiin. Tällä aurinkokapasiteetilla tuotettaisiin noin 15 TWh (20 % nykyisestä) Suomen sähköstä. On huomattava, että vuonna 2050 sähkönkulutuksen odotetaan olevan paljon nykyistä suurempi, mutta merkittävin osa uudesta kysynnästä syntyy teollisuuteen, joten kysyntä on todennäköisesti varsin tasaista 24/7.

On avoin kysymys, kuka investoisi aurinkopaneeleihin ja miksi, kun niiden tuotanto tapahtuu päivisin, kun muuta tuotantoa on jo ylen määrin ja tuotteen arvo (ja hinta markkinoilla) negatiivinen. NeoCarbonin paperissa aurinkoenergian määrä oli kuvioon nähden yli kaksinkertainen, joskin myös kysyntä oli oletettu suuremmaksi.

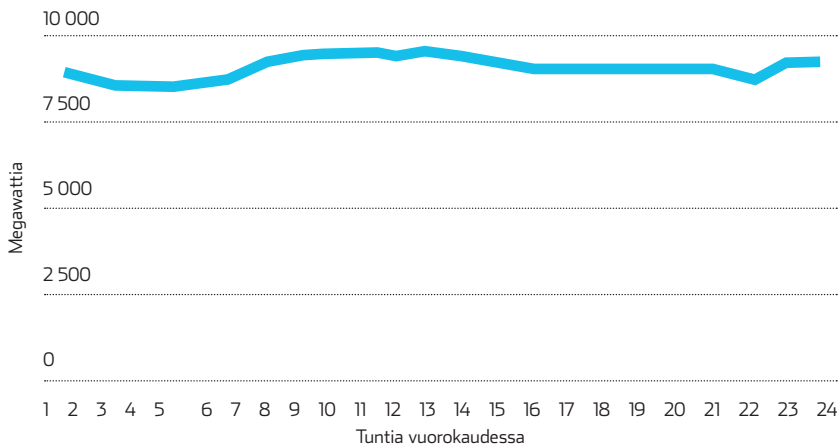
Tulevaisuuden ennustaminen on toki vaikeaa, ja aurinkoenergian kustannus laskeenee edelleen. Myös sen arvo kuitenkin putoaa nopeasti osuuden kasvaessa vähänkään merkittävämmäksi, sillä auringon säteilyn määrä ja ajankohdat eivät tule muuttumaan nykyisestä. Hinta siis putoaa, mutta asennusten yleistyessä myös tuotannon markkina-arvo putoaa. Tämä koskee tietysti kaikkia tuotantomuotoja, mutta erityisen paljon se vaikuttaa vaihtelevatuottoiseen sähköntuotantoon kuten aurinko ja tuuli, sillä niiden tuotanto korreloi muun samantyyppisen tuotannon kanssa voimakkaasti. Yksi keskeisiä huomioita on, että vaikka aurinkopaneelit tulisivat miten kilpailukykyisiksi muihin energiamuotoihin nähden, on Suomi heikoimpia maita rakentaa niitä energiantuotannon hintakilpailukyvyyn kannalta. Euroopan eteläisemmissä maissa aurinkovoiman tuotanto on keskimäärin tasaisempaa ja hyötysuhteeltaan parempaa kuin Suomessa, ja se myös vastaa kulutukseen paremmin. Näillä mailla olisi tällaisessa tilanteessa merkittävä kilpailuetu Suomeen verrattuna.

Kuva 8: Aurinkotuotanto 30. huhtikuuta 2020



Aurinkoenergian tuotanto vaihtelee päivittäin rajusti ja vastaa heikosti Suomen kysyntään. Data: Fingrid

Kuva 9: Sähkönkulutus 30. huhtikuuta 2020



Suomen sähkön kysyntä on verraten tasaista yön ja päivän välillä. Data: Fingrid.

TUULI

Suomessa on kohtalaiset tuuliolosuhteet, ja tuulivoimahankkeita on eri vaiheissa vireillä varsin runsaasti. Vuoden 2020 alussa eri vaiheessa olevia hankkeita oli ilmoitettu jopa 18 gigawatin verran. Lehdissä uutisoitiin, että jos kaikki hankkeet toteutuisivat, niillä voitaisiin tuottaa noin 60–70 % Suomen käyttämästä sähköstä. Aiemmin mainittu NeoCarbonin skenaario maalaili tuulivoimalle noin 13–30 GW kapasiteettia, olettuksista riippuen (tuulisena ja aurinkoisena kesäpäivänä tuotantoa voisi siis olla lähes kymmenkertaisesti nykyiseen kysyntään nähden pelkätään auringosta ja tuulesta).

Tähän liittyy muutama tärkeä huomio. Ensinnäkin 18 gigawattia on noin kaksi kertaa Suomen nykyinen keskimääräinen sähkönkulutus. Tuulisina päivinä tuotantoa tulisi pelkästä tuulivoimasta paljon yli oman tarpeen – ja samankaltainen tilanne lienee myös monissa naapurimaissa.

Tuulisina päivinä kaiken markkinoilla olevan sähköntuotannon – oli kyseessä aurinko, ydinvoima, vesivoima tai jokin muu – arvo painuisi todennäköisesti nolnaan tai jopa negatiiviseksi. Ensimmäinen tuulivoiman aiheuttama negatiivinen sähkön hinta nähtiin Suomessa alkuvuodesta 2020, joskin tällöin syynä oli lähinnä Saksan, Tanskan ja Ruotsin mittavat tuulipuistot sekä alueelle iskeytynyt laaja myrskyrintama.

Tuulivoiman vaikutus sähkön arvoon on voimakkainta juuri tuulivoimalle itselleen, joten on epätodennäköistä, että tuulivoimaan investoidaan sellaisessa tilanteessa, jossa nähdään, että suuri osa tuotannosta on arvoltaan vähäistä, tai jopa negatiivista. Sijoittajille tämän voi toki korjata tarjoamalla takuuhinnan tuotteesta sen sijaan, että tuotettu tuulisähkö myytäisiin kunkin tunnin markkinahintaan (niin sanotuilla spot-markkinoilla). Valitettavasti tällainen tilanne heikentää myös muiden energiatuotantomuotojen investointinäkymiä, kenties poislukien

kaasuturbiinit ja -moottorit. Niiden ongelma on kasvihuonekaasupäästöt sekä kaasun tuotannon, kuljetuksen, varastoinnin ja käytön vuodot. Belgian tuore hallitus ja sen paikallisen ympäristöpuolueen energiaministeri ovat vahvistaneet, että maa sulkee noin puolet maan sähköstä tuottavat ydinvoimalansa ennen aikaisesta 2025 mennessä, ja tilalle ollaan rakentamassa valtion tuella esimerkiksi kaasuturbiineita ja tuulivoimaa. Ilmastomuutoksen hillinnän näkökulmasta Belgian suunta on täysin päinvastainen tarpeeseen nähden.

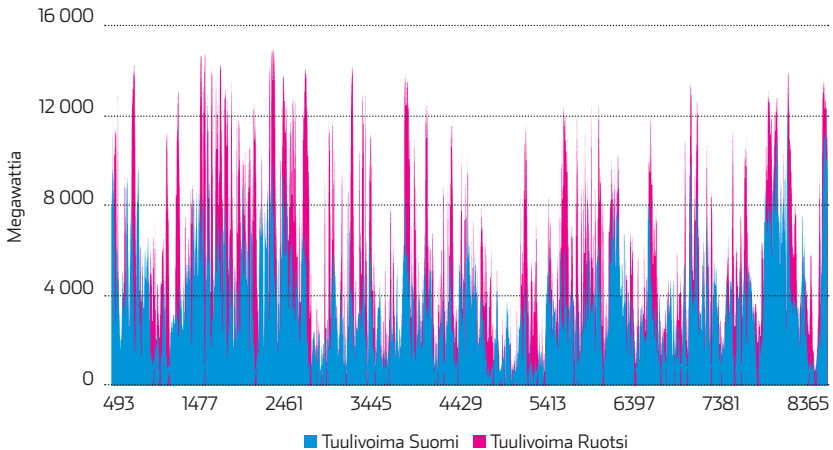
On kuitenkin todennäköistä, että Suomeen rakennetaan merkittävästi lisää tuulivoimaa. Kysymys on, että kuinka merkittävästi sitä kannattaa rakentaa energijärjestelmän näkökulmasta, eli kuka maksaa vaihtelevatuottoisuuden aiheuttamat kustannukset, heijastelevatko markkinamekanismit tätä, ja miten loput energiatarpeesta tuotetaan kustannustehokkaasti ja ilman päästöjä?

Jos oletetaan keskimääräiseksi tuulivoimalan kapasiteettikertomeksi 35 %¹⁰, tuottaisi 18 GW tuulivoimaa noin 55 TWh sähköä vuodessa, tai 65 % nykyisestä kulutuksesta (~85 TWh/vuosi). Mikäli sähkön kokonaistarpeemme kasvaa esimerkiksi 135 terawattituntiin¹¹, olisi tuulivoiman osuus 40 prosenttia.

Se, miten hyvin tällainen määrä tuulivoimaa olisi sähköjärjestelmään istutettavissa riippuu pääosin kahdesta asiasta: sähkön kysynnän joustavuudesta ja muista joustavaan tuotantoon kykenevistä sähköntuotannon lähteistä – sekä Suomea laajemmassa kuvassa siirtoyhteyksistä ja naapureidemme joustohalukkuudesta ja -kyvystä. Näihin vaikuttavat myös sähköjärjestelmän koko – mitä isompi järjestelmä, sen enemmän sieltä todennäköisesti löytyy joustoja, joskin nämä eivät välttämättä kasva samassa suhteessa sähkönkulutuksen koon kanssa. Nyt tiekartoissa näkyvä noin 50 TWh kulutuksen lisäys 2050 mennessä on suurelta osin tulossa teollisuuteen, edellytyksenä toimitusvarmuus, puhtaus ja kilpailukykyinen hinta.

Seuraavassa kuvassa 10 on ajatusharjoitus tuulivoiman tuotantoprofilista. Siinä Suomen nykyinen (2019) tuulivoimatuotanto on viisinkertaistettu. Koska tämä luo hieman vääristävän kuvan tuotantoprofilista (uudet voimalat eivät tule samoihin paikkoihin kuin nykyiset, joten tuotanto on todennäköisesti hieman tasaisempaa), on kuvaan lisätty vielä Ruotsin tuulivoiman tuotanto vuodelta 2019. Suomen osuudeksi vuoden kokonaistuotannosta tulee tällöin ~28 TWh ja Ruotsin ~20 TWh, joten kokonaistuotanto on noin 48 TWh vuodessa. Koska mukana on myös Ruotsin maantieteellinen alue, on tuotantoprofiili todennäköisesti tasaisempi mitä se olisi, jos kaikki voimalat olisivat Suomen alueella. Kuva auttaa myös hahmottamaan sitä, että Suomen ja Ruotsin tuuliolosuhteet korreloivat varsin selkeästi, joten tuulettomina päivinä emme voi luottaa siihen että naapurimaissa tuulee ja saamme sähkömme sieltä.

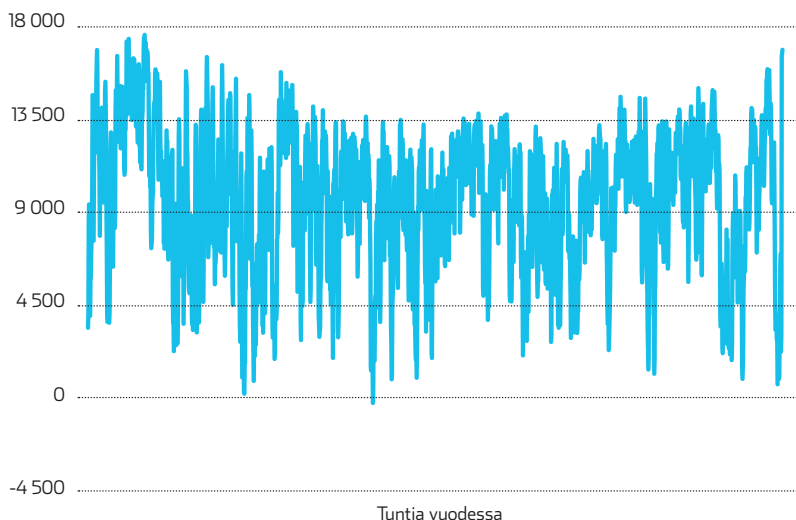
Kuva 10: Suomen ja Ruotsin tuulivoima tunneittain 2019



Suomen tuulivoima viisinkertaistettuna 2019 tasosta sekä Ruotsin tuulivoima. Kuvaaja näyttää, että tuuliset ajat osuvat varsin samoille tunneille. Lähde: Fingrid ja Nordpool.

Alla kuva 11 auttaa hahmottamaan sitä, mihin muun sähköjärjestelmän tulisi ”taipua” kun oletetaan ylläoleva tuulituotanto sekä tuoreiden tietokarttojen mukainen 2050 kasvanut sähkön kysyntä (+ 48 TWh vuodessa, jatkuvana tehona noin 5,5 GW). Tässä siis sähkön kokonaiskysyntä on noin 135 TWh ja tuulivoiman tuotanto noin 48 TWh vuodessa, reilu kolmannes kysynnästä.

Kuva 11: Sähköjärjestelmä kun tuulivoiman kasvanut tuotanto vähennetty (2050)



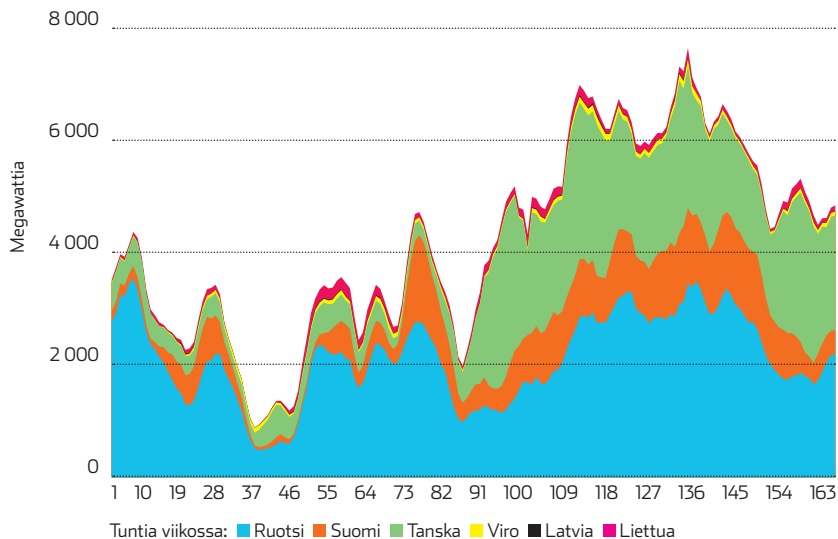
Kuvassa tulevasta 2050 sähköjärjestelmästä, jossa on sähkön kysyntää lisätty 5,5 GW jatkuvalla kuormalla ja kokonaiskysyntää 48 TWh, on vähennetty Suomen tuulituotanto kerrottuna viidellä johon on vielä lisätty Ruotsin tuulituotanto (2019). Käyrä havainnollistaa hypoteettista tilannetta, johon muun sähköjärjestelmän tulisi taipua seurataksien sekä tuulen tuotannon että kysynnän vaihteluita.

Edellisessä kuvaajassa muun järjestelmän tulee kyetä seuraamaan tuulta ja kysyntää enimmillään yli gigawatin tuntivauhdilla, useita tunteja peräkkäin vuorokauden sisällä, ylös ja alas. Graafi ei sinänsä kuvaa todellista tilannetta, vaan sen tarkoitus on auttaa hahmottamaan mahdollista tilannetta, jos tietyt asiat tapahtuvat. Nämä oletetut tapahtumat eivät poikkea merkittävästi julkisuudessa esitettyihin suunnitelmiin ja tiekarttoihin sekä niiden mittakaavoihin. Vaikka tilanne näyttää hurjalta, voi se toki jollain konstilla olla hoidettavissa. Mutta melko varmaa on se, että moisen vaihtelun tasaaminen aiheuttaa varsin merkittäviä kustannuksia, jotka rahat ovat pois muusta käytöstä yhteiskunnassa – oli tämä käyttö sitten kahvilakulttuuria, terveydenhuoltoa, koulutusta, poliisivoimia, puolustusvoimia, sosiaaliturvaa tai yliopistotutkimusta. Lisäksi ylläolevassa skenaariossa vain reilu kolmannes sähköstä tuotetaan tuulivoimalla, ja siitäkin noin 40 % tulee Ruotsin tuulioloista sen sijaan että kaikki kapasiteetti olisi Suomen alueella, joten skenaario on varsin maltillinen tässä mielessä. Se myös olettaa, että kansalaiset ovat myöte-mielisiä lisääntyville tuulipuistoille, ja että olemme valmiit sietämään tuulivoimatuotannon muutkin mahdolliset haitat ympäristölle.

Vaikka tuulivoiman levittäminen laajemmalle alueelle tasaa tuulioloja hieman, on tällöin myös katettava kulutus laajempi. Toisin sanoen, mikäli viiden maan sähköntarpeesta tietty osa aiotaan kattaa tuulivoimalla ja luotetaan siihen, että ainakin yhdessä maista ”aina tuulee”, tulee jokaiseen maahan rakentaa kaikkien viiden maan tuulivoimalla katettavaa kulutusta vastaava määrä kapasiteettia. Nordpoolin sähkömarkkina-alue on suomalaisille relevantti ”laajempi alue”. Seuraavassa kuvassa 12 on tuulivoiman tuotantoprofiili alueeseen kuuluvien maiden alueella.

Tuotanto vaihtelee viikon sisällä lähes kymmenkertaisesti, joten väite että laajemmalla alueella ”jossain tuulee aina” ei tältä osin pidä kovin hyvin paikkaansa. Vaikka tuotantotehon muutokset ovat laajalla alueella suhteellisesti pienempiä, ne ovat absoluuttisessa mielessä paljon isompia.

**Kuva 12: Nordpool tuulivoimatuetanto
Viikko 36 / 2020**



Tuulivoiman tuotanto tuntitasolla Nordpool-maiden alueella viikolla 36 vuonna 2020 (poislukien Norja). Laajemmallakin alueella tuulet tyyntyvät ja nousevat varsin nopeasti. Lähde: Nordpool.

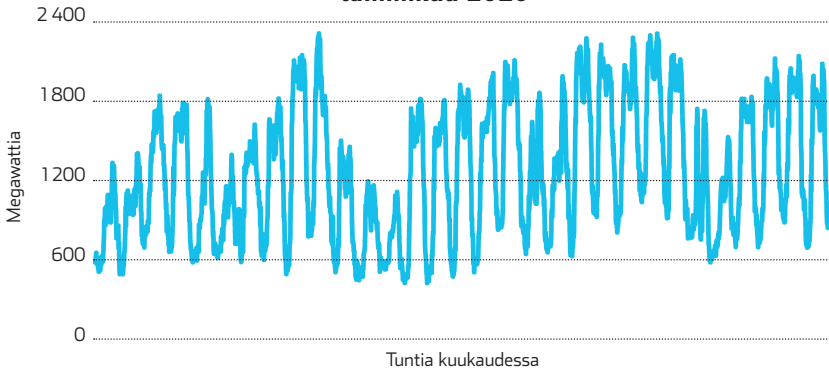
Lopulta kysymys on siitä, että mikäli ”saastuttaja maksaa”, eli vaihteleva-tuottoisen energian omistaja maksaa järjestelmälle ja muulle tuotannolle aiheuttamansa kustannukset¹², niin paljonko tuulivoimaa on kannattavaa rakentaa? Paljon riippuu järjestelmän joustokyvystä, jota tarjoaa esimerkiksi vesivoima ja sähkön siirtoyhteydet maihin, joissa on tarjolla ylimääräistä, joustavaa tuotantoa.

VESIVOIMA

Vesivoima on joustava tuotantomuoto, mutta Suomessa sen lisääminen merkittävästi on vaikeaa. Kaikki merkittävät joet on jo valjastettu, ja koskiensuojelulain avaaminenkin toisi varsin marginaalisia lisämahdollisuuksia. Monien mielestä varsinkin pieniä voimalaitoksia pitäisi mieluummin purkaa ja vaelluskalakantoja elvyttää.

Vesivoimalla tuotetaan vuodesta riippuen 10–15 TWh vuodessa. Tämä on vajaa viidennes Suomen nykyisestä sähköntarpeesta. Nykyisellään vesivoima joustaa lähinnä päivän ja yön välisen kysyntäeron mukaan, mikä on yleensä noin 1–2 GW vaihtelu. Vaikka sähkön kysyntä kolminkertaistuisi, ei vesivoiman absoluuttinen joustokyky siitä lisääntyisi. Mikäli sähkönkulutus kaksinkertaistuu, vesivoiman osuus siitä putoaa alle kymmenykseen, ja joustokyky ei kasva merkittävästi. Vesivoiman joustokykyä hillitsee myös sääntely altaiden vedenpinnan ja jokien virtaaman suhteen, vesitilanne (sateisuus, kevättulvat) ja niin edelleen.

Kuva 13: Vesivoimatuotanto Suomessa, tammikuu 2020



Vesivoiman tuotanto Suomessa seuraa lähinnä vuorokauden kysyntävaihtelua.
Data: Fingrid, 3 min resoluutio

Mikäli vesivoiman joustavuus pyritään valjastamaan esimerkiksi tuuli-voiman seurantaan, on syytä kysyä, miten yön ja päivän välinen kysynnän vaihtelu jatkossa tehdään. Samaa, maksimissaan ehkä noin 2 GW joustokykyä ei voida käyttää sekä yön ja päivän vaihtelun tasaamiseen että samaan suuntaan sattuvan tuulen tai aurinkovoiman tuotannon vaihtelun kattamiseen.

TUONTI JA KANSAINVÄLISET SÄHKÖMARKKINAT

Kysynnän ja vaihtelevatuottoisten energialähteiden vaihtelua voi toki tasata tuonnilla ja viennillä. Liian vahva riippuvuus naapureista, sekä siitä syntyvä asetus, jossa oma ylituotanto dumpataan naapureihin puoli-ilmaiseksi ja alituotanto paikataan kalliimmalla tuontisähköllä, on kuitenkin huonoa bisnestä. Tätä huonoa bisnestä on pitkään tehnyt Euroopan korkeimmista sähkön kuluttajahinnoista kärsivä Tanska, joka kattaa jo lähes puolet vuotuisesta sähköstään tuulivoimalla, mutta käytännössä käyttää sen vaihtelun hallintaan yhteyksiään Norjan ja Ruotsin vesivoimaan sekä omaa fossiilista tuotantokapasiteettiaan.

Suomi on Olkiluoto 3:n viivästymisen vuoksi ollut poikkeuksellisen riippuvainen sähkön tuonnista viime vuosikymmenen. Ruotsissa ja Norjassa on mittavat vesivoimavarat, jotka usein mainitaan keinoksi tukea Suomen kasvavaa tuulivoimatuotantoa, sillä olemme osa samaa Nordpool-sähkömarkkina-aluetta. Jatkossakin tulemme olemaan osa Nordpoolia, mutta roolimme on kenties muuttumassa. On muutamia syitä, miksi Suomen ei välttämättä kannata laskea sähkön toimitusvarmuuttaan ja hintavakautta jatkossa kovin vahvasti tuontikaapeleiden varaan.

Ensinnäkin markkina-alueen eri maat eivät juuri ole tehneet yhteistyötä omia sähköjärjestelmiään ja markkinamekanismejaan kehittä-

essään. Kukin maa on puuhannut omien tukiensä ja päätöstensä kanssa, ja usein näistä ovat naapurivaltioiden päättäjätkin saaneet lukea vasta lehdistä, jälkikäteen. Yhteisellä markkina-alueella ei ole ollut kovin vahvaa yhteistä poliittista koordinaatiota, vaikka politiikalla on kuitenkin vahvasti vaikutettu markkinoiden toimintaan.

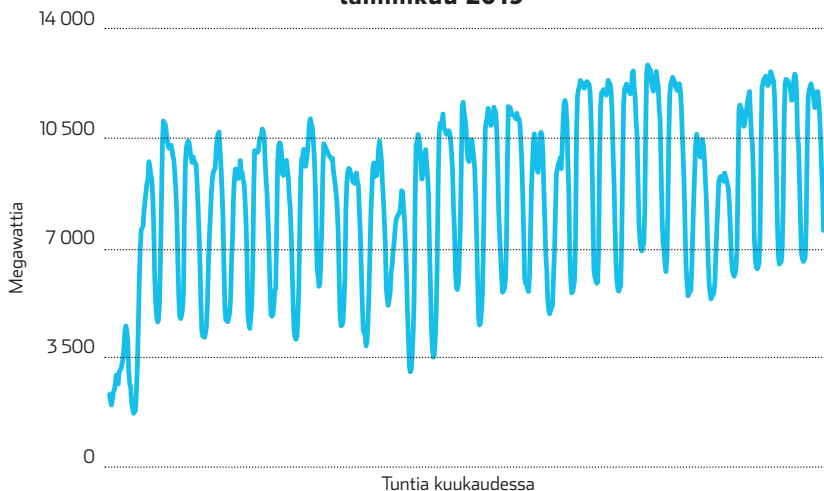
Toisekseen kaikki halukkaat eivät voi hyödyntää samaa säätökapasiteettia samaan aikaan. Pohjois-Euroopassa, etenkin mantereella, ollaan ajamassa alas valtavia määriä luotettavaa tuotantokapasiteettia lähivuosina ja vuosikymmeninä. Monet ydinvoimalat ovat liipaisimen alla maissa kuten Belgiassa, Sveitsissä ja Saksassa, joiden viiden vuoden sisään suljettavaksi aiottu ydinvoimakapasiteetti on jo yksistään paljon suurempi kuin koko Suomen kulutus. Sähkönsiirtolinjoja Skandinaviasta Britteihin ja Manner-Eurooppaan lisätään, sillä näillä maksukykyisillä mailla tulee olemaan huutava pula joustavasta kapasiteetista, vaikka kaasuvoimaa rakennetaankin lisää. Tosin myös Nordstream 2 kaasuputki Venäjältä Manner-Eurooppaan on ollut vaikeuksissa.

Naapurimme Ruotsin energiapolitiikka on ollut surullista seurattavaa jo vuosikymmeniä. Se on toki tukenut massiivisen tuulivoimakapasiteetin rakentamista, mutta samalla sen historiallisesti merkittävä ydinvoimasektori on päästetty rapistumaan, kun se on toiminut jatkuvan poliittisen sulkemisuhan – jopa sulkemispäätöksen – alla jo vuosikymmeniä. Viime vuosina useita reaktoreita on suljettu aiemmin tehtyjen valintojen ja kyseenalaisen politiikan seurauksena.

Tämä vähentää Ruotsin tasaista perusvoiman tuotantoa, joka on nojannut pääosin ydinvoimaan ja vesivoimaan. Tasainen ydinvoiman tuotanto on pitänyt vesivoiman säätötarpeen maltillisena, sillä säh-

köä on riittänyt vähätuulisempinakin aikoina, jopa ventiin. Ruotsinkin teollisuudella on vastaavia näkymiä voimakkaasta sähkönkulutuksen kasvusta mitä Suomessa (näistä myöhemmin lisää). Esimerkiksi SSAB:n Ruotsissa toimivat laitokset ovat osin siirtymässä teräksen tuotannossaan vetypelkistykseen, ja kyseisen vedyn valmistaminen tulee vaatimaan valtavasti sähköä. Tämä yhdistettynä poistuvaan perusvoiman tuotantoon on resepti paheneville vaikeuksille. Ruotsin kyky viedä mittavia määriä puhdasta sähköä jatkossa on kyseenalainen, ainakin nykyisellä energiapolitiikalla.

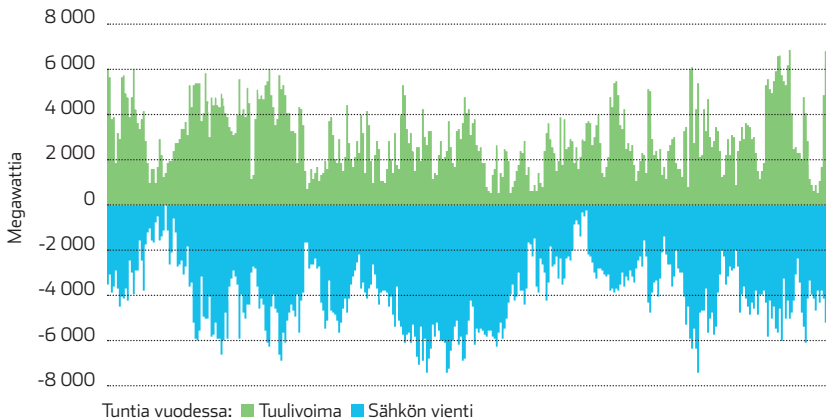
Kuva 14: Vesivoimatuotanto Ruotsissa, tammikuu 2019



Voimakkaasta tuulivoiman lisäämisestä huolimatta vesivoimaa käytetään Ruotsissakin lähinnä tasaamaan päivän ja yön välistä kysyntää. Data: Nordpool.

On mielenkiintoista, että vaikka Ruotsissa on merkittävästi sekä tuuli-voimaa että vesivoimaa, ei Ruotsi ole toistaiseksi käyttänyt vesivoimaa kovin merkittävästi tuulen säätämiseen (kuten ei Suomikaan). Tuuli-voima on paljolti viety naapurimaihin ja vesivoima on säätänyt yö/päivä -vaihtelua, joka Ruotsissa vaihtelee karkeasti 4–8 GW välillä. Naapurimaiden kyky ja maksuhalu ottaa tuulivoimaa vastaan on kuitenkin rajallinen, varsinkin jos ja kun ne rakentavat myös omaa tuulituotantoaan. Kaikki Pohjois-Euroopan maat eivät voi tehdä samaa mitä sähkökulutukseltaan varsin pieni Tanska on tehnyt jo vuosia: dumpata tuulivoiman ylituotantonsa puoli-ilmaiseksi naapureihin ja ostaa hiljaisen tuulen päivinä kalliimmalla sähköä Norjasta ja Ruotsista. Vaikka tuotannon levittäminen maantieteellisesti isolle alueelle tasoittaa sitä jonkin verran, monesti naapurimaissa tuuliset ja tuulettomat päivät osuvat samoihin aikoihin.

**Kuva 15: Ruotsin tuulivoimatuotanto ja
sähkön vienti 2019**



Ruotsin sähkön vienti vastaa melko hyvin Ruotsin tuulivoiman tuotantoa, joten käytännössä tuotettu (ja tuettu) tuulivoima päättyy suurelta osin vientiin. Data: Nordpool.

Monet Pohjois-Euroopan maat ovat ajaneet tai ajamassa kansallisella politiikallaan energiajärjestelmänsä alati heikkenevään, epävakampaan ja ylläpidoltaan kalliimpaan tilaan. Tätä on tehty ja tehdään edelleen etenkin sillä ideologisella ajatuksella, että ”uusiutuva on hyvä, ydinvoima ja fossiiliset paha.” Ne ovat sulkemassa vakaata tuotantoa joko poliittisin päätösin (ydinvoima Saksassa, Belgiassa, Sveitsissä) tai ennen pitkää päästökaupan kiristyessä (hiilivoima, myöhemmin kaasuvoima).

Samalla ne lisäävät riippuvuuttaan eritoten venäläisestä tuontikaasusta ja naapurivaltioiden kyvystä toimittaa niille sähköä. Venäjä ei arkaile käyttäa polttoainetoimituksiaan geopolitiittisena vipuvartena, ja mitä riippuvaisempia olemme Venäjästä, sen vapaammin ja vahvemmin se voi operoida Euroopassa ja ajaa omia etujaan.

Kun esimerkiksi Saksan järjestelmän pitäminen vakaana tulee jatkuvasti vaikeammaksi ja kalliimmaksi, maan suhteellinen kilpailukyky heikkenee. Toki, Saksassa kehitetään merkittäville hankkeilla järjestelmiä ja teknologioita, jotka auttavat esimerkiksi sähköverkon pitämisessä vakaana yhä villimmin heiluvan tuotannon kanssa. Näiden teknologioiden kasvavat markkinat ovat osin sen oletuksen varassa, että myös muut alueet haluavat ensin rikkoa vakaasti toimivan järjestelmänsä, jotta voivat sitten korjata sen.

Mitä vähemmän riippuvainen Suomi on jatkuvasta ja kasvavasta sähköntuotannon joustokyvystä omalta osaltaan, sitä paremmissa aselemissä olemme toimittamaan naapurimaihin niiden kaipaamaa arvokasta säätösähköä ja toisaalta hyödyntämään sieltä tarjolla olevaa halpaa ylijäämätuotantoa.

YDINVOIMA

Suomi on monessa mielessä loistava paikka rakentaa ja operoida ydinvoimaa. Meillä on vakaa yhteiskunta ja kallioperä. Meillä on korkeasti

koulutettu, insinööripainotteinen ja tekniikkamyönteinen väestö. Meillä on ilmastohuoleen pragmaattisesti suhtautuvia päättäjiä ja virkamiehiä. Meillä on yksi maailman tiukimpia ja luotetuimpia säteilyturvaviranomaisia. Lisäksi olemme kansana varsin myönteisiä ydinvoimaa kohtaan, toisin kuin sen isona ongelmana kokevat mannereurooppalaiset.

Suomi onkin länsimaista yksi sopivimpia paikkoja näyttää mallia siinä, miten yhteiskunnan päästöt painetaan nollaan kustannustehokkaasti, nopeasti ja siten, että pidetään teollinen tuotanto maassa ja luodaan samalla valtavasti uutta osaamista ja vientipotentiaalia.

Ongelmiakin on toki ollut, mutta ne voidaan ratkaista. Ydinvoima-projektit länsimaissa ovat kärsineet viivästyksistä ja kustannusylityksistä. Kompuroinnille on kuitenkin löydetty varsin selvät syyt, jotka voidaan välttää¹³. Keskeiset syyt ovat olleet:

- On rakennettu ensimmäinen laatuaan (First Of A Kind, FOAK).
- On lähdetty rakentamaan pahasti keskeneräisellä laitossuunnitelmalla.
- On rakennettu ilman aiempaa ydinvoiman rakentamiskokemusta / projektiosaamista. Länsimaissa oli lähes 30 vuoden tauko ydinvoimarakentamisessa, joten siihen liittyvä osaaminen, toimitusketjut ja alihankkijat ehtivät surkastua.
- On tehty vain yksi reaktori kerrallaan, ilman pitkäjänteistä mahdollisuutta tekijöiden, toimitusketjujen ja sidosryhmien oppia projektista toiseen.

Ydinvoimassa ei kuitenkaan ole mitään sisäsyntyisesti kallista. Edes tiukka sääntely ei tuo ylitsepääsemättömiä kustannuksia, kunhan se on johdonmukaista, loogista ja ympäristö suhteellisen vakaa. Säteilyturvallisuuksi tarkastellaan usein varsin yksiulotteisesti ”siilossa”, muusta yhteiskunnasta ja sen riskeistä erillään. Kuitenkin, kun ydinturvasäänte-

lyllä minimoidaan säteilyannoksen riskiä kansalaisille, ei samalla voida maksimoida kansanterveyttä tai yhteiskunnan kokonaisuutta. Vaihtoehtojen kansanterveydellistä vertailua ei tehdä, ja sääntelyn tiukennusten sekä lisäpyrkälien kustannushyötyanalyysi voi jäädä ohueksi, jos sitä tehdään lainkaan. Kenelläkään ei tunnu olevan ”pokkaa” kyseenalaistaa, että mikä saavutettu parannus on suhteessa käytettyyn rahaan ja vaivaan, saati osoittaa monimutkaisen sääntelyn epäjohdonmukaisuuksia ja sisäisiä ristiriitoja.

Yksinkertaistettuna, ydinvoimateollisuudessa käytetään turvallisuuden hiomiseen ja jätahuoltoon valtavasti rahaa ja saadaan sille todennäköisesti vähemmän kansanterveydellistä vastinetta kuin missään muussa energiatuotannossa, tai jopa millään muulla teollisuudenalalla saisi samalla rahalla. Tämä siitäkin huolimatta, tai oikeastaan siitä joutuksen, että koko ala on ollut turvallisuudeltaan ensiluokkaista jo vuosikymmeniä.

Toki, alalla oleva jatkuva parantamisen kulttuuri on isossa roolissa tässä turvallisuudessa. Mutta se ei poista sitä, että vertailua vaihtoehtoihin ei tehdä, ja ”kehitys” on keskittynyt enemmän turvallisuuden lisäämiseen ydinteollisuuden sisällä, kuin kustannustehokkuuteen. Kustannustehokkuus puolestaan parantaisi tilannetta paljon tehokkaammin kansanterveyden ja ilmastomuutoksen hillitsemisen kannalta, sillä se lisäisi ydinvoiman mahdollisuuksia korvata vaarallisempaa ja haitallisempaa energiatuotantoa markkinoilta. Säteilyturvallisuuden loputon parantaminen, siltä osin kun se vaikeuttaa ydinvoiman rakentamista ja kustannustehokasta operointia, maksaa vuosittain tuhansia ihmishenkiä etenkin Manner-Euroopassa, missä korvaava tuotanto on vielä paljolti kivihiiltä.

On myös selvää, että Olkiluoto 3:sen tyyppisillä projekteilla ilmastomuutoksen pysäyttäminen jää tekemättä. On meidän kaikkien edun mukaista, että jatkossa ydinvoimaprojektit etenevät huomattavasti pa-

remmin aikataulussa ja budjetissa pysyen. Kuten myöhemmin selviää, on meillä tarvetta jatkossa – oletuksista hieman riippuen – hyvinkin yli kymmenelle gigawatille uutta ydinvoimaa.

Mittava tarve uusille ydinvoimaloille on myös valtava mahdollisuus. Kun tarve alkaa olla selvillä, kannattaa kokonaisuuden rakentaminen suunnitella ja tehdä huolella ja kustannustehokkaaksi. Yllämainitut viivästyneiden ja kalliiden projektien syyt voidaan välttää esimerkiksi alla olevilla toimenpiteillä ja ohjenuorilla.

- Sekä laitos että projekti on syytä olla mahdollisimman valmiiksi suunniteltu ennen rakentamisen aloittamista.
- Reaktorisuunnittelussa rakentamisen ja operoinnin kustannustehokkuus on syytä olla tärkeässä roolissa.
- Rakennetaan useita samantyyppisiä reaktoreita samalla tiimillä ja toimitusketjuilla, annetaan projektijohdon ja alihankkijoiden oppia tekemällä. Kannustetaan tehostamiseen ja oppimiseen projektijohdon parhaita käytäntöjä soveltamalla.
- Rakennetaan useita reaktoreja samalle voimalaitosalueelle, peräkkäin parin vuoden välein. Kilpailutetaan alihankkijat ja toimitukset järkevästi tätä silmällä pitäen. On aivan eri asia antaa tarjous yhdestä uniikista projektista kuin neljän samanlaisen projektin sarjasta.
- Huolehditaan että hankkeiden poliittinen ja taloudellinen riski pysyvät mahdollisimman pieninä, jolloin myös rahoituskustannukset saadaan pysymään matalina.

Melkein kaikissa näissä on lähtöoletuksena yksi yhteinen tema: poliittinen varmuus ja pitkäjänteisyys. Yllä listattuja asioita täytyy tukea yhteiskunnan toimesta eri tavoin, sen sijaan että luodaan aktiivisesti epävarmuutta ja epäjatkuvuutta. Tarvitsemme alalle esimerkiksi paljon nykyistä enemmän koulutettuja osajia ja sitoutuneita toimitusketjuja

ja alihankkijoita, joiden saaminen ja kehittäminen itsessään vaatii vuosien tietoista ponnistelua.

Nykyisin yksittäiset yritykset käyttävät vuosia ja kymmeniä miljoonia valmistelu- ja lobbaustyöhön hakeakseen lupaa yhden reaktorin rakentamiseen kerran parissa vuosikymmenessä, ja saattavat sitten joko saada sen tai jäädä ilman¹⁴. Tällä toimintatavalla olemme tuomittuja tarpeettoman kalliiseen ja hitaaseen ilmastotyöhön ydinvoiman osalta, ja siten myös kokonaisuuden kannalta. Tämän asetelman tulee muuttua, ja tähän suuntaan on ollut myös politiikassa merkkejä, kun ilmastomuutos ja ydinvoiman potentiaalinen rooli on yhä paremmin tunnistettu ja tunnustettu kansanedustajien parissa. Myös pienreaktoreihin (SMR – Small Modular Reactor) suhtautuminen on ollut ilahduttavan myönteistä sekä poliitikkojen puheissa että puolueiden ohjelmissa.

Riski epäonnistua ilmastomuutoksen hillinnässä ilman ydinvoiman potentiaalin täyttä hyödyntämistä on paljon suurempi kuin ydinvoiman kanssa. Tämän riskin ovat toteen näyttäneet esimerkiksi Saksa, joka on valtavista kustannuksista ja satsauksista huolimatta edistynyt päästövähennyksissään jopa heikommin kuin EU keskimäärin. Niinpä ydinvoiman jättäminen sivuun, saati aktiivinen vastustaminen, on nykyisten ja tulevien sukupolvien kannalta vastuutonta.

Tässä selvityksessä kuvataan ensin Suomen nykyinen energiajärjestelmä, jonka jälkeen kartoitetaan seuraavien vuosikymmenten askelmia ja mittakaavoja – paljonko tuotantokapasiteettia on poistumassa, ja miten paljon uutta kysyntää on tulossa eri sektoreilta. Tämän jälkeen pohditaan sitä, miten ja millaisella teknologialla mittava urakka kannattaisi hoitaa, jotta kustannukset ja riskit pysyvät pieninä ja toisaalta jotta Suomen osaaminen, vientipotentiaali ja teollisuuden elinvoimaisuus maksimoidaan samalla kun Suomen energiajärjestelmä tehdään mahdollisimman vähäpäästöiseksi.

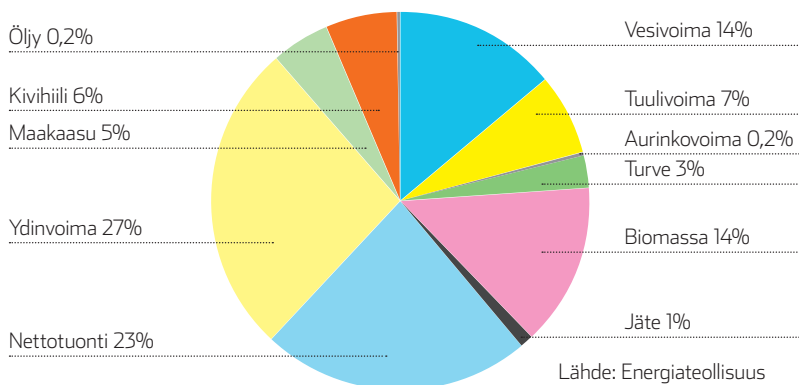
- 1 Aiheesta voi lukea lisää esimerkiksi kirjoistani Musta Hevonen – Ydinvoima ja Ilmastonmuutos (Kosmos 2016) ja Energian Aika -Avain talouskasvuun, hyvinvointiin ja ilmastonmuutokseen (WSOY 2017, vuoden tiedekirja)
- 2 www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019
- 3 Kuten DNV GL: Energy Transition Outlook 2019. <https://eto.dnv.com/2019/>
- 4 Kuvan lähde: Tilastokeskus, Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2019. ISBN 978–952–244–660–2 https://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp_kahup_1990-2019_2020.pdf
- 5 Kts. https://wiseproject.fi/wp-content/uploads/2019/02/sofia_makipaa.pdf
- 6 <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/selvitys-turpeen-energiakaytto-vahenemassa-nopeasti-lahivuosina>
- 7 Joskaan ei lähimain yhtä pahoin kuin esimerkiksi Saksassa
- 8 Olettaen, että mökille on vaivalloista ja kallista vetää sähköverkkoa ja käyttö on pientä.
- 9 Child, M., Breyer, C., (2016), Vision and initial feasibility analysis of a recarbonised Finnish energy system for 2050, Renewable and Sustainable Energy Reviews. DOI: 10.1016/j.rser.2016.07.00
- 10 Vuonna 2019 tuulivoimaloiden keskimääräinen kapasiteettikerroin oli 33 %, ja se on ollut hitaassa nousussa.
- 11 Esimerkiksi tällaisia lukemia on näkynyt ennusteissa.
- 12 Oma ongelmansa on myös se, että miten nämä kustannukset lasketaan ja jyvitetään.
- 13 Näitä syitä kartoitettiin kattavasti Energy Technologies Institutin teettämässä ETI Nuclear Cost Drivers Project -hankkeessa. <https://es.catapult.org.uk/reports/nuclear-cost-drivers/>
- 14 Nykyisen ilmastonmuutosprojektin aikana, 1990 luvulta alkaen, periaatelupia on haettu viisi kertaa, joista kolme on saatu. Näistä yksi – Olkiluoto 4 – on sittemmin rauennut ja palannut pöytälaatikkoon.

ENERGIAJÄRJESTELMÄ TÄNÄÄN

Energiajärjestelmä tulee muuttumaan rajusti, mikäli mielimme pysäyttää tai edes hidastaa ilmastonmuutosta merkittävästi. Mikä tahansa muutos on kuitenkin tehtävä nykyisen infrastruktuurin sanelemin reunaehdoin, ja toisaalta mikä tahansa muutos ei ole välttämättä hyvä, vaikka se näyttäisi nopealla vilkaisulla vievän parempaan. Muutosta ei kannata tehdä vain muutoksen vuoksi, vaan huolellisen ja rehellisen analyysin pohjalta. Mitä rauhallisempia ja vähäisempiä tarvittavat muutokset ovat, sitä pienempi riski niillä on epäonnistua. Siksi muutokset ja niiden kokonaisvaikutukset on syytä arvioida ja suunnitella huolella, nimenomaan silloin, jos niillä on kiire. Kiireessä kun ei ole varaa tehdä virheitä.

Vuonna 2019 Suomen polttoaineiden energiakäytön päästöt olivat noin 39 miljoonaa tonnia¹. Tämä on noin 70 % Suomen kokonaispäästöistä. Varsin pieni osa polttoaineiden energiapäästöistä tuli sähköntuotannossa, sillä se on Suomessa jo nyt verraten puhdasta. Talojen lämmitys on yksi merkittävä päästöjen lähde Suomessa, raskas teollisuus on toinen, ja liikenne kolmas. Lisäksi fossiilisia polttoaineita käytetään myös muuhun kuin energiantuotantoon, esimerkiksi raudan pelkistykseen koksen avulla teräksen valmistuksessa ja vedyn valmistukseen maakaasusta.

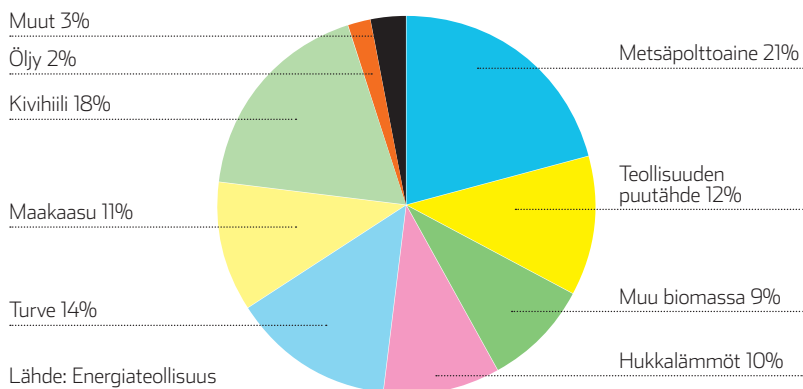
Kuva 16: Sähkön tuotanto energialähteittäin vuonna 2019



Noin 15 % Suomen sähköstä tuotettiin vuonna 2019 fossiilisilla tai turpeella. Lähes kaikki tästäkin tuotettiin yhteistuotantolaitoksissa, joissa usein pääasiallinen tuote on lämpö, joko kaukolämpöverkkoon tai teollisuuden prosesseihin.

Kaukolämmöstä noin 45 % tuotetaan fossiilisilla polttoaineilla tai turpeella, 40 % erilaisilla biopolttoaineilla, 10 % hukkalämmöillä ja loput muilla. Vuonna 2019 sähköntuotannon päästöt olivat 5,5 Mtonnia ja kaukolämmön päästöt 4,7 Mtonnia. Yhteensä sähkö ja kaukolämpö vastasivat siis noin kymmenestä miljoonasta tonnista, eli vajaasta viidenneksestä Suomen päästöjä. Tämä tulee suurimmalta osin sähkön ja kaukolämmön yhteistuotannosta. On kuitenkin syytä huomioda, että kotimaisten puupolttoaineiden tapauksessa vapautuvat päästöt laskeetaan päästökirjanpidossa maankäyttösektorille, ei energiantuotantoon. Energiantuotannon päästölaskennassa puupolttoaineilla on siis nollapäästö, sillä puun päästö² on laskettu maankäyttösektorille siinä vaiheessa, kun puu on metsästä kaadettu ja kerätty. Maankäyttösektorille lasketaan myös puun kasvu metsissä ja sen sitoma hiilidioksidi sekä maaperän hiilivirrat, joita ei tunneta vielä kovin hyvin.

Kuva 17: Kaukolämmön tuotanto polttoaineittain.



On hyvä huomioda, että vaikka **sähkön ja kaukolämmön tuotannon päästöt nollattaisiin, olisi vuoden 2035 hiilineutraaliustavoitteesta saavutettu vasta karkeasti kolmannes**. Lisäksi, koska valtiotason kirjanpidossa mukana on myös maankäyttösektori, tämä ”nollaaminen” ei tästä vinkkelistä voi tapahtua siirtymällä energiantuotannossa biopolttoaineisiin. Tällöin päästöt siirtyvät maankäyttösektorille, ellei sitten löydy merkittäviä biomassavirtoja, joita ei tällä hetkellä vielä hyödynnetä, mutta jotka kuitenkin ovat jo mukana maankäytön päästölaskelmissa. Se, että hakkeesta tuodaan jo lähes neljännes ulkomailta ei tue sitä ajatusta, että merkittäviä kotimaisia biomassavirtoja olisi ainakaan helposti löydettävissä ja käyttöön otettavissa, vaikka metsien hoitorästeistä paljon puhutaankin.

PÄÄSTÖKAUPPA

Sähkön ja kaukolämmön tuotanto kuuluvat Euroopan päästökaupan piiriin.³ Tämä tarkoittaa sitä, että jokaista päästettyä hiilidioksiditonnia kohden tuottaja ostaa päästöoikeuden päästömarkkinoilta. Päästökaupan tarkoitus on vähentää päästöjä suunniteltua vauhtia siten, että kannattavimmat päästövähennykset tehdään ensin. Kun vähäpäästöinen tuotanto korvaa fossiilista tuotantoa, energiayhtiön ei tarvitse ostaa enää päästöoikeuksia, tai se voi myydä jo omistamansa päästöoikeudet muille. Puhdas tuotanto siis säästää energiayhtiöltä rahaa, ja motivoi siten puhdistamaan tuotantoa siellä missä se on kannattavinta.

Päästökaupan näkökulmasta päästöoikeuksissa säästetty rahamäärä riippuu niiden hintakehityksestä. Hintakehitys puolestaan riippuu siitä, miten talous ja siihen tiukasti sidoksissa oleva energiakulutuskäyttäytyminen kiristetäänkö päästökauppaa vastaamaan Pariisin sopimuksen tavoitetta alle 2 asteen lämpenemisestä ja tietenkin siitä, mitä muut Euroopan maat ja niissä toimivat poliitikot ja yhtiöt tekevät. Vielä viime vuonna hiilidioksiditonnin päästöoikeus maksoi noin 25 euroa, mutta 2021 toukokuussa hinta oli 50 euron paikkeilla. Tällä hinnalla 10 miljoonan tonnin päästövähennys nettoaisi 500 miljoonaa euroa vuodessa, ja Suomen koko bruttopäästöjen (~55 Mtonnia, poislukien maankäyttösektori) hinnaksi tulisi 2750 miljoonaa. Useimmat skenaariot vähänkään rajummista päästövähennyksistä näkevät päästöoikeuden hinnan nousevan 50 €/tonni tasolle, ja reilusti ylikin, jo 2030 mennessä, mutta useimmat eivät arvanneet, että tämä taso saavutetaan jo heti 2020-luvun alussa⁴.

Päästökaupan näkökulmasta yksittäisen valtion tekemillä kansallisilla päätöksillä tai laeilla ei voida suoraan vaikuttaa päästökaupan piirissä olevien sektoreiden kokonaispäästöihin. Hiilivoiman kieltäminen Suomessa vuoteen 2029 mennessä ei siis vähennä päästöjä Euroopan

tasolla lähimainkaan niin paljon kuin äkkiseltään voisi luulla. Periaatteessa se voi epäsuorasti auttaa tiukentamaan päästökauppaa ja vähentämään siellä olevien päästöoikeuksien määrää – mutta tähän tarvitaan joka tapauksessa myös voimakas poliittinen ponnistus itsessään. Lähtökohtaisesti päällekkäinen lisäsääntely kuitenkin vääristää ja heikentää päästökauppaa ja sen tehokkuutta ja tekee päästövähennyksiin pääsemisestä kalliimpaa.

Tämä ei ole kuitenkaan juuri hillinnyt Euroopan valtioiden intoa säädellä sisäisesti myös päästökaupan piirissä olevaa toimintaa. Suomen kivihiihkiellon lisäksi monet muut maat ovat lopettamassa kivihiihkiellon käytön energiantuotannossa lainsäädännöllisin keinoin. Esimerkiksi Saksa, Belgia ja Sveitsi ovat sulkemassa poliittisella päätöksellä myös ydinvoimalansa, joka puolestaan nostaa päästöjä ja päästöoikeuksien hintaa ja tekee siten päästökaupan tiukentamisesta poliittisesti vaikeampaa. Yksikin näistä tapauksista mitätöi Suomen kivihiihkiellon vaikutuksen moninkertaisesti. Useimmat maat ovat myös säättäneet kansallisia tariffeja, veroja tai verohelpotuksia eri energialähteille tukeakseen tai ehkäistäkseen niiden rakentamista. Selkein ja kallein esimerkki tästä on tuuli ja aurinkoenergialle eri maissa myönnetty takuuhinnat ja tuotantotuet, jotka Suomessakin maksavat pelkän tuulivoiman osalta satoja miljoonia euroja vuodessa.⁵

Päästökauppa on EU:n keskeinen työkalu päästövähennyksiin pääsemiseen. Sitä on korjattu ja korjataan jatkossakin toimimaan paremmin ja käydään myös keskustelua uusien sektoreiden, kuten vaikkapa talokohtaisen kaasulämmityksen – sisällyttämisestä siihen. Lähtökohteisesti politiikassa olisi kenties syytä keskittyä päästökaupan vahvistamiseen Euroopassa, mahdollisten hiilitullien perustamiseen, jotta muut maat eivät saa kilpailuetua lepsusta päästöpolitiikastaan Eurooppaan nähden, sekä päästökauppasektorin ulkopuolisten sektorien päästövähennyksiin kotimaassa.

- 1 http://stat.fi/til/ehk/2019/04/ehk_2019_04_2020-04-17_tie_001_fi.html
- 2 Sen sisältämä hiilimäärä. Laskentatapa sisältää kieltämättä monia monimutkaisia oletuksia ja on siten alttiimpi virheille kuin polttoaineiden ominaispäästöihin perustuva laskenta.
- 3 Näiden lisäksi myös osa teollisuuden päästöistä kuuluu päästökauppaan, mutta esimerkiksi liikennepolttoaineet tai talokohtaisen lämmityksen (kuten öljy, kaasu) polttoaineet eivät kuulu. Suomen päästöistä noin 45 % kuuluu päästökaupan piiriin.
- 4 https://carbonmarketwatch.org/wp/wp-content/uploads/2017/09/CMW-PRICING-CARBON-TO-ACHIEVE-THE-PARIS-GOALS_Web_spread_FINAL.pdf
- 5 Kesällä 2020 arvioitiin uusiutuvan energian syöttötariffeihin kuluvan vuoden aikana ennätyselliset 335 miljoonaa, josta 95 % menee tuulivoimalle.
<https://yle.fi/uutiset/3-11443382>

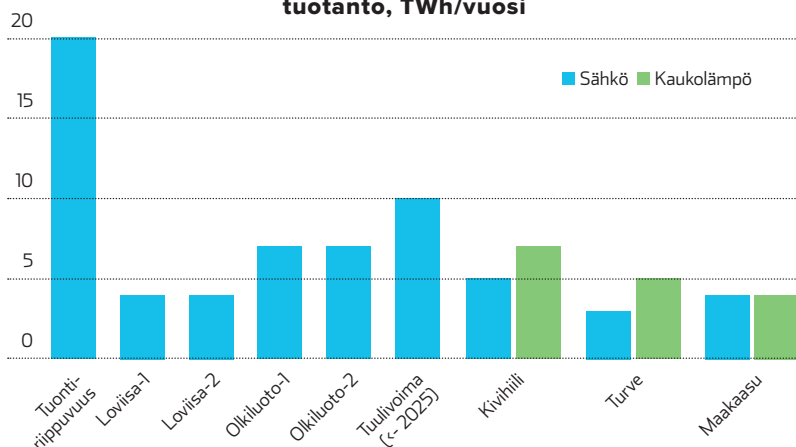
ENERGIAJÄRJESTELMÄ HUOMENNA

Suomen energiajärjestelmä on merkittävien muutosten ja mittavien investointien edessä. Mutta kuinka mittavien, ja mistä puroista muutostarpeen pauhaava koski syntyy?

POISTUVA KAPASITEETTI JA TUONTI

Suomen nykyisestä energiatuotantokapasiteetista merkittävä osa tulee käyttöikänsä päähän 2050 mennessä. Vanhempi ydinreaktorisukupolvi (Loviisa 1 ja 2, Olkiluoto 1 ja 2) on mahdollisesti silloin jo eläkkeellä tai siirtymässä eläkkeelle lähivuosina.¹ Kaikki kivihiiileen perustuva energiantuotanto lopetetaan jo 2029, ja maakaasun vuoro lienee 2030-luvulta alkaen. Päästöoikeuksien hintojen noustessa myös polttoturve on vaipumassa varsin nopeasti marginaaliin, sillä jo ennen päästöoikeuksien hintojen nousua alkuvuodesta 2021 Energiateollisuus arvioi sen käytön putoavan kolmannekseen 2030 mennessä.² Käytännössä kaikki nyt käytössä tai rakenteilla (ennen vuotta 2025 valmistuva) oleva tuulivoima eläköityy 2050 mennessä. On osin arvailujen varassa, paljonko tuulivoimaa Suomeen tulee 2025 mennessä, mutta selvityksessä oletetaan 2050 mennessä tuulivoiman korvausinvestointien määräksi kymmenen terawattituntia vuosituotantoa.

Kuva 18: Vuoteen 2050 mennessä korvattava tuotanto, TWh/vuosi



Vuoteen 2050 mennessä Suomen tuotantopaletista poistuu karkeasti 44 TWh/vuosi sähköntuotantoa ja 16 TWh/vuosi kaukolämpötuotantoa, olettaen että biopohjainen kapasiteetti pysyy nykyisellään ja käytössä. Nykyisten tuotantotietojen lähde: Energiateollisuus ry, TVO ja Fortum.

Lyhyesti sanottuna, nykyisestä sähköntuotannosta poistuu käytöstä, syystä tai toisesta, karkeasti kaksi kolmannesta, noin 44 TWh/vuosi, mikäli myös vanhemmat ydinreaktorit – yhteensä noin 23 TWh – eläköityvät. Tämän lisäksi vuotuinen noin 20 TWh:n nettotuonti olisi monistakin syistä hyvä korvata kotimaisella tuotannolla. Itse asiassa, koska Suomen sähköntuotanto on verraten puhdasta ja uutta fossiilista kapasiteettia ei ole tulossa, olisi Suomen hyvä jopa pyrkiä sähkön nettoviejäksi Itämeren alueen muihin maihin, mikäli tämä on tehtävissä kustannustehokkaasti. Monissa näissä maissa sähköntuotanto on varsin likaista, ja tulee päästöoikeuksien hinnan nousun myötä kallistumaan entisestään. Toki esimerkiksi Puolassa ja Virossa on vireillä ydinvoimahankkeita ja rakenteilla uusiutuvaa tuotantoa, jotka toteutuessaan puhdistavat paikallista tuotantoa, mutta paljon jää todennäköisesti vielä myös fossiilista kapasiteettia.

Myös kaukolämmön tuotannosta poistuu noin 16 TWh/vuosi, sillä fossiilisiin polttoaineisiin ja turpeeseen perustuu lähes puolet Suomen kaukolämmön tuotannosta. Lähes kaikki tämä kapasiteetti uusitaan, joko kieltojen (kivihiili) tai päästökaupan (maakaasu, turve) seurauksena tai kattiloiden tullessa käyttöikänsä päähän.

Biomassan suora energiakäyttö tulee puolestaan olemaan paineen alla toista kautta: biomassaa tarvitaan kipeästi raaka-aineeksi muuhun teollisuuteen, jossa fossiilisiin polttoaineisiin pohjautuvia raaka-aineita tulisi korvata kestävämmillä vaihtoehtoilla. Rakentaminen, kemiateollisuus, petrokemiateollisuus ja synteettiset polttoaineet tarvitsevat kaikki valtavia määriä hiili- ja hiilivety pohjaisia raaka-aineita, ja kestävästi korjattavissa olevat virrat ovat näiden osalta rajalliset.

Mikäli kestävästi kerättävissä oleva biomassa alkaa ohjautua näille muille sektoreille, tarvitaan kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen tuotantoon hyvinkin yhteensä 20–30 TWh/vuosi uutta puhdasta ja luotettavaa lämmöntuotantoa. Lisäksi metsäteollisuuden sivuvirtojen (esim. mustalipeä) nykyinen poltto osana sellutehtaiden prosesseja saattaa olla syytä arvioida uudelleen: voidaanko soodakattiloiden rooli prosessien arvokkaiden katalyyttien kierrätyksessä hoitaa jollain muulla tavoin, jotta mustalipeää liikenee raaka-ainekäyttöön vaikkapa biopolttoainesektorille? Ja jos voidaan, mikä on sen kustannus nykytoimintaan verrattuna ja toisaalta vaihtoehtoiskustannus muussa käytössä?

Mustalipeä

Mustalipeä on sellunkeiton sulfaattimenetelmän sivutuote, joka sisältää ligniiniä ja muita puun orgaanisia aineita. Se on Suomen merkittävin bioenergian muoto. Mustalipeä poltetaan soodakattilassa sähköksi ja lämmöksi, jonka ansiosta sellutehtaat tuottavat enemmän sähköä kuin kuluttavat. Energian lisäksi mustalipeän poltolla saadaan kerättyä talteen sellunkeiton arvokkaat kemikaalit, jotta ne voidaan käyttää uudestaan.

Esimerkiksi kemianteollisuus on kartoittanut, että se voi tarvita yli kaksinkertaisen määrän uusiutuvia biopohjaisia raaka-aineita nykyiseen sellutuotantoon nähden pyrkiessään hiilineutraaliksi.³ On täysin selvää, että tätä ei voida hoitaa lisäämällä metsien hakkuita. Lisäksi tarvitaan vastaava määrä erilaisia kierrätysmateriaaleja, 6–10 kertaa niiden nykyinen määrä. Kemianteollisuuden skenaario nojaa vahvasti leväöljyjen kaupalliseen läpimurtoon ja massiiviseen tuotantoon.

Nykyisestä energian tuotantokapasiteetista käytössä on vuosisadan vaihteessa TVO:n Olkiluoto 3, todennäköisesti suurin osa vesivoimasta ja osa metsäteollisuuden yhteistuotantolaitoksista. Myös rakenteilla oleva Fennovoiman Hanhikivi-1-reaktori on tuolloin käytössä.

Yhteenvetona: Tuonnin ja poistuvan kapasiteetin korvaamiseen tarvittaisiin **noin 65 TWh uutta tuotantokapasiteettia 2050 mennessä**, mikäli Loviisan ja Olkiluodon vanhemmat reaktorit jäävät tuohon mennessä eläkkeelle. Tämä vastaa Suomen vuoden 2020 sähköntuotantokapasiteettia.

SÄHKÖN JA LÄMMÖN KYSYNTÄNÄKYMÄT

Vuoden 2020 aikana suomalaiset teollisuudenhaarat julkaisivat tiekarttoja siitä, mitä päästöjen vähentäminen lähelle nollaa heille tarkoittaisi. Useimmille nämä ilmoitukset olivat jonkinlaisia shokkeja, sillä paljon energiaa käyttävän teollisuuden mittakaavat ovat kaukana ihmisten arjesta.

Pelkästään Suomalais-Ruotsalaisen SSAB:n Suomen toimintojen puhdistaminen päästöistä voi vaatia yhden Hanhikivelle rakenteilla olevan ydinreaktorin verran (noin 9 TWh/vuosi) puhdasta sähköntuotantoa. Koko yrityksen teräksen tuotannon siirtäminen kivihiiilipohjaisesta raudan pelkistämisestä vetypohjaiseen pelkistykseen söisi noin 25 TWh – kahden Olkiluoto 3 reaktorin verran – sähköä vuodessa pelkästään vedyn tekemiseen elektrolyysillä.

Alla käsitellään eri sektoreiden antamia puhtaan sähkön tarpeen tulevaisuudennäkymiä vuoteen 2050. Niiden yhteydessä on syytä muistaa muutama seikka:

- Tiekarttoihin liittyy vielä paljon epävarmuuksia esimerkiksi teknologian ja kasvunäkymien osalta. Esimerkiksi mikäli kemianteollisuuden oletus leväöljyjen kaupallisesta ja mittavasta tuotannosta ei toteudu, tarvitaan puhdasta energiaa vielä enemmän, koska tällöin joudutaan nojaamaan enemmän energiantensiiviseen power-to-X (P2X) teknologiaan.
- Teollisuudesta puhuttaessa tarve on puhtaalle, luotettavalle ja kustannuskilpailukykyiselle energialle.
- Tiekartat puhuvat lähinnä sähköntarpeesta. Osa tästä tarpeesta voi olla myös esimerkiksi prosessihöyryä, vetyä tai synteettisiä polttoaineita (hiilivetyjä, ammoniakkaa).

Tiekartoissa päästöt on jaettu scope 1, scope 2 ja scope 3-päästöihin. Scope 1 ja 2 sisältävät välittömät, lähinnä prosessien vaatimasta energiantuotannosta ja -hankinnasta tulevat päästöt. Scope 3 puolestaan sisältää vaadittujen raaka-aineiden ja lopputuotteiden käytön päästöt. Esimerkiksi öljynjalostamolla jalostuksessa käytetty energia sisältyy scope 1 ja 2 päästöihin, kun taas raaka-aineena toimiva fossiilinen raakaöljy sisältyy scope 3 päästöihin.

TEKNOLOGIATEOLLISUUS

Teknolomiteollisuuden suorat ja ostoenergian käytöstä aiheutuvat päästöt (scope 1 ja 2, kts. infolaatikko ohessa) ovat noin 6 miljoonaa tonnia CO₂-ekv vuodessa. Suurin osa – noin 5 Mton – näistä päästöistä tulee metallinjalostuksesta.

Suomalaisruotsalainen SSAB on yksi yritys, joka on tuonut esiin tulevaa puhtaan energiansa tarvetta. Jos, ja tiekarttansa mukaan kun, se aikoo siirtyä kivihiilipohjaisesta tuotannosta ja raudan pelkistyksestä kierrätysmateriaaleja käyttäviin valokaariuuneihin sekä vedyllä tehtävään raudan pelkistykseen, nousee SSAB:n Ruotsin ja Suomen laitosten käyttämän puhtaan sähkön tarve kymmenillä terawattitunneilla. Suurin osa tästä menee puhtaan vedyn tuotantoon, sillä vetypelkistykseen siirtyminen SSAB:n Ruotsin laitoksilla veisi itsessään noin 25 TWh sähköä vuodessa – kahden Olkiluoto 3 -reaktorin tuotannon verran.

Suomen metalliteollisuuden kohdalla puhutaan noin 10 terawattitunnin lisätarpeesta 2050 mennessä, ja koko teknolomiteollisuuden kohdalla noin 12 TWh lisätarpeesta (kaksinkertaistuminen nykyisestä), kun myös esimerkiksi ITC sektori kasvaa. Mutta mikäli Ruotsalaiset eivät onnistu kustannustehokkaan, puhtaan vedyn tuottamisessa vetypelkistämisen tarpeisiin johtuen esimerkiksi poliitikkojen nihkeästä suhtautumisesta ydinvoimaa kohtaan, on tässä kenties Suomella paikka ottaa osa arvoketjusta tältä osin haltuunsa. Vety liikkuu putkea pitkin suhteellisen kustannustehokkaasti Suomesta Ruotsiin. Puhtaan vedyn tuotannon kustannuksiin eri teknologioilla perehdytään selvityksessä tarkemmin jäljempänä.

LIIKENTEEN SÄHKÖISTÄMINEN

Liikenteen voi sähköistää periaatteessa kahdella tavalla. Suora tapa tarkoittaa sähköautoja ja sähköistä joukkoliikennettä. Epäsuora tapa tar-

koittaa sähkön ja elektrolyysin avulla valmistettuja synteettisiä (bio) polttoaineita. Molemmilla on puolensa ja pullonkaulansa. Suora sähköistäminen vaatii kaluston vaihtamista uuteen, sähköisellä voimalla toimivaan. Epäsuora sähköistäminen tarkoittaa sähköstä valmistettuja ”drop-in” polttoaineita (Power-to-X, P2X), jotka sopivat usein sinällään nykyiseen kalustoon. Polttoaineiden tekeminen sähköstä aiheuttaa kuitenkin mittavia häviöitä prosessissa ja vaatii isoja investointeja.

Lähtökohtaisesti siis hiilineutraalit P2X-polttoaineet ovat kansalaisille helpompi ratkaisu, koska ne käyvät nykykalustoon eivätkä vaadi suurilta ihmisjoukoilta oman elämäntyylin tai tapojen suurta muutosta tai ylimääräisiä investointeja. Mutta niiden ongelma on, että ne eivät nykyisellään ole kilpailukykyisiä fossiiliseen öljyyn pohjautuvien nestepolttoaineiden kanssa ja vaativat vielä paljon tutkimusta ja kehitystä.

Sähköautot puolestaan olisivat loistovalinta, mutta vaativat kaluston vaihtamisen uuteen ja uudenlaiseen. Selvityksessä termi ”sähköautot” sisältää täyssähköautot sekä lataushybridit, joissa on pienempi akku ja sen lisäksi polttomoottori, jolla joko akku latautuu tai matkan- teko jatkuu akun sähkövarauksen hiipuesssa. Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmä on asettanut tavoitteeksi 670 000 sähköautoa vuoteen 2030 mennessä ja 2 miljoonaa sähköautoa 2050 mennessä. Tällä hetkellä henkilöautoja on rekisterissä noin 2,7 miljoonaa. Työryhmän tavoite olisi siis, että karkeasti kaksi kolmannesta rekisterissä olevista henkilöautoista olisi sähköisiä 2050 mennessä.

Juha Sipilän hallitus (2015–2019) asetti tavoitteeksi noin 250 000 sähköautoa 2030 mennessä. Suomessa myytiin vuonna 2019 noin 115 000 uutta autoa, joten keskimäärin 2020-luvulla joka viidennen myydyn uuden auton tulisi olla sähköauto, jotta Sipilän hallituksen tavoitteeseen päästäisiin. Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän 2030 tavoite vaatisi, että keskimäärin noin puolet 2020-luvulla myydyistä autoista

olisi sähköautoja tai lataushybridejä.

Vertailun vuoksi, sähköautoja ja lataushybridejä myytiin ja maahantuotiin vuonna 2019 yhteensä vajaa 14 000, eli reilu kymmenys kaikista ensirekisteröinneistä ja maahantuonneista. Näistä reilu 2 200 oli täyssähköautoja. Vuonna 2020 sähköautojen ja lataushybridien myynti Suomessa yli kaksinkertaistui edellisvuodesta. Parin viime vuoden kasvu on ollut voimakasta, joten varsinkin lataushybridien (joita tuodaan Suomeen paljon käytettyinä Ruotsista ja Manner-Euroopasta) avulla Sipilän hallituksen tavoite vaikuttaa jopa varovaiselta. Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän tavoitteet vaativat käytännössä, että sähköautojen myynti nousisi noin 10,000 kappaleella joka vuosi (keskimäärin), jolloin 2030 luvulle tultaessa jo valtaosa uusista ja maahantuoduista autoista on sähköautoja tai lataushybridejä. Autoala ennustaa, että sähköautojen myynti kasvaa voimakkaasti, ja esimerkiksi EU:n vuodelle 2030 asettama uusien autojen päästöraja, 59 gCO₂/km, tarkoittaa käytännössä sitä, että keskimäärin uusien autojen on oltava lataushybridejä.

Voidaan pitää siis rohkeana, mutta ei täysin perusteettomana oletuksena, että puolet, jopa kaksi kolmasosaa, henkilöautoliikenteestä (liikennesuoritteesta) tehdään sähköllä vuonna 2050. Tämä vaatisi karkeasti noin 8–10 TWh sähköntuotantoa – yhden suurehkon ydinreaktorin verran. Koska sähköistymistä tapahtuu myös henkilöautoliikenteen ulkopuolella jonkin verran, tämä selvitys pyöristää liikenteen tulevan (2050) sähkönkulutuksen 10 terawattituntiin vuodessa.

Mikäli kaksi kolmannesta henkilöautoliikenteestä sähköistyy, jää meille kuitenkin vielä kenties puolet tieliikenteen polttonesteiden käytöstä jäljelle. Tämän päälle tulevat vielä lentäminen, vesiliikenne, maa- ja metsätalouskoneet, rakentaminen ja muu käyttö. Siitä, miten nämä siirretään fossiilisesta raakaöljystä P2X- ja biopolttoaineisiin lisää jäljempänä.

AKKUKLUSTERI

Suomeen on hyvää vauhtia rakenteilla akkumateriaalien, komponenttien ja akkujen valmistamiseen keskittyvää kasvavaa liiketoimintaa, sillä akkujen kysyntä maailmalla kasvaa räjähdysmäisesti. Suurimpana ajurina tälle lienee sähköautojen parin viime vuoden aikana tapahtunut läpimurto yhä realistisempänä vaihtoehtona uutta autoa etsivälle, ja autovalmistajien kiihtyvät ponnistelut sähköautojen tarjonnan ja tuotannon kasvattamiseen. Tällä hetkellä vaikuttaa siltä, että yksi selkeimpiä sähköautojen yleistymisen pullonkauloja on akkumateriaalien ja akkujen tuotannon kasvattamisen kustannustehokkaasti ja siten, että akustojen hinnat jatkavat alenemistaan. Yhä useammille asiakkaille on myös tärkeää, että akkujen valmistamisessa käytetään mahdollisimman puhdasta energiaa ja ympäristön kannalta vastuullisesti tuotettuja materiaaleja.

Maailmalla on nykyisin rakenteilla ja suunnitteilla useita Teslan jo lähes vuosikymmen sitten ensi kertaa julkistamia ”gigatehtaita”, joissa akkukapasiteettia tuotetaan kymmeniä, jatkossa jopa satoja gigawattitunteja vuodessa. Tällainen gigatehdas voi tuottaa vaikkapa 50 GWh edestä akkuja vuodessa, joista riittää akkuja noin miljoonaan henkilöautoon (olettaen että akuston koko keskimäärin on 50 kWh). Jos tällaisen akuston kustannus asettuu 5 000 ja 10 000 euron välille, niin ”tupakka-askin kanteen” tehdyn laskelman perusteella liikevaihtoa tällaiselle tehtaalle tulee 50–100 miljardia euroa, lisättynä myyntipremiolla. Arvioijasta riippuen sähköautojen myynti tulee nousemaan globaalisti kymmeneen miljooniin kappaleisiin vielä tämän vuosikymmenen aikana, siinä missä se nyt on jossain kolmen miljoonan tasolla. Globaalin akkusektorin arvo voi siis hyvinkin kymmenkertaistua nykyisestä vuosikymmenessä.

Akkujen valmistu vie kuitenkin merkittävästi esimerkiksi sähköä. Tuore (2019⁴) tutkimusartikkeli arvioi pelkästään akkukennojen tuotannon vievän noin 50–65 kWh sähköä per kWh akkukapasiteettia. Yl-

lämainittu tehdas, mikäli se tuottaisi vain akkukennoja, kuluttaisi siis noin 3 000 GWh sähköä. Tämä on varsin kohtalainen määrä sähköä, sillä se on reilu 3 % Suomen nykyisestä sähkönkulutuksesta, tai vajaa kolmannes Hanhikivelle tulevan ydinvoimalan tuotannosta. Lisäksi tässä on kyseessä vain kennojen valmistus. Materiaalivirtojen jalostuksessa ja komponenttien valmistuksessa energiaa toki kuluu muuallakin.

On liian aikaista ennustaa, miten paljon energiaa akkuklusteri tulee Suomessa jatkossa käyttämään, sillä sen energiatarve riippuu lopulta sekä toiminnan mittakaavasta että siitä, mitä kaikkea arvoketjun eri vaiheista Suomeen saadaan. Selvää kuitenkin on, että se voi olla huomattava määrä, ja että nämä prosessit ja tehtaot hyötyvät tasaisesti ja luotettavasti saatavilla olevasta edullisesta ja puhtaasta energiasta.

KEMIA JA PETROKEMIA

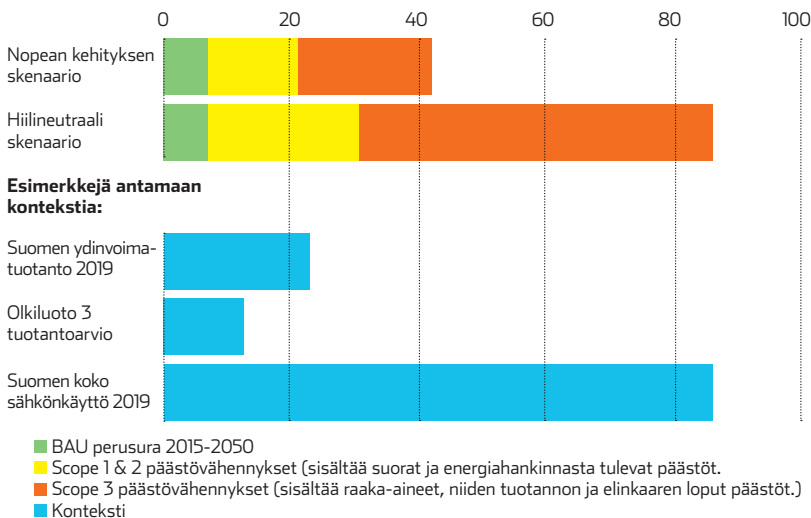
Kemianteollisuus ry julkaisi oman tiekarttansa hiilineutraalista kemias-
ta kesällä 2020. Skenaarioita oli perusuran lisäksi kaksi, nopea kehitys
eli ”Fast Development” (jatkossa FD) ja hiilineutraali eli ”Carbon Neut-
ral” (jatkossa CN). Näissä päästöt jaettiin välittömiin, lähinnä energian-
tuotannon ja hankinnan aiheuttamiin päästöihin (scope 1 ja 2) sekä raaka-
aineiden ja niistä valmistettujen lopputuotteiden päästöihin (scope 3).
Hyvä esimerkki raaka-aineen päästöstä on liikennepolttoaineiden raaka-
aineena käytetty fossiilinen raakaöljy, siinä missä scope 1 ja 2 pääs-
töihin sisältyisi itse öljynjalostamisprosessin vaatima energia.

Kemianteollisuuden käyttämän energian (scope 1 ja 2) puhdistami-
nen vaatii 21–31 TWh puhdasta, luotettavaa ja edullista sähköä vuo-
teen 2050 mennessä, skenaariosta riippuen (21 TWh FD-skenaarioissa
ja 31 TWh CN-skenaariossa). Raaka-aineiden (scope 3) päästöjen puh-
distaminen vaatii tämän lisäksi vielä 21 TWh (FD) tai 55 TWh (CN)
puhdasta energiaa, sen lisäksi että vaaditaan myös aiemmin jo mainitut

yli 30 miljoonaa tonnia uusiutuvaa tai kierrätettyä raaka-ainetta. Merkittävä osa sähköstä menee vedyn tuotantoon.

Nämä varsin suuret lukemat myös olettavat, että uusiutuvaa ja kierrätettävää raaka-ainetta on tarjolla esimerkiksi synteettisten/biopolttoaineiden valmistukseen mittavia määriä. Tästä ei ole mitään takeita, ja nykyisille Suomen uusiutuville raaka-ainevirroille (kuitupuu, energiapuu) on jo käyttäjiä. Esimerkiksi levät mainitaan tulevaisuuden ison mittakaavan ratkaisuna biopolttoaineiden tuotannossa, mutta on vielä auki, miten kustannustehokkaasti niiden tuotantoa voidaan skaalata laboratorion teolliseen mittakaavaan. Mikäli tämä ei onnistu riittävässä mitassa, tarvitaan vetyä vielä enemmän ja sähköntarve on yllämainittujakin lukemia suurempi.

Kuva 19: Kemianteollisuuden tarve puhtaalle sähköntuotannolle 2050



Kemianteollisuuden tarve puhtaalle energialle eri skenaarioissa. Skenaariotiedot: Kemianteollisuus ry 2020. BAU kuvaa Business As Usual perusuraa, jossa mitään normaalia poikkeavaa ei tehdä.

Myös tiiviit fossiilisen hiilidioksidin lähteet kuten hiili- tai kaasuvoimaloiden piiput ovat tulevaisuudessa yhä harvemmassa, ainakin mikäli maailma todella pyristelee irti fossiilisista polttoaineista sähkön ja lämmön tuotannossa. Sementti- ja sellutehtaiden piippujen hiilidioksidivirrat on jatkossa syytä hyödyntää synteettisten polttoaineiden valmistuksessa, mutta niitä on rajatusti saatavilla. Ainoa, joka skaalautuu ”varmasti” on sähköpolttoaineet, ns. Power-to-X ratkaisut, joissa vaadittu hiili (tai typpi) otetaan ilmakehästä tai merivedestä.

Yllä esitelty kemianteollisuuden Carbon Neutral -skenaario puhdistaa merkittävän osan myös liikennepolttoaineiden päästöistä sekä jalostamisen että raaka-aineiden osalta. Mikäli levät eivät skaalaudu, on kuitenkin syytä miettiä myös mitä nestepolttoaineiden tekeminen sähköstä, eli P2X-polttoaineet, tarkoittaisi tulevalle sähkön kulutukselle.

NESTEPOLTTOAINEIDEN KÄYTTÖ

Nestemäiset polttoaineet ovat suurin ja heikoiten tunnettu haaste, joten tulevaisuuden tiekartat niiden osalta sisältävät paljon erilaisia oletuksia. Miten paljon liikennettä voidaan sähköistää? Entä paljonko voidaan tehostaa ja vähentää, vai lisääntykö liikkuminen talouden kasvaessa, kuten on tähän asti tapahtunut? Oletusten pohjaksi on hyvä tietää missä ja minkälaisia nestepolttoaineita käytetään.

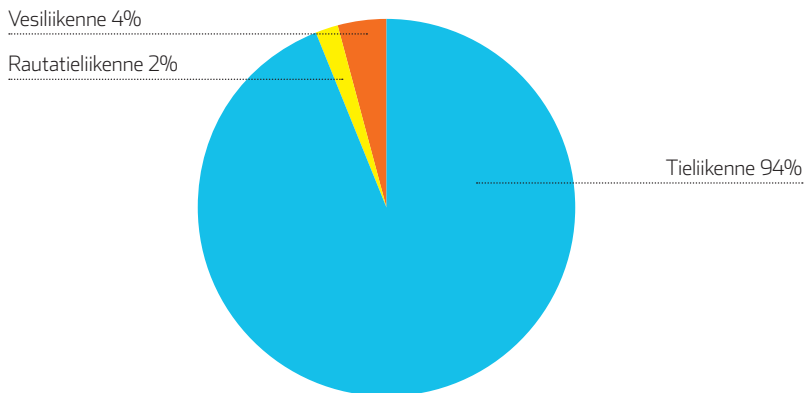
Nestepolttoaineet liikenteessä ja koneissa	TWh/vuosi
Bensiini	16.8
Diesel	30.2
Lentopetrolia ja -bensiniä (kotimaa)	1.3
Ulkomaan liikenne (lähinnä lentopetrolia)	12.8
Kevyt polttoöljy (työkoneet, teollisuus)	19
- Josta noin 2/3 työkoneet maataloudessa, teollisuudessa ja rakennustoiminnassa	12.5
- Josta noin 1/3 lämmityksessä ja muissa	6.5
YHTEENSÄ	80.1

Karkeasti noin kaksi kolmasosaa kotimaan liikenteen polttoaineista kuluu henkilöautoliikenteessä, ja yksi kolmasosa raskaassa liikenteessä, kotimaan lennoissa, kaksipyöräisissä ja vesiliikenteessä. Suomen liikenteen polttoaineiden kulutukseksi ilmoitetaan noin 48 TWh/vuosi (2017⁵), mikä sisältää tieliikenteen, vesiliikenteen ja rautatiet (osin sähköllä). Kun tähän lisätään kotimaan ja ulkomaan lennot sekä työkoneet, saadaan reilu 70 TWh/vuosi erilaisia nestepolttoaineita.

Muita öljytuotteita Suomessa käytetään eri kohteissa noin 15 TWh vuodessa. Tämä sisältää öljyjalostamojen käyttämän energian ja raskaan polttoöljyn. Esimerkiksi öljynjalostamoiden käyttämä energia sisältyi aiemmin esiteltyyn kemianteollisuuden tiekarttaan.

MUUT ÖLJYTUOTTEET	TWh/vuosi
Raskas polttoöljy	3.2
Jalostamokaasut ja prosessijäte	5.9
Öljynjalostamon polttoaineet	5.7
YHTEENSÄ	14.8

Kuva 20: Liikenteen energiankulutus LIPASTO-järjestelmän mukaan vuonna 2017, yhteensä noin 48 TWh



Erilaisten nestepolttoaineiden kokonaiskäyttö on reilusti suurempi kuin pelkästään tieliikenteen polttoaineet. Näistä usein puuttuu erilais-
ten työkoneiden diesel- ja kevyt polttoöljy, ulkomaan (lento)liikenne ja
maataloudessa (esim. viljan kuivaaminen) ja teollisuudessa oleva muu
käyttö. Etenkin maa- ja metsätalouden työkoneiden ja ulkomaan lento-
jen suora sähköistäminen tulee olemaan vaikeaa, samoin kansainväli-
sen laivaliikenteen. Myös raskas pitkän matkan liikenne (rekat, bussit)
voi olla vaikea sähköistää. Mikäli tieliikenteestä noin kaksi kolmannesta
sähköistyy 2050 mennessä, putoaa bensiinin ja dieselin käyttö ehkä 30–
35 TWh (ja sähkön käyttö lisääntyy 10 TWh).

Lämmitysöljyn (6,5 TWh) korvaaminen onnistunee sähköllä joko suo-
raan tai erilaisten lämpöpumppujen avulla. Suorasähköllä korvaaminen
tapahtuu noin 1:1 öljyn kanssa, lämpöpumpuilla suhde on ehkä keski-
määrin 3:1 niiden paremman hyötysuhteen ansiosta. Öljylämmityksen
korvaaminen näkyy kyllä sähkön kokonaiskysynnässä ja etenkin huip-
putehon tarpeessa kylminä pakkaspäivinä, mutta tämän selvityksen
näkökulmasta se mahtuu virhemarginaaliin.

Sähköistämätön tieliikenne, maa- ja metsätalouden sekä rakentamisen
koneet sekä lento- ja laivaliikenne käyttävät tällöin kuitenkin edelleen
– niiden kasvusta tai kutistumisesta toki riippuen – kenties 50 TWh
nestepolttoaineita Suomen osalta. Lopullinen määrä voi poiketa tuos-
ta merkittävästi, mutta mittakaava on tärkein. Lisäksi luku on puutteel-
linen siltäkin osin, että etenkin kustannustehokkaille puhtaille P2X-
polttonesteille löytyy maailmalta useita kokoluokkia Suomea isommat
markkinat.

HIILINEUTRAALIT SYNTEETTISET POLTTOAINEET – P2X

Viime vuosina termi Power-to-X, tai P2X, on tullut monille energiakeskustelua seuraaville tutuksi. Lyhykäisyydessään kyse on siitä, että tehdään sähköön ja elektrolyysin avulla ensin vetyä, josta voidaan sitten jatkojalostaa erilaisia muita kemikaaleja ja polttoaineita, olivat ne sitten kaasuja (metaani, ammoniakki) tai nesteitä (metanoli, bensiini, diesel, lentokerosiini). Vetyä voidaan tulevaisuudessa käyttää jopa syömäkelpoisten proteiinien raaka-aineena.

Drop-in polttoaineella tarkoitetaan sellaista korvikepolttoainetta, joka käy suoraan nykyiseen kalustoon ja infrastruktuuriin ilman tarvetta muunnoksille. Esimerkiksi etanoli on vain osittainen drop-in polttoaine, sillä sen osuutta bensiinissä voidaan nykykalustossa kasvattaa vain pariinkymmenen prosenttiin. Biodiesel puolestaan on yleensä lähes vastaavaa ainetta kuin fossiilinen diesel, ja käy vaikka sataprosenttisesti dieselmoottoreihin.

Synteettisten polttoaineiden tuottamisen kokonaisenergiatehokkuus tai konversiosuhde sähköstä polttoaineeksi riippuu paljon käytetystä teknologiasta sekä lopputuotteesta. Ammoniakkia, jota voi käyttää lähes drop-in polttoaineena esimerkiksi laivojen dieselmoottoreissa ja kaasuturbiineissa, voidaan valmistaa korkeammalla hyötysuhteella kuin hiilivetyjä. Hiilivedyissä ratkaisevassa asemassa on haluttu lopputuote (metaani, metanoli, bensiini, lentokerosiini, diesel) sekä hiilen lähde. Mikäli tarvittava hiili otetaan ilmakehästä kaapatusta hiilidioksidista (noin 400 osaa miljoonassa), vie se paljon enemmän energiaa kuin hiilidioksidin kaappaaminen sopivasta savukaasuvirrasta, jossa pitoisuus on paljon korkeampi. Vielä helpompaa on hiilen ottaminen suoraan biomassasta.

Savukaasuvirtojen ja biomassan rajoitteena puolestaan on saatavuuden rajallisuus ja paikkasidonaisuus, siinä missä ilmakehäkaappaus takaa rajattoman raaka-aineen missä vain.

Synteettisten polttoaineiden valmistuksessa 45–60 % syötetystä energiasta hukataan eri vaiheissa. Suurimmat hukat tulevat elektrolyysissä (~35 %), polttoaineen synteessissä (10–20 %) sekä typen (~5 %) tai hiilidioksidin (2–15 %) kaappauksessa ilmakehästä ja muissa prosesseissa.⁶ Karkeasti voi olettaa, että ainakin perinteisillä elektrolyysereillä koko prosessin hyötysuhde jää 50 % pintaan tai sen alle, jos oletetaan sekoitus eri lopputuotteita. Sähköä kuluu siis kaksinkertainen määrä saadun lopputuotteen energiaan nähden.⁷ Vielä kehitteillä olevilla korkean lämpötilan höyryelektrolyysereillä hyötysuhde voi parantua merkittävästi, jopa 30 prosenttiyksikköä.⁸

PUHTAAN VEDYN HINTA MÄÄRÄÄ SEN KÄYTÖN LAAJUUDEN

Puhtaan vedyntuotannon kustannus on tärkeää, mikäli aiomme korvata vetyä nykykäytössä ja vielä tärkeämpää, mikäli aiomme korvata fossiilisia polttoaineita vedystä valmistetuilla P2X-polttoaineilla. Puhtaan vedyn hintaan vaikuttaa pääasiassa:

- Energiatuotannon luotettavuus (kapasiteettikerroin)
- Energiantuotannon investointikustannus (CapEx, €/kW)
- Elektrolyyserin investointikustannus (CapEx, €/kW)
- Elektrolyyserin hyötysuhde (% sähköstä vedyksi)

Vedyn käyttö nyt ja huomenna

Tänä päivänä suurin osa vedystä käytetään mm. tyypilannoitteen raaka-aineena toimivan ammoniakkin valmistuksessa sekä öljynjalostuksessa. Lisäksi siitä tehdään metanolia. Yli 95 % vedystä irrotetaan fossiilisista polttoaineista – maakaasusta, raakaöljystä ja kivihiilestä.

Tuoreen selvityksen mukaan parhailla tuuli- ja aurinkopaikoilla vedyn tuotantokustannus 2030 mennessä voi laskea kahden euron kilohinnan pintaan, siinä missä esimerkiksi telakkavalmisteisilla ydinvoimalautoilla voidaan päästä yhden euron kilohinnan tuntumaan. Vuoteen 2050 mennessä nämä hinnat voivat vielä puolittua.⁹ Jos vedyllä ajatellaan korvattavan raakaöljystä tehtäviä nestepolttoaineita kuten bensiiniä tai lentokoneiden käyttämää kerosiinia, olisi vedyn hinnan oltava alle euron per kg, jotta tällaisen synteettisen polttoaineen hinta olisi kilpailukykyinen raakaöljystä valmistetun bensiinin tuotantokustannuksen kanssa, joskin bensiinin hintaan pumpulla vaikuttaa paljon myös verot.

Mikäli Suomi haluaa lähteä mukaan puhtaan vedyn tuotantoon, on todennäköisesti lupaavin vaihtoehto telakkavalmisteiset tähän tarkoitukseen suunnitellut kelluvat tai meren pohjaan kiinnitettävät lautaydinvoimalat, mahdollisesti myös merituulivoima 2040 eteenpäin. Aurinkosähköllä ei Suomen olosuhteissa päästä koskaan kilpailukykyiseen tuotantoon, sillä sama teknologia on käytettävissä myös esimerkiksi Etelä-Euroopassa ja Lähi-Idässä, joissa aurinko paistaa huomattavasti Suomea enemmän ja tasaisemmin.

Pienen Suomen näkökulmasta puhtaan vedyn ja siitä tehtyjen P2X-polttoaineiden markkina on rajaton, joskin kotimarkkinoillakin riittää kysyntää – öljynjalostus, synteettiset (bio)polttaineet, terästuotanto vetypelkistyksellä – mainiosti muutaman referenssilaitoksen rakentamiseen.

Telakkavalmisteisilla lauttareaktoreilla (joista lisää myöhemmin) voitaisiin myös auttaa merkittävästi Korona-pandemian myötä jatkossa kenties vaikeuksissa olevaa telakkateollisuuttamme. Kysyntää maailmalla voisi olla niin itse laitosten vientiin, osaamisen ja operointipalveluiden vientiin, että synteettisten polttoaineiden vientiin – puhumattakaan muusta ydinvoimaan liittyvästä osaamisesta, joka kehittyisi tämänkaltaisen hankkeen seurauksena voimakkaasti.

NESTEPOLTTOAINEIDEN VIENTI

Jalostamme paljon enemmän öljytuotteita mitä itse käytämme. Metsäteollisuuden tuotteiden ohella petrokemian tuotteet ovat Suomen isoimpia vientiartikkeleita rahallisesti mitattuna. Mikäli jatkossa haluamme saada merkittäviä vientituloja nestepolttoaineiden viennistä, on käytävä keskustelu siitä, miten kestävää se toiminta on, jos raaka-aineena on pitkälti fossiilinen öljy. Molemmilla puolilla on varsin päteviä argumentteja.

Fossiilisen raakaöljyn käytön puolesta voidaan sanoa ainakin:

- Mikäli kysyntää on, joku todennäköisesti vastaa siihen kuitenkin. Miksi se ei olisi Suomi?
- Suomessa on huippuluokan laitteistot ja osaaminen, joilla heikkolaa-tuisemmasta raaka-aineesta saadaan arvokkaita lopputuotteita.
- Öljytuotteiden vientitulot ovat erittäin merkittävät, ja niiden paikkaaminen muutenkin hankalassa tilanteessa olisi kova isku Suomen taloudelle ja hyvinvoinnille.

Käyttöä vastaan on puolestaan:

- On kaksinaismoralistista, jos Suomi pyristelee hiilineutraaliksi, mutta jalostaa valtio-omisteisen Nesteen toimesta entiseen malliin fossiilisia polttoaineita vientiin.

- Toimintaan liittyy merkittävä hiiliriski, eli kansantaloudellinen riippuvuus päästöintensiivisestä toiminnasta on riskialtista, joten pitkäaikaisten investointien tulisi suuntautua vähäpäästöiseen teknologiaan.
- Hiiliriskin toteutuessa vähäpäästöiselle teknologialle ja osaamiselle avautuu valtavat markkinat, mutta tällöin on liian myöhäistä lähteä liikkeelle.

Tänä päivänä Nesteen jalostamoilla Suomessa tuotetaan noin 13,5 miljoonaa tonnia öljytuotteita vuodessa, mikä on energiasisällöltään noin 150 TWh. Jatkuvana tehona tämä tarkoittaa noin 18 gigawattia, joka on noin kaksinkertaisesti sähkönkulutuksemme. Karkeasti puolet tästä on mennyt vientiin. Suomen viennin arvosta noin 8 % tulee öljytuotteista, siinä missä kemiantuotteet vastaavat noin viidenneksestä¹⁰.

Vientiin menevien polttonesteiden tekeminen sähköllä isossa mittakaavassa on siis erittäin merkittävä muuttuja kokonaisuuden kannalta. Se on niin merkittävä, että tämän mittakaavan toiminnan ei välttämättä kannata olla kiinteä osa nykyistä sähköjärjestelmää, vaan pääosin oma kokonaisuutensa.

Koska tällöin myös raaka-aine (vety ja hiilidioksidi tai typpi) olisi paljolti kotimaista, tai peräisin jopa suoraan ilmakehästä, tulisi Suomesta myös öljytuotteiden raaka-aineen osalta viejää. Ydinvoimalla valmistettavat hiilineutraalit polttonesteet olisivat Suomelle – ja myös maailman mittakaavassa – käytännössä kokonaan uusi teollisuudenhaara, ja sellaisena se olisi järkevää myös nähdä.

Koska vientimarkkina hiilineutraaleille polttoaineille on käytännössä rajaton, ei ole mielekästä valita selvitykseen samalla tavalla tiettyä terawattituntimäärää puhdasta sähköntuotantoa, mitä kotimaan eri sektoreiden energiakäytön osalta yllä on tehty. Mikäli Suomi lähtee merkittävään P2X-polttoaineiden tuotantoon puhdistukseen koti-

maassa käytettyjä polttoaineita – kuten varsinkin hiilinegatiivisuus 2035 jälkeen pitkälti edellyttää – on projekti syytä tehdä myös vientimarkkinoita silmällä pitäen. Fossiilisten polttonesteiden ja kaasujen korvaaminen hiilineutraaleilla vaihtoehtoilla edes Suomen sisäisessä käytössä vaatii joka tapauksessa aivan uuden teollisuudenalan synnyttämistä Suomeen, ja sellaiset on tähänkin asti tehty myös vientimarkkinat tiukasti tähtäimessä. Myöhemmin selvityksessä esitellään tarkemmin Suomeen hyvin soveltuva konsepti telakkavalmisteisista offshore-energialautoista.

KAUKOLÄMPÖ

Kuten aiemmin todettiin, kaukolämmön tuotannosta on poistumassa lähes puolet nykyisestä kapasiteetista, sillä se perustuu fossiilisiin polttoaineisiin tai turpeeseen. Koska bioenergian käytön massiivinen lisääminen ei ole kestäväää tai järkevää, ei vähennä Suomen päästöjä kansallisella tasolla koska energiasektorilta ”säästetty” päästö siirtyy maankäyttösektorille ja koska biomassalle on runsaasti tarvetta myös muilla sektoreilla, on järkevää tuottaa kaukolämpö 2030-luvulta alkaen esimerkiksi VTT:llä paraikaa kehitteillä olevilla suomalaisilla lämmitysreaktoreilla. Pelkästään Suomessa on useiden kymmenien kappaleiden markkinat tällaisille 50 megawatin lämmitysreaktoreille.

Kokonaisuudessaan kaukolämpöä tuotetaan noin 35 TWh vuodessa. Pien- ja minireaktoreilla tästä voitaisiin kattaa kustannustehokkaasti noin 15–25 TWh¹¹, riippuen esimerkiksi lämpöpumppujen ja hukkalämpöjen hyödyntämisen kehityksestä. Tämä korvaisi fossiilisten polttoaineiden ja turpeen käytön lisäksi osan peruskuorman tuottamiseen menevää biomassaa. Bioenergialle jäisi tässäkin tapauksessa tärkeä rooli lämmityskauden suuremman lämmönkulutuksen tuottajana.

Lämmitysreaktoreille ja niihin liittyvälle osaamiselle on etenkin

itäisemmässä Euroopassa varsin kookkaat markkinat, sillä siellä sekä kaukolämmön käyttö että positiivinen suhtautuminen ydinvoimaan on varsin yleistä.

YHTEENVETO

Suomesta on 2050 mennessä poistumassa merkittävästi sähköntuotantoa. Jos nykyinen tuonti lisätään tähän ja mukaan lasketaan myös noihin aikoihin parhaimmillaankin jo eläkeikää ainakin lähestyvät nykyiset ydinvoimalat OL1, OL2, Lo1 ja Lo2, saadaan poistuvaa ja puuttuvaa kapasiteettia noin 65 TWh. Tämä vastaa Suomen nykyistä sähköntuotantoa.

Uutta sähköä kysyntää on tulossa sekä yhteiskunnan sähköistyesä että eri teollisuusalojen pyrkiessä kohti hiilineutraaliutta. Uutta kysyntää on tulossa, oletuksista ja eri teknologioiden kaupallistumisesta riippuen, hyvinkin toinen 65 TWh. Jos seurataan kemianteollisuuden kunnianhimoisinta ”hiilineutraali kemianteollisuus” -skenaariota, voi tuohon lisätä vielä 45 TWh etenkin hiilineutraalien nestepolttoaineiden tuotantoon ja raaka-aineeksi. Merkittävä osa voidaan toki tehdä biopolttoaineina, mutta tuokin skenaario olettaa, että esimerkiksi leväöljyt saadaan tuotantoon massiivisessa mittakaavassa, jolloin vedyn ja P2X-polttoaineiden tarve pysyy maltillisena.

Vaikka liikenne ja yhteiskunta sähköistyisi erittäin nopeasti, tarvitaan puhtaita polttoaineita jatkossakin mittavasti. P2X on teknologia, joka skaalautuu käytännössä lähes rajatta, kunhan vain puhdasta sähköä riittää. Ja mikäli sen kustannukset halutaan painaa riittävän alas, tarvitaan massiivista mittakaavaa, luotettavaa 24/7 energiantuotantoa ja tähän tarkoitukseen suunniteltuja ja rakennettuja hankkeita. Merkittävä osa yllämainitusta sähköä lisätarpeesta tulee puhtaan vedyn valmistuksesta, mutta mittava P2X-tuotanto esimerkiksi vientiin voi moninkertaistaa tarpeen.

- 1 Vanhemman sukupolven reaktorit ovat 2050 noin 70 vuoden ikäisiä ja nykyiset käyttöluvut päättyvät kaikilla reaktoreilla 2040 mennessä. Yhdysvalloissa on myönnetty käyttölupia myös 80 ikävuoteen asti. Lopulta kaikki riippuu siitä, miten taloudellista vanhentuvien reaktoreiden pitäminen turvallisuuden vaatimassa hyvässä käyttökunnossa on verrattuna vaihtoehtoihin, kuten uuden energiatuotannon rakentamiseen.
- 2 https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/turpeen_kaytto_putoamassa_kolmannekseen_nykytasosta_vuoteen_2030_mennessa.html
- 3 Suomen sellutuotanto on noin 8 miljoonaa tonnia vuodessa.
- 4 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7620/ab5e1e>
- 5 <http://liikennejarjestelma.fi/ymparisto/energiankulutus/liikenteen-energiankulutus/>
- 6 IEA, The Future of Hydrogen, 2019
- 7 Paremmilla elektrolyysiteknologioilla, kuten korkean lämmön höyryelektrolyysi, hyötysuhdetta voidaan nostaa yli 20 prosenttiyksikköä. Tällä hetkellä tarvittavaa teknologiaa ei ole vielä kaupallisessa tuotannossa, mutta sen ennakoidaan kaupallistuvan 2020 luvulla.
- 8 Suomessa korkean lämpötilan höyryelektrolyysiä on kehitetty esimerkiksi VTT:llä.
- 9 The Missing Link, 2020. <https://www.lucidcatalyst.com/hydrogen-report>
- 10 www.kemianteollisuus.fi/fi/tietoa-alasta/ala-numeroin-graafit/ulkomaankauppa/#vienti
- 11 Kts. esim selvitys Nuclear District Heating in Finland (2019). https://thinkatomnet.files.wordpress.com/2019/04/nuclear-district-heating-in-finland_1-2_web.pdf

HUOMISEN ENERGIAA YDINVOIMALLA

Sähköä, höyryä, lämpöä ja vetyä

Vaikka edellisen luvun yhteenvedossa puhuttiin lähinnä sähköstä, Suomen päästövähennysurakka tarvitsee käytännössä monenlaista puhdasta energiaa. Energiaa käytetään Suomessa tänä päivänä noin 315 TWh vuodessa, ja sen tuottamiseen kuluu noin 385 TWh primäärienergiaa.¹ Erotus on pääosin hukkalämpöjä esimerkiksi sähköntuotannosta.

Käytetystä energiasta sähköä on reilu neljännes, 86 TWh vuodessa. Kaukolämpöä tuotetaan noin 38 TWh ja teollisuuden prosessilämpöä noin 55 TWh. Lisäksi kiinteistöjä lämmitetään kaukolämpöverkon ulkopuolella eri keinoin (sähkö ja lämpöpumput, öljylämpö, maakaasu, pelletit jne.). Jatkossa liikenteen polttoainekäyttö vaihtuu merkittävästi sähköön, mutta myös puhtaille nestepolttoaineille ja kaasuille jää useiden kymmenien terawattituntien kysyntä pelkästään Suomessa. Kaikkea ei yksinkertaisesti voi sähköistää, ja kaikkea minkä teoriassa voisi sähköistää, ei välttämättä käytännössä kannata sähköistää.

Sähköistyminen on maailmanlaajuisena ilmiönä edennyt noin kahden prosenttiyksikön vauhtia per vuosikymmen, ja IEA:n perusskenaario (New Policies) näkee tämän vauhdin jatkuvan tulevaisuudessakin. IEA:n The Future is Electric -skenaariossa sähköistymisen vauhti kyetään merkittävin ponnistuksin ja kustannuksin yli tuplaamaan, jolloin vuonna 2040 maailman energian loppukulutuksesta noin kolmannes olisi sähköä. Tekninen maksimi sähköistyksessä on IEA:n mukaan

noin kaksi kolmannesta energian loppukulutuksesta.² Teknistaloudellinen maksimi tulee vastaan jo ennen tätä.

Energiasektorin hiilineutraaliuteen tarvitaan siis monenlaista puhdasta energiaa moneen käyttöön, ja se voi olla monen hintaista, käyttökohteesta riippuen. Etenkin teollisuudelle ensiarvoisen tärkeää on myös energian luotettava saatavuus, sillä prosessien keskeytys ja uudelleen käynnistäminen on usein kallista. Tässä tulee vastaan yksi tuulen ja aurinkosähkön pahimpia heikkouksia: vaikka tuotannon kustannus olisi verraten matala, ne tuottavat lähtökohtaisesti vain sähköä, ja sitäkin varsin epäluotettavasti. Aurinko- tai tuulisähkön kääntäminen luotettavaksi prosessihöyryksi on kallis temppu.

Ydinvoimakaan ei ole ratkaisu kaikkeen, eikä varsinkaan vain yhdentyyppiset tai -kokoiset reaktorit. Siinä missä sähköä on melko helppoa kuljettaa useita satoja kilometrejä, tulikuuman prosessihöyryn kuljettaminen pidempiä matkoja on vaikeaa. Höyry pitääkin tuottaa paikallisesti, usein kymmenien tai maksimissaan satojen megawattien mittakaavassa. Vedyn kuljettaminen onnistuu helpommin, mutta koska vety vuotaa ja reagoi herkästi, on etu, jos se tuotetaan suhteellisen lähellä ja ilman merkittävää pitkäaikaisen varastoinnin tarvetta. Jos vedystä tehdään synteettisiä hiilivetyjä (metaani, metanoli jne.) tai ammoniakia, kuljetus ja varastointi onnistuu jopa globaalissa mittakaavassa, mutta näihin muunnoksiin liittyy aina myös häviöitä ja kustannuksia. Kaukolämpö pitää myös tuottaa suhteellisen lähellä, ja vaikka laimean lämpöenergian isommankin mittakaavan varastointi onnistuu, se lisää kustannuksia.

Ydinsähkön tuotanto isossa mittakaavassa on todennäköisesti kustannustehokkainta isoissa ja keskisuurissa yksiköissä, ainakin kunnes sarja/telakkavalmisteiset pienemmät voimalat saadaan kunnolla tuotantoon. Mikäli tarvitaan lämmön ja sähkön yhteistuotantoa ja joustavuutta, voivat pienemmät, alle 300 MW sähkötehoiset ydinreaktorit olla paras vaihtoehto.

Kaukolämpöä varten riittävät pienet tai jopa minikokoiset yksinkertaiset reaktorit, joiden tarvitsee tuottaa vain lämmintä vettä. Ne voivat olla suhteessa tavallisia reaktoreita edullisempia, sillä niissä ei ole tarvetta kalliille paineastioille tai höyryturbiineille, saati moninkertaisille turvajärjestelmille sähkönsaannin turvaamiseksi, sillä ne kykenevät jäähdyttämään itsensä turvalliseen tilaan ilman sähköisiä jäähdytysvesipumppuja.

Reaktorien koon lisäksi tärkeä muuttuja on niiden käyttämä teknologia ja lämpötila, jossa ne operoivat. Suomen ydinalan osaaminen on tällä hetkellä keskittynyt kevytvesireaktoriteknologiaan. Tämä ei tarkoita, etteikö osaamista voisi jatkossa laajentaa vaikka sulasuolareaktoreihin tai korkean lämpötilan kaasujäähdytteisiin kuulakekoreaktoreihin, mutta aikaa ja resursseja se vie – ja vaatii melko korkean tason päätöksen, että näin tehdään. Erilaisilla reaktoriteknologioilla on omat hyvät ja huonot puolensa, ja ne sopivat erilaisiin käyttötarkoituksiin. Esimerkiksi korkeamman lämpötilan tarjoavilla sulasuola- tai kuulakekoreaktoreilla on helpompi ajaa korkean lämmön vaativaa energiatehokkaampaa höyryelektrolyysiä, joka voi laskea tuotetun vedyn hintaa merkittävästi, tai toimittaa teollisuudelle korkean lämpötilan höyryä sen prosesseihin. Toki näitä voidaan tehdä myös kevytvesireaktorilla, mutta höyry täytyy tällöin ensin tulistaa, johon kuluu jonkin verran energiaa.³

Tämän selvityksen tarkoitus ei ole mennä teknisiä yksityiskohtia ja monimutkaisia kustannusvertailuita sisältävään analyysiin. Se, miten hyvin vaihtoehtoiset teknologiat ja reaktorimallit lähtevät kaupallistumaan selviää 2020-luvun kuluessa ja 2030-luvun alkuvuosina. Tällä hetkellä eri reaktoriteknologioita on vähintäänkin hyvä pitää silmällä ja seurata kehitystä, mutta ei ole varsinaisia syitä miksi mitään niistä pitäisi nyt jäädä odottelemaan. Kevytvesireaktoreiden saralla nykyisten mallien lisäksi on 2020-luvulla tulossa monia kiinnostavia laitteita eri kokoluokissa, joilla suurin osa tavoitteista voidaan saavuttaa. Sitä, voidaanko jatkossa jotkin asiat tehdä hieman kustannustehokkaammin

jollain uudella teknologialla ja reaktorityypillä, on vaikea tietää ennen kuin tätä uutta teknologiaa tulee tarjolle.

YDINREAKTORIEN YLEISKATSAUS

Alla esitellään pintapuolisesti nykyisiä ja 2020-luvulla markkinoille tulevia eri laitostyyppisiä ja kokoluokkia, sekä niiden potentiaalisia käyttökohteita, heikkouksia ja vahvuuksia.

ISOT JA KESKISUURET REAKTORIT

Isoiksi reaktoreiksi luetaan välillä 800 ja 1700 megawattia olevat yksiköt, ja keskikokoiset ovat välillä 300 ja 800 megawattia, joskin näissä ei ole olemassa yleisiä standardeja. Suurin osa nykyisistä sähköä tuottavista reaktoreista on välillä 400–1700 MW. Suomessa Loviisan reaktorit ovat neuvostoliittolaiseen VVER440-malliin perustuvia, joiden teho on nostettu hieman alle 500 MW tasolle. Olkiluodon reaktorit 1 ja 2 taas ovat ASEA-ATOMin 660 MW reaktoreita, mutta niiden sähkötehoa on vuosien saatossa korotettu noin kolmanneksella, 890 megawattiin. Nykyisin suurin osa tämän kokoisista reaktoreista on vesijäähdytteisiä, joskin poikkeuksiaakin löytyy.

Isojen laitosten edut ovat ison mittakaavan tuoma suuruuden ekonomia luvituksessa, rakentamisessa ja operoinnissa. Isossa laitoksessa kiinteät kulut jakautuvat suuremmalle määrälle tuotantoa, joten niiden suhteellinen osuus pienenee. Suuret ”megahankkeet” ovat olleet vaikeuksissa eritoten länsimaissa ja kärsineet budjettiylityksistä ja viivästyksistä. Olkiluodon kolmosreaktorin lisäksi Suomesta löytyy esimerkiksi myös Länsimetro, ja Saksasta Berliinin Brandenburgin lentokenttä. Toisaalta esimerkiksi Äänekosken biotuotetehdas, joka sekin oli miljardiluokan projekti, rakennettiin varsin hyvin aikataulussa ja budjetissa

pysyen. Hieman yllättäen, myös Britteihin rakennettava Hinkley Point C:n kahden EPR-reaktorin voimalaitos on edennyt varsin hyvin alkuun päästyään.⁴

Erilaisia moderneja isoja reaktoreita on tarjolla muutamia. Suomessa viimeistellään Ranskalaista EPR-tyyppistä reaktoria Olkiluotoon ja aloitellaan Venäläisen VVER1200 reaktorin rakentamista Pyhäjoelle. Westinghousen AP1000-reaktoria on rakennettu ja rakenteilla Yhdysvalloissa ja Kiinassa. Yhdistyneisiin Arabiemiraatteihin juuri valmistuneet ja valmistumassa olevat voimalat ovat Korealaista APR-1400 mallia. Kiina on alkanut myymään vientimarkkinoille omaa Hualong One reaktoriaan (HPR1000), jonka se on kehittänyt alkujaan Ranskalaisen M310 reaktorin ja siitä tehtyjen kehitysversioiden pohjalta. GE Hitachi ja Toshiba tarjoavat myös ABWR-reaktorista muutamaa eri versiota, ja sen pohjalta on kehitetty ja Yhdysvalloissa lisensoitu (mutta ei toistaiseksi rakennettu) ESBWR⁵. Kaikki nämä reaktorit ovat yli yhden gigawatin tehoisia sähköteholtaan. Myös CANDU -tyyppisiä, raskasta vettä käyttäviä 600–900 megawatin reaktoreita, on periaatteessa vielä saatavilla.

Myös pari ”keskikokoista” reaktoria on suunnitteilla. Brittiläinen Rolls Royce suunnittelee ”UK SMR” nimellä kulkevaa reilu 400 MW sähköteholtaan olevaa reaktoria. Karkeasti samankokoinen laitos, nimeltään Nuward, on suunnittelupöydällä Ranskalaisella konsortioilla. Vaikka molemmilla on taustalla pitkä kokemus pienreaktoreista esimerkiksi ydinkäyttöisten sukellusveneiden voimanlähteinä, kaupallisesti saataville nämä reaktorit ovat tulossa vasta 2030-luvun taitteen aikoihin.

PIENREAKTORIT JA MINIREAKTORIT

Pienreaktoriksi lasketaan 50–300 MW (sähköteholtaan) olevat reaktorit. Niitä pienempiä kutsutaan mini- tai mikroreaktoreiksi, joiden tehot voivat olla vain muutamia megawatteja. Tutkimus- ja koulutusreaktoreissa

tehot vaihtelevat wateista muutamaan megawattiin. Esimerkiksi Espoon kampuksella toiminut FiR 1 oli lämpötehoaltaan 250 kilowattia.

Pienreaktorit pyritään suunnittelemaan sellaisiksi, että ne voidaan valmistaa tuotantolinjalla mahdollisimman valmiiksi moduuleiksi ja kuljettaa paikan päälle esimerkiksi rekan kyydissä. Tarkoituksena on vähentää itse rakennuspaikan työtä ja siirtää sitä huomattavasti tuottavampaan ympäristöön sisätiloihin tehtäisiin, telakoille ja kokoonpanolinjoille.

Teknologioita on lukuisia, mutta pisimmällä kehityksessä ja luvituksessa ovat kevytvesireaktorit, sillä niihin liittyy vähemmän uusia asioita ja toimitusketjut ja säädökset ovat jo olemassa esimerkiksi polttoaineelle. Kehitteillä on kymmeniä eri versioita ympäri maailmaa. NuScale -nimisen Yhdysvalloissa päämajaansa pitävän reaktorikehittäjän reaktori läpäisi juuri Yhdysvaltojen ydinturvaviranomaisen, NRC:n, lisensoinnin, ja ensimmäinen 12 pientä, noin 77 MW tehoista reaktoria sisältävän voimalaitoksen paikka on jo valittu ja osa tuotannosta myyty. Tämän hetken aikataulun mukaan laitoksen pitäisi valmistua vuoden 2029 paikkeilla.

GE Hitachin BWRX300 on myös pitkällä, ja tavoiteaika ensimmäiselle reaktorille on vuodelle 2027. Tämä nopea aikataulu liittyy siihen, että reaktori pohjaa vahvasti isompaan, kerran jo lisensoituun ESBWR-reaktoriin, mutta on yksinkertaisempi ja suunniteltu edullisemmaksi ja nopeammaksi rakentaa. Kattavaa esittelyä kymmenistä kehitteillä olevista reaktoreista ei tähän selvitykseen kannata listata, mutta kiinnostuneille lisätietoja tarjoaa kansainvälisen atomienergiajärjestön IAEA julkaisema tuore selvitys aiheesta.⁶

KORKEAN LÄMMÖN REAKTORIT

Koska vesi kiehuu sadassa asteessa ja kiehumispisteen nostaminen vaatii paineen nostamista, ja koska sähköntuotannosta saadaan sitä tehokkaampaa, mitä kuumempaa höyryä tuotetaan, nousee vesireakto-

reiden hyötysuhteen parantamisen esteeksi paineastioiden paksuus ja sen myötä nousevat kustannukset. Korkeampiin lämpötiloihin päästään vaihtamalla lämmönsiirtäjänä toimiva vesi esimerkiksi heliumkaasuksi tai sulaksi suolaseokseksi. Molemmat näistä pääsevät yli 600 asteen lämpötiloihin, ja mahdollistavat huomattavasti paremman sähköntuotannon hyötysuhteen (vesireaktoreilla noin 35 %, korkeammilla lämpötiloilla 45 % tuntumassa). Näillä reaktoreilla on myös helpompaa tuottaa monien prosessien vaatimaa yli 500 Celsiuksen prosessihöyryä.

Sekä kaasujäähdytteisiä reaktoreita että sulasuolareaktoreita on kehitteillä monissa maissa. Pisimmällä on Kiina, jossa käynnistyy ensimmäinen kaupallisen mittakaavan kaasujäähdytteinen reaktori todennäköisesti 2021 aikana.⁷ Kanadalainen Terrestrial Energy tavoittelee ensimmäistä sulasuolareaktoria rakennettavaksi vielä tämän vuosikymmenen aikana. Monia muitakin on kehitteillä eri vaiheissa.

Uudenlaisten reaktoreiden saapumista hidastuttaa esimerkiksi toimitusketjujen osittainen puuttuminen esimerkiksi polttoaineelle, regulaation ja regulaatio-osaamisen puuttuminen tai soveltumattomuus sekä laitoksille että tuoreelle ja käytetylle polttoaineelle ja tietenkin operaattoreiden osaamisen ja kokemuksen vähyys uudentyypisistä laitoksista. Esimerkiksi ajoittain esille tulevat toriumia uraanin sijaan polttoaineena käyttämät reaktorit kärsivät juuri tästä: torium ei ole tällä hetkellä lisensioitu polttoaine eikä sillä ole toimitusketjuja ja sääntelyä samalla tavalla kuin uraanilla. Lisäksi toriumpolttoaineeseen liittyy useita muita ongelmia ja hidasteita, jotka yhdessä voivat hidastaa toriumin laajempaa käyttöönottoa vuosilla, jos ei vuosikymmenillä.⁸

KAUKOLÄMPÖREAKTORIT

Kaukolämpöreaktorit ovat hieman harvinaisempia, johtuen esimerkiksi siitä, että kaukolämpöverkkoja ei ole joka maassa. Niitäkin on toki ke-

hitetty menneinä vuosikymmeninä, ja Ruotsalais-Suomalainen SECURE-reaktori oli hilkulla päätyä Helsinkiä lämmittämään 1970 ja 1980 lukujen taitteessa, mutta hanke kaatui politiikkaan.⁹ Jos poliittista uskallusta olisi tuolloin ollut ja SECURE olisi rakennettu, ei meillä olisi lähimainkaan nykyisenkaltaista tuskastelua siitä, miten Helsingin kaukolämmön päästöjä vähennetään ja imagon pilaavista kivihiilikasoista päästään eroon.

Kaukolämmöksi riittää noin sata-asteinen vesi, joten paineastioita ja sähköä tuottavia turbiineja ei tarvita. Tämä yksinkertaistaa laitoksen tekniikkaa ja tekee sekä suunnittelemisesta, rakentamisesta että ope-roinnista periaatteessa helpompaa ja halvempaa.

Kiinassa monissa kaupungeissa on kaukolämpöverkot, joten paikalliset ydinvoimayhtiöt suunnittelevat niihin pieniä kaukolämpöreaktoreita, joiden lämpötehot vaihtelevat 200 ja 400 megawatin välillä. Ensimmäisten pitäisi valmistua 2020-luvun alkuvuosina. Parin viime vuoden aikana myös muutamat muut maat ovat lähteneet kehittämään omia kaukolämpöreaktoreitaan.

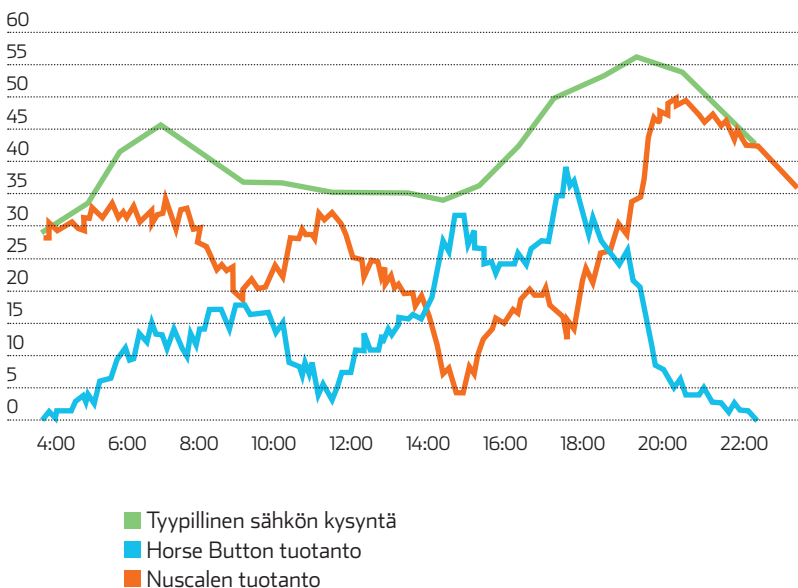
Helsinkiä ja paria muuta isompaa kaupunkiamme lukuun ottamatta Suomessa käyttöä olisi enemmän vielä hieman tätä pienemmille reaktoreille, kenties kokoluokassa alle 100 megawattia tai jopa alle 50 megawattia. Keväällä 2020 VTT ilmoitti suunnittelevansa Suomen ja Euroopan markkinoille soveltuvaa, noin 50 megawatin kaukolämpöreaktoria. Myös LUT yliopistossa on suunniteltu omaa 24 megawatin LUTHER-kaukolämpöreaktoria.

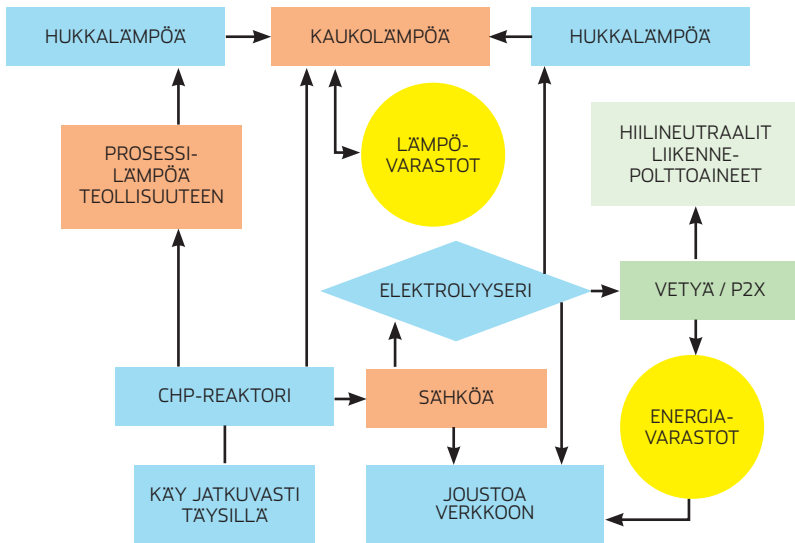
PIENREAKTORIT CHP-TUOTANNOSSA

Yksi parhaita puolia pienreaktoreissa on se, että ne soveltuvat monenlaiseen käyttöön ja sopivat joustavuutensa ansiosta hyvin yhteen myös muiden energialähteiden kanssa. Ne voivat tuottaa kuumaa prosessihöyryä

teollisuuteen, sähköä ja sähköstä vetyä ja sähkön ja lämmön yhteistuotannossa puhdasta kaukolämpöä kaukolämpöverkkoihin. Monipuolisuus seuraa osin siitä, että ne tekevät suoran sähkön sijaan ensin kuumaa höyryä, jolle on sähköntuotannon lisäksi monia muita käyttökohteita. Toinen tärkeä ominaisuus on tuotannon luotettavuus, ja tarvittaessa joustavuus. Teollisuuden prosesseja kannattaa yleensä ajaa mahdollisimman tasaiseen tahtiin, 24/7, jotta lopputuotteen hinta pysyy mahdollisimman kilpailukykyisenä. Toisaalta, jos ja kun vaihtelevatuottoisen energiantuotannon osuus sähköverkossa jatkossa kasvaa samalla kun joustavaa fossiiliin perustuvaa yhteistuotantoa ajetaan alas, on sähköjärjestelmällä huutava tarve luotettavalle ja joustavalle kapasiteetille.

Kuva 21: Mallinnus, jossa Nuscalen reaktori seuraa sekä sähkön kysyntää että paikallisen Horse Butten tuulipuiston tuotantoa ketterästi.¹⁰





Kuva 22: Sähkön ja lämmön yhteistuotantoon kykenevä (CHP, combined heat and power) reaktori on verraton lisä sektori-integraation kannalta, sillä se yhdistää polttoaineisiin perustuvan energiantuotannon hyvät puolet polttoaineettomien tuotantotapojen vähäpäästöisyyteen.

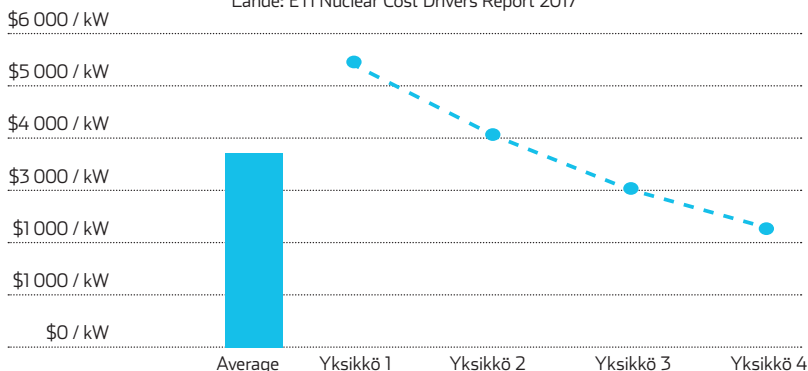
YDINVOIMAN KUSTANNUSTEN PUDOTTAMINEN

Kuten kaikki energia-alaa seuraavat tietävät, ydinvoima on länsimaissa viime aikoina ollut kallista ja hidasta rakentaa. Olkiluoto 3 ja muutamat muut hankkeet ovat usein käytettyjä esimerkkejä. Hitauteen ja kalleuteen on kuitenkin olemassa varsin hyvät ja uskottavat syyt. Juuri mitkään näistä syistä eivät ole ”sisäsyttyisesti” ydinvoimasta tai ydinteknologias- ta johtuvia. Niinpä oikeanlaisella lainsäädännöllä ja järkevällä regulaati- olla sekä riittävän kunnianhimoisilla ja hyvin suunnitelluilla hankkeilla ja nämä mahdollistavalla pitkäjänteisellä politiikalla ydinvoiman kus-

tannuksia voidaan madaltaa erittäin merkittävästi. Näin on maailmal-
la myös tehty. Viimeisin esimerkki löytyy Etelä-Korean vetämästä Bara-
kah-voimalaitoshankkeesta Yhdistyneissä Arabiemiraateissa.

**Kuva 23: Barakahin ydinvoimalaitoksen kustannusten
kehitys reaktoreilla 1-4.**

Lähde: ETI Nuclear Cost Drivers Report 2017



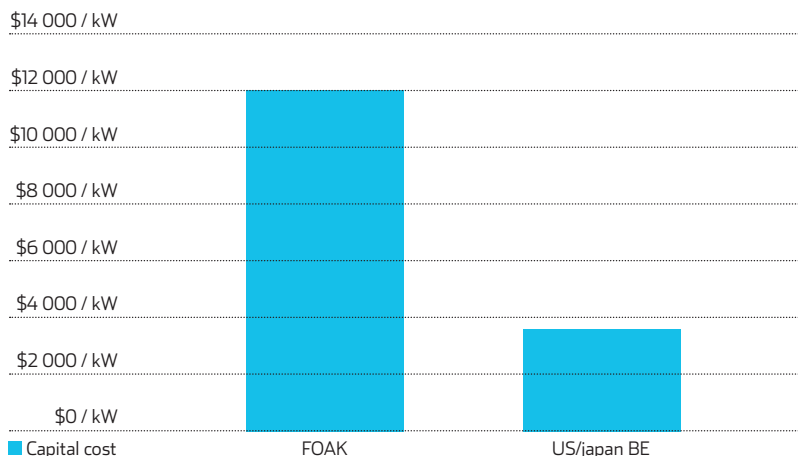
Yllä olevassa kuvassa on modernin, massiivisen mutta järkevästi suunnitellun ja toteutetun ydinvoimahankkeen kustannuskehitys. Barakahin voimalaitoksessa on neljä Etelä-Korealaista APR-1400 reaktoria. Ensimmäinen reaktoreista käynnistettiin loppukesästä 2020, toinen loppuvuodesta 2020 ja loput kaksi käynnistyvät seuraavan parin vuoden aikana. Ensimmäisen reaktorin rakentaminen aloitettiin vuonna 2012, ja seuraavat siitä aina vuoden välein. Voimalaitos tulee tuottamaan noin 45 TWh puhdasta sähköä vuodessa, ja se maksoi noin 20 miljardia dollaria. On syytä huomata, että Arabiemiraateissa ei ole aiempaa ydinvoiman tuotantoa, joten kaikki piti suunnitella ja rakentaa alusta asti, työvoimasta ja viranomaisista lähtien. Kustannusten säästö ei tule niinkään halvasta työvoimasta tai halvasta reaktorista, vaan siitä, että projekti hoidettiin parhaita käytäntöjä käyttäen, tarjouspyynnöistä projektihallintaan ja työvoiman osaamisen kehittamisestä alihankintaketjujen optimointiin.

Jos Barakahin laitosta ja projektia käyttää esimerkkinä sellaiseen, Suomen dekarbonisaatio hoituisi laskennallisesti kolmella vastaavalla hankkeella, jotka tuottaisivat yhdessä noin 135 TWh puhdasta sähköä vuodessa. Jos keskihinta olisi vastaava kuin Barakahissa, hintaa tulisi noin 60 miljardia, tai kolmelle vuosikymmenelle jaettuna kaksi miljardia per vuosi.¹¹ Suomi käyttää monin verroin tämän summan joka vuosi tuontiöljyn hankintaan. Reaktorit puolestaan pysyisivät käytössä 60–100 vuotta, joten niitä ei tarvitse olla heti uusimassa. Jos vastaava temppu tehtäisiin tuulivoimalla, olisi se aloitettava valmistuttuaan heti alusta, sillä ensin asennetut voimalat olisivat silloin tiensä päässä.

Yrityksien investointien ”nykyarvoa” kuvaavissa laskelmissa moiset pikkuseikat diskontataan näkymättömiin, sillä useimpia yritysjohtajia ei tänä päivänä voi yrityksen investointeja miettiessä kiinnostaa se, mitä 20 tai 30 vuoden päästä tapahtuu. Toimitusjohtajat istuvat pallillaan muutaman vuoden ja vaihtavat sitten seuraavaan, isompaan yritykseen. Valtion tasolla, etenkin jos valtion johto laittaa vähääkään arvoa tuleville sukupolville ja heidän hyvinvoinnilleen muutenkin kuin juhlapuheissa, 30 vuotta on kuitenkin varsin lyhyt aika. Nyt tehtävät muutokset koulutusjärjestelmässä näkyvät työvoimassa ja yhteiskunnassa 30 vuoden päästä samalla tavalla kun yhteiskuntaamme vaikuttaa tällä hetkellä se, mitä tapahtui esimerkiksi 1990-luvun lamavuosina, kun monet nyt parhaassa työiässä olevat seurasivat vierestä vanhempiensa konkurssreja ja perheensä hyvinvoinnin murentumista. Samaten, jos nyt ajamme valmistavaa teollisuutta Suomessa alas tai muihin maihin, ei meillä 30 vuoden päästä ole enää myöskään sitä paremmin tuottavaa ja vähemmän energiaa käyttävää prosessien ja laitosten suunnittelua ja konsultointia.

Nykyisten kalliiden yksittäislaitosten sijaan monen laitoksen projekti on mahdollisuus sarjatuotannon ja tekemällä oppimisen täysimääräiseen hyödyntämiseen. Lisäksi, jos tarjouspyyntöjä tehtäisiin laitostoimittajille alkujaankin useammasta samanlaisesta reaktorista, jotka rakennettaisiin

seuraavan 20–30 vuoden aikana, olisivat tarjoukset todennäköisesti varsin erinäköisiä yksittäiskappaleisiin nähden. Näin ainakin oli Barakahin tapauksessa, jossa tarjouspyynnöt tehtiin 1+1, 2+1 ja 3+1 reaktorista. Luvitus tehtäisiin reaktorien osalta käytännössä kerran, sillä pitkälti samoja papereita voisi käyttää seuraaviin samanlaisiin reaktoreihin, tai kenties Suomen ydinvoimalainsäädäntöä muokataan sellaiseksi, että reaktori-tyypille voidaan hankkia ”tyyppihyväksyntä” joka keventää useampien samanlaisten reaktorien tapauksessa niiden luvitukseen liittyvää työmäärää ja paperipinoa. Tästä, sekä projektin vetämisen ja rakentamisen oppimisesta ja optimoinnista kokemuksen myötä sekä viivästyksien vähenemisestä, syntyvät sarjassa rakentamisen merkittävät kustannushyödyt.



Kuva 24: Yksittäisten ”ensimmäinen laatuaan” projektien kustannukset ovat yli kolminkertaiset verrattuna isompien, systemaattisten rakentamishojelmien toteutuneisiin kustannuksiin. Kuva: Lucid Catalyst Ltd.

Yllä olevassa kuvassa on vertailtu länsimailman ensimmäinen laatuaan (FOAK) projekteja, kuten Olkiluoto 3, ja historiallisia ydinvoimaa sarjassa rakentaneita ohjelmia ja niiden toteutuneita kustannuksia. Ydin-

voima on kallista, mutta vain jos sitä tehdään kalliisti, kustannukset maksimoiden. Suomessa ympäristö on monilta osin tällä hetkellä kustannuksia maksimoiva. Barakahin kaltaisen projektin hyötyjen saamiseen tarvitaan Suomessa muutos sekä teollisuuden että poliittisen eliitin ajatteluun. Barakah ei olisi voinut toteutua Suomessa, jossa esimerkiksi poliittiset periaateluvat on myönnetty, vuosien kalliin valmistelun ja lobbauksen jälkeen, vain yksittäisille reaktoreille. Tästä poliittisesta ulottuvuudesta ja valtion roolista myöhemmin lisää.

Ei kuitenkaan ole välttämättä käytännöllisintä rakentaa tusinaa isoa reaktoria tai peittää Suomea tuulipuistoilla ja ajatella, että ongelma on sillä hoidettu, kunhan sähköä tulee laskennallisesti vuodessa tarpeeksi. Todellinen maailma on aina monimutkaisempi kuin paperille tehty suunnitelma tai Excel-kaaviossa oleva numero. Energiaa käytetään eri muodoissa, joten massiivinen sähköntuotanto ei tästä näkökulmasta ole välttämättä paras valinta, vaikka sähköstä saadaankin tehtyä tarvittaessa myös muita energiakantajia. Lisäksi, kun Barakahin kaltaiseen hyvin suunniteltuun ja toteutettuun projektiin yhdistetään pienemmille reaktoreille soveltuvat uudet teknologiat, kehittyneet valmistusmenetelmät ja sarjavalmistuksen edut, voidaan kustannuksia pudottaa edelleen. Mikäli esimerkiksi puhtaasta vedystä halutaan todellinen, kilpailukykyinen vaihtoehto fossiiliselle vedylle ja etenkin fossiilisille polttoaineille, tulee kustannusten pudota merkittävästi.

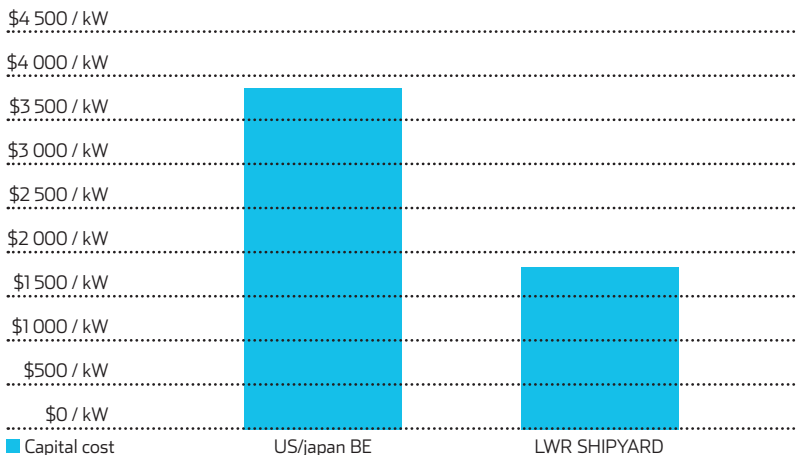
TELAKKAVALMISTEISET LAUTTAREAKTORIT

Yksi maalle rakennettavien ydinvoimaloiden iso kustannus johtuu juuri siitä, että ne rakennetaan ja kootaan suoraan loppukohteessa maalle, ulkona, osin hallitsemattomissa olosuhteissa ja siten, että valtaosa työntekijöistä ja toimitusketjuista tulee alueen ulkopuolelta tilapäisesti. Merkittävä kustannus on myös maalle sijoitettavien laitosten vaati-

mat mittavat betonivalut. Paikalleen rakentaminen onkin tuottavuudeltaan heikoin tapa tehdä isoja hankkeita – tosin se on usein myös ainoa vaihtoehto. Lentokenttää, ostoskeskusta tai metrotunnelia ei voi rakentaa valmiiksi tehtaalla tai telakalla ja asentaa sinne mihin se on kustannustehokkainta tehdä. Ydinvoiman kohdalla maalle rakentaminen ei kuitenkaan ole ainoa vaihtoehto.

Öljy- ja kaasuteollisuus, logistiikkayhtiöt ja risteily-yhtiöt ovat jo vuosikymmeniä rakennuttaneet telakoilla varsin isoja lauttoja ja laivoja. Ala on ylikapasiteetin vuoksi ollut kansainvälisesti rajusti kilpailtua, ja jatkuvat tuottavuusparannukset, uudet menetelmät ja työvoiman osaamisen ja toiminnan kehittäminen on telakoilla ollut käytännössä pakollinen, jokapäiväinen osa toimintaa. Telakoista onkin tullut tuottavuudeltaan parhaimpia paikkoja rakentaa isoja hankkeita.

Telakoilla voi rakentaa myös nimenomaan energiantuotantoon keskittyviä, ydinreaktoreita sisältäviä lauttoja tai aluksia, ja alustavien selvitysten mukaan tämä voi alentaa ydinvoiman rakentamiskustannuksia erittäin merkittävästi. Itse laitokseen liittyen, laitosten rakenteet keventyvät, betonia on vähemmän, maan muokkauksen kulut jäävät paljolti pois, ja sijoittaminen voidaan tehdä joustavammin ilman että paikalliset asukkaat ja yritykset häiriintyvät. Toisaalta myös itse rakentaminen vauhdittuu. Telakkaympäristö on tuottavuudeltaan verraton, sarjatuotanto jokapäiväinen asia, tiukka laadunvalvonta rakennettu sisäiseksi osaksi normaalia toimintaa ja työntekijät usein omaavat sekä syvää että laajaa osaamista omiin tehtäviinsä liittyen. Mikäli viranomaiset ja sääntely sen sallivat, sarjassa valmistettava lauttareaktori tarvitsee luvittaa ja lisensoida ydinteknologian osalta vain kerran. Myös rakentamisen valvonta helpottuu. Kolmas keino kustannusten alentamiseen on itse reaktorit, jotka voidaan suunnitella uudelleen telakkavalmistusta ja offshore-sijoittamista ajatellen, ja säästää siellä reaktorin rakentamis- ja materiaalikustannuksissa per tuotettu energiayksikkö.



Kuva 25: Telakkavalmistus voi pudottaa ydinvoiman kustannuksen alle puoleen verrattuna parhaisiin, sarjavalmistuksella saatuihin hintoihin.

Kuva: Lucid Catalyst 2020.

Yllä olevassa kuvassa havainnollistetaan kustannusten vähentämispotentiaalia siirryttäessä maalla tapahtuvasta sarjavalmistuksesta telakkavalmistukseen. Kaikkiaan, maalle rakennettavaan sarjatuotantomalliseen ydinvoimarakentamiseen verrattuna telakkavalmistus voi pudottaa laitoksien pääomakustannuksen alle puoleen. Yhden gigawatin lauttareaktorin hinta voi jäädä reilusti alle 2 miljardin, ja sarjatuotannossa hinta voi pudota tuosta edelleen. Kehittyneillä, uusilla ydinreaktoreilla hintaa on mahdollista pudottaa vielä alemmas. Mikäli yllä viitatus selvityksen löydökset pitävät edes osapuilleen paikkansa, on kyseessä puhtaan, luotettavan energiantuotannon vallankumous, joka tulee tapahtumaan ajan myötä jossain.¹² Suomen olisi viisasta ainakin katsoa tämä kortti huolella ja miettiä, minkä roolin haluamme tämän suhteen pelata.

YDINVOIMAA SIELLÄ, YDINVOIMAA TÄÄLLÄ

Minkälaista, kokoista ja mihin ydinvoimaa sitten pitäisi rakentaa? Tämä on oletuksien mukaan vaihtuva tilanne, ja riippuu myös siitä, mihin suuntaan teollisuuden projekteja ja prosesseja kehitetään. Tämän selvityksen sisään moinen analyysi ei kovin yksityiskohtaisella tasolla mahdu, mutta karkeat kokoluokat tiedämme, samoin meillä on aavistus siitä, millaisia energiamuotoja jatkossa tarvitsemme ja käytämme. Kaiken kaikkiaan uutta vuosituotantoa – sähköntuotannoksi muutettuna – tarvitaan 2020 ja 2050 välillä **karkeasti 130–180 TWh vuodessa**. Jos tämä tuotetaan 8000 tuntia vuodessa ajavalla energialähteellä kuten ydinvoimalla, kyseessä on karkeasti 16–23 gigawattia. Noin kolme gigawattia on nyt rakenteilla (OL 3 ja HA-1), ja osa tuotetaan varmasti muilla vähäpäästöisillä energialähteillä, kuten tuulella ja auringolla. Mutta kuten aiemmin selvityksessä todettiin, vaihtelevatuottoisen sähköntuotannon osuuden nostaminen useisiin kymmeneen prosentteihin sähkön vuotuisesta tuotannosta alkaa nostaa myös järjestelmäkustannuksia kiihtyvää vauhtia, eikä siten ole yhteiskunnan näkökulmasta enää järkevää – nämä kustannukset kun päätyvät jonkun maksettavaksi. Lisäksi esimerkiksi P2X polttoaineiden tekeminen – vaikka hyödynnettäisiin vain sellutehtaiden uusiutuvaan bioenergiaan perustuvia CO₂ virtoja – voi yksistään käyttää puhdasta sähköä yli 200 TWh vuodessa. Tämä LUT:in, ST1:n ja Wärtsilän julkaisuun liittyvä ”BioP2X” skenaario esitellään hieman jäljempänä omana kokonaisuutenaan, sillä se kääntää tarvittun puhtaan energian mittakaavan mittarit varsin uuteen asentoon.

Myös muu infrastruktuuri ja sen rakentaminen vaikuttaa suuresti. Miten liikenteen ja muiden sektorien sähköistyminen etenee? Miten Suomen teollisuus ja elinkeot kehittyvät? Miten Euroopan ja maailman päästökauppamarkkinat laajentuvat ja mitä tapahtuu päästöoikeuksien

hinnalle tulevina vuosina ja vuosikymmeninä? Miten EU suhtautuu jatkossa ydinvoimalla tehtyyn puhtaaseen vetyyn, verrattuna ”uusiutuvala energialla” tehtyyn vetyyn?

Näiden, ja muiden vielä vastaamattomien kysymysten varjossa tässä luvussa esitellään pääasialliset reitit ydinvoiman massiiviselle lisärakentamiselle Suomessa.

NYKYISTEN LAITOSALUEIDEN TÄYDENNYSRAKENTAMINEN

Nykyisille ydinvoimalaitoksille mahtuu nykysuunnitelmien ja käynnissä olevien projektien lisäksi vielä ainakin yksi reaktori kullekin. Alueilla olevat vanhemmat reaktorit kuitenkin kenties tulevat käyttöikänsä päähän 2050 paikkeilla.¹³ Mikäli näiden neljän vanhemman laitoksen käyttöikää jatketaan, vastaavat ne yhteensä noin kahta isoa reaktoria. Nykyisille laitosalueille täydennysrakentaminen saatavilla olevan tilan puitteissa on todennäköisesti järkevää, sillä olemassa olevalle laitosalueelle rakentaminen on normaalisti edullisempaa ja helpompaa kuin uuden laitosalueen luvittaminen ja rakentaminen. Toisaalta, olisi oppimisen ja siitä saatavien kustannussäästöjen kannalta hyödyllistä rakentaa samoja reaktoreita ja käyttää rakentamiseen mahdollisimman pitkälle samoja tiimejä ja toimitusketjuja ja tehdä siten myös tarjouspyynnöt yhdessä, mikä vaatisi aivan uudentasoista yritysten välistä yhteystyötä ja koordinointia.

Rakentamalla Loviisa 3, Olkiluoto 4 ja Hanhikivi 2 saadaan rakennettavista reaktoreista riippuen noin 30–35 TWh vuosituotantoa. Tämä korvaa noin puolet poistuvasta kapasiteetista/tuonnista, ja vajaan neljänneksen nykyskenaarioiden mukaisesta kokonaistarpeesta.

UUDET ISOT LAITOSALUEET

Yhdellä laitosalueella Suomessa on kaavoitettu tilaa normaalisti 2–4 reaktoriyksikölle, joskin vanhemmissa kaavoissa reaktoreita oli kaavailtu nykyisille laitosalueille useampiakin. Maailmalla, esimerkiksi Kiinassa, isoimmissa laitoksissa on kuudesta kahdeksaan isoa reaktoria. Arabiemiraatteihin rakennettu Barakahin voimalaitos sisältää 4 kpl 1400 MW reaktoriyksikköä, ja vuosituotantoa niistä saadaan noin 45 terawattituntia. Yksi neljän ison yksikön uusi laitosalue voisi siis tuottaa reilun neljänneksen, jopa kolmanneksen, uudesta tarpeesta.

Isolle laitosalueelle voi toki rakentaa myös pieniä reaktoreita, ja se saattaa olla jopa järkevää. Yksi laitosalue voisi tällöin sisältää 10–20 noin 300 MW tehoista reaktoria, jolloin päästäisiin hyödyntämään todellista sarjassa rakentamista ja tekemällä oppimista. 20 kpl 300 MW reaktoria vastaa neljää isoa, 1500 MW reaktoria. Kymmenien pienreaktoreiden valmistaminen ja asentaminen Suomeen puoltaisi niiden merkittävän valmistuskapasiteetin rakentamista Suomeen, josta reaktoreita voitaisiin jatkossa valmistaa myös vientiin.

Kun mukaan lasketaan kasvava tuulivoima, täydennysrakentamalla nykyiset laitosalueet ja lisäämällä kaksi uutta laitosaluetta hoidettaisiin laskennallisesti tuleva puhtaan sähkön tarve lähes kokonaan. Tarvitsemme kuitenkin muutakin puhdasta energiaa kuin sähköä, ja vaikka sähköstä voidaan tehdä melkein mitä tahansa muuta, ei se ole välttämätöntä kustannustehokkainta.

PAIKALLINEN PROSESSILÄMPÖ, KAUKOLÄMPÖ, SÄHKÖ JA VETY

Isompien kaupunkien kaukolämpö sekä teollisuusalueiden prosessihöyryn ja vedyn tarve on järkevää hoitaa paikallisesti, pienemmillä tarkoi-

tukseen sopivilla reaktoreilla. Tarvetta on, hieman oletuksista riippuen, kymmenille mini- ja pienreaktoreille. Osa näistä voi tuottaa pelkästään kaukolämpöä, ja osalla voidaan tuottaa yhteistuotantona sähköä, kaukolämpöä, prosessihöyryä ja vetyä tarpeiden mukaan. Pelkkää kaukolämpöä tuottavat reaktorit voivat olla halvempia, mutta eivät vastaa kaikkeen tarpeeseen. Sähköä ja lämpöä yhteistuotantona tuottavat reaktorit kelpaavat hyvin myös kaukolämmön tuottamiseen, mutta niiden hinta voi olla korkeampi. Tilausta voi siis olla ainakin kahdentyyppisille pienreaktoreille, mutta toisaalta kovin monia erilaisia malleja ei välttämättä kannata ruveta rakentamaan, jos se voidaan välttää.

Mitä huolellisemmin eri kaupunkien ja teollisuuspuistojen tarpeet kartoitetaan ja hankkeet koordinoidaan, sen fiksummin, nopeammin ja edullisemmin saamme kokonaisuuden tehtyä, ja sitä enemmän meillä on arvokasta osaamista myös vientimarkkinoille. Tässä esimerkiksi laaja poliittinen hyväksyntä on ensiarvoisen tärkeää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta emme päädy taistelemaan samoja taisteluita ja keksimään samaa pyörää yhä uudestaan yksittäisten hankkeiden kanssa. Laajaa ydinvoimahankkeiden koordinaatiota eri yritysten ja toimijoiden kesken ei yksinkertaisesti voi tehdä kovin pitkälle, mikäli sille ei ole selkeää poliittista mandaattia. Poliittisen mandaatinkin kanssa yritysten laaja yhteistyö on monista syistä, esimerkiksi kilpailuasetelmasta johtuen, usein nihkeää.

Kaukolämpö voitaisiin puhdistaa päästöistä hyvin pitkälti esimerkiksi VTT:llä suunnitteilla olevilla minikokoisilla lämmitysreaktoreilla, joita voisimme valmistaa Suomessa. Koska pienikokoisetkin reaktorit ovat moniin kaukolämpöverkkoihin varsin isoja, jäisi myös lämpöpumpuille, metsäteollisuuden sivuvirroille ja energiapuulle sekä muille ratkaisuille runsaasti tarvetta. Pääasiallinen kohde olisi isommat, lähinnä fossiilisia ja turvetta merkittäviä määriä käyttävät kaukolämpöverkot, joita on Suomessa jokunen kymmen.

Sähköä ja höyryä tuottavia pienreaktoreita tarvitaan teollisuuden

prosessien puhdistamiseen. Esimerkiksi Nesteen Porvoon jalostamo ja sen ympärillä oleva alue on Suomen suurimpia yksittäisiä päästölähteitä, sillä prosesseissa poltetaan fossiilisia polttoaineita ja jalostamon tarvitsema vety valmistetaan pääosin maakaasusta. Sähköä ja lämpöä joustavasti tuottavat pienreaktorit ovat toisaalta arvokkaita myös sähköverkon tulevan vakauden varmistajina, kun esimerkiksi vaihtelevatuotoksen tuulivoiman osuus verkossa kasvaa.

TELAKKAVALMISTEISET OFFSHORE-VOIMALAT

Riippuen siitä, miten nopealla aikataululla telakoilla voidaan siirtyä valmistamaan lauttavoimaloita, niillä voidaan hoitaa merkittäväkin osa erilaisista energia tarpeista hyvinkin kustannustehokkaasti. Periaatteessa telakkavalmisteisilla lauttavoimaloilla on merkittävästi suurempi potentiaali kustannusten pienentämiseen verrattuna maalle rakennettuihin laitoksiin, mutta niihin liittyy toistaiseksi paljon ennakkoluuloja, vastaamattomia kysymyksiä ja regulaatiokysymyksiä, sillä lauttareaktorit eivät ole toistaiseksi juuri julkisessa keskustelussa viivähtäneet. Niiden valmistamisen aloittamiseen Suomessa voi siis mennä viisi vuotta, tai viisitoista vuotta, tai sitten emme aloita niiden potentiaalin selvittämistä koskaan ja ostanne ne kenties tulevaisuudessa vaikkapa Etelä-Korean telakoiden valmistamana.

Rannikolle tai aivan rannan läheisyyteen sijoitettuna niillä voidaan tehdä pelkkää sähköä tai sähkön ja kaukolämmön yhteistuotantoa, joka voidaan siirtää muutaman kilometrin päässä olevaan isompaan rannikkokaupunkiin ja/tai valtakunnan sähköverkkoon. Myös rannikolla olevien teollisuuspuistojen prosessihöyry voidaan esimerkiksi tehdä rannan tuntumassa olevilla lauttareaktoreilla.

Lisäksi puhtaan vedyn tuotanto lauttavoimaloissa voi osoittautua kustannustehokkaaksi. Yhdelle isolla lautalle voi mahtua 1–4 reaktoria,

koon mukaan, ja lautan kokonaisteho voi olla esimerkiksi 0,5 tai 1.5 gigawatin välillä, riippuen lautan koosta ja sille sijoitettavista reaktoreista. Sinänsä reaktoriteknologia voi olla joko soveltuvat kevytvesilaitos tai jokin kehitteillä olevista teknologioista, kuten sulasuola tai kaasujäähdytteinen malli. Kevytvesireaktorilla päästään selkeästi nopeammin alkuun monestakin syystä – reaktorit ovat valmiimpia, osaaminen, regulaatio ja polttoaineketjut jo olemassa ja niin edelleen.

Lisäksi lautalle voidaan asentaa synteettisten polttoaineiden valmistuksessa tarvittavat prosessilaitteet, kuten elektrolyysarit ja synteesilaitteistot. Näidenkin kustannuksia tehokas telakka-asennus ja integraatio voi laskea. Elektrolyysi puolestaan tuottaa kaukolämmöksi (tai meriveden suolanpoistoon) soveltuvaa hukkalämpöä, minkä ohjaaminen hyötykäyttöön voi parantaa kokonaisuuden kannattavuutta.

Telakka-valmisteiset lauttavoimalat ovat potentiaaliltaan parhaimpia reittejä puhtaan vedyn ja hiilineutraalien polttoaineiden mahdollisimman kustannustehokkaaseen tuotantoon. Koska P2X polttoaineiden tuotanto on potentiaaliltaan niin suuri, se on järkevää ajatella muusta sähköverkosta erillisenä kokonaisuutena.

BIO-POHJAISESTA HIILIDIOKSIDISTA LIIKENNEPOLTTOAINEITA

Lappeenrannan Teknillisen Yliopiston (LUT), ST1:n ja Wärtsilän julkaisemassa selvityksessä syksyiltä 2020 haarukoitiin Suomen mahdollisuuksia tuottaa liikenteen nestepolttoaineita käyttäen hyväksi nykyisten isojen bio- ja fossiilienergiaa käyttävien laitosten savukaasuja, joista hiilidioksidin talteenotto on helpompaa ja halvempaa kuin ilmakehästä. Suurin osa fossiilisen hiilidioksidin lähteistä on poistumassa kivihiili- ja kaasu- ja kaasutehtaiden piipuista tulevia hiilidioksidivirtoja on niitäkin varsin mittavasti, noin 24 miljoonaa tonnia vuodessa. Lisäksi nämäkin lähteet ovat

varsin keskitettyjä, sillä kymmenen suurinta laitosta tuottavat 85 % päästöistä. Ne riittäisivät kattamaan selvityksessä arvioitun Suomen 2040 liikenteen (päästöt noin 13 miljoonaa tonnia) yli puolitoistakertaisesti. Mikäli liikenne sähköistyy raportissa oletettua voimakkaammin, vientiin päätyvä osuus kasvaa entisestään, ja hiilineutraaleille polttonesteille löytyy kyllä maailmalta kysyntää, vaikka oma kysyntä pienenisikin.

Hiilidioksidi on huono lähtöaine

Palanut hiili, eli hiilidioksidi, on P2X-polttoaineiden valmistamisen kannalta huono lähtöaine. Hapen erottaminen hiilestä vie runsaasti energiaa. Hiilidioksidin käytöllä olisi kuitenkin se hyvä puoli, että tällöin esimerkiksi sellutehtaiden pitkälle integroituihin prosesseihin ei tarvitse puuttua, vaan riittää että prosessien lopussa, savupiipun päässä, otetaan hiilidioksidivirta talteen.

Polttonesteitä olisi helpompi tehdä nykyisten laitosten sivu- ja jätevirroista, joissa hiili on helpommin hyödynnettävässä muodossa. Esimerkiksi mustalipeä, joka nyt poltetaan soodakattilassa energiaksi laitoksen käyttöön, taipuisi varsin hyvin lentokerosiiniksi. Tällöin kuitenkin arvokkaat katalyytit, jotka nyt saadaan soodakattilan avulla talteen ja kierrätettyä, pitäisi kerätä jotenkin muuten, ja laitoksen prosessit menisivät tältä osin uusiksi. Eikä kukaan halua lähteä sotkemaan toimivia prosesseja, jos ei ole aivan pakko. Seuraavan sukupolven biotuotetehtaita voisi kuitenkin miettiä myös siltä kantilta, että mikä olisi kustannusoptimi ja päästöjen vähentämisipotentiaali, jos nyt suoraan energiakäyttöön meneviä sivuvirtoja käytettäisiinkin biopolttoaineiden raaka-aineeksi yhdessä puhtaan vedyn kanssa, ja laitoksen prosessien vaatima höyry ja sähkö tuotettaisiin vaikkapa pienreaktorilla. Yksi potentiaalinen teknologia on Fortumin Intiassa jo pilotoima Organosolv -menetelmä.

Selvitys kaavaili, että perusuran (BAU) ja bio-pohjaisen hiilidioksidin käyttäminen liikennepolttoaineisiin tulisi vaatimaan varsin mittavasti uutta puhdasta sähköntuotantoa, noin 240 terawattituntia vuodessa, tai noin kolminkertaisesti nykyinen sähkönkulutus (86 TWh). Kaikkiin tämä vaatisi selvityksen mukaan noin 11 000 ison, 150 metrin napakorkeuden ja nimellisteholtaan 5 megawatin tuulimyllyn pystyttämistä Suomeen seuraavan 20 vuoden aikana. Kun vuodessa pystytettäisiin noin 550 tuulimyllyä, näkisi jokainen arkipäivä kahden uuden, massiivisen tuulivoimalan käynnistyvän. Tämän jälkeen, tuulimyllyjen vanhentuuessa noin 25 vuoden iässä, rakennustahdin tulisi pysyä miltei vastaavana jatkossakin, mikäli vanhenevat myllyt halutaan vaihtaa uusiin. Mittakaavaa tuomaan, vuonna 2019 Suomessa asennettiin 56 tuulivoimalaa, joten tähän nähden vauhti pitäisi kymmenkertaistaa ja myllyjen koonkin kasvaa merkittävästi.

Mikäli tuulimyllyjä saataisiin pystytettyä yhtä tiheästi mitä esimerkiksi yhdessä brittien tuoreimmassa isossa Dogger Bankin meritulivoima-hankkeessa¹⁴, pitäisi tuulipuistoille varata noin 2.3 miljoonan hehtaarin pinta-ala – joskin rajoitettua toimintaa alueella voisi jäädä, kuten maanviljelyä ja metsätaloutta (mutta ei asutusta). Vertailun vuoksi, Uudenmaan maakunnan pinta-ala on 0,9 miljoonaa hehtaaria. Selvitys olettaa, että voimaloiden keskimääräinen kapasiteettikerroin olisi poikkeuksellisen korkea, 49 %. Tällä hetkellä Suomen tuulivoimaloiden keskimääräinen kapasiteettikerroin noin 33 %, ja uusimmat, isommat voimalat pääsevät jopa yli 40 % kertoimeen. Parhaita rakentamiselle soveltuvia tuulialueita on kuitenkin rajallisesti, jonka lisäksi niillä voi olla jo muuta toimintaa, kuten asutusta. Lisäksi parhaista tuulialueista kilpailee sähköverkkoon toimitettava tuulisähkö, joka myös hyöttyy hyvisistä ja tasaisista tuulioloista.

Selvityksessä esitellyn skenaarion mittakaavat ovat huikeat, mutta toisaalta ne ovat rinnasteisia ongelman mittakaavaan. Entä jos sa-

man tekisi ydinvoimaloilla tai vaikkapa merelle sijoitettavilla lauttarektoreilla? Vaadittu pinta-ala putoaisi karkeasti tuhannesosaan, ja sekin voitaisiin tarvittaessa sijoittaa muutama kilometri rannikolta merelle. Elektrolyysereitä voisi käyttää täydellä teholla lähes jatkuvasti, mikä parantaisi niiden taloudellisuutta ja vähentäisi tarvittavien elektrolyysereiden määrää merkittävästi. 240 terawattitunnin sähköntuotantoon tarvittaisiin laskennallisesti noin 20 Olkiluoto 3 -tyyppistä ydinvoimalaa – siis keskimäärin yksi valmistuisi joka vuosi, jotta urakka olisi valmis selvityksen aikataulussa eli vuoteen 2040. Koska modernien isojen ydinvoimaloiden arvioitu käyttöikä on yli kolminkertainen tuulivoimaloihin nähden, 80–100 vuotta, olisi laitosten uusimisen tarve huomattavasti maltillisempi.

Vaihtoehtoisesti tarvittaisiin noin 30 yhden gigawatin kokoista laitosta, jollaisen voisi sijoittaa isolle lautalle muun tarvittavan laitteiston (elektrolyysarit jne.) kanssa. Isohko telakka kykenee valmistamaan 1–2 isoa laivaa tai lauttaa vuodessa, joten kyseinen urakka on tehtävissä jo nykyisillä telakoillamme, varsinkin mikäli risteilyalusten kysyntä jää pysyvästi heikommaksi. Offshore-voimaloiden käyttöikä jäänee maalle rakennettavia lyhyemmäksi johtuen olosuhteista, mutta toisaalta ne ovat materiaalitehokkuudeltaan paljon maalle rakennettavaa ydinvoimaa parempia ja todennäköisesti voidaan purkaa ja kierrättää helpommin.

Avoimeksi kysymykseksi jäisi, missä synteettiset polttoaineet kannattaisi tehdä. Siirretäänkö sähkö sellutehtaiden lähistölle elektrolyysereitä varten, sijoitetaanko elektrolyysarit ydinvoimalan läheisyyteen ja siirretään vety putkea pitkin, vai rakennetaanko sellutehtaalta putki hiilidioksidin siirtoon ydinvoimalalle/elektrolyysereiden luokse, jossa siitä tehdään polttonesteitä? Joka tapauksessa energiansiirtokapasiteettia ja infrastruktuuria tarvittaisiin todennäköisesti huomattavasti vähemmän kuin tuulivoiman kanssa, sillä LUTin selvityksessäkin voimat jakautuvat muutamille eri alueille Suomessa, jotka eivät ole kovin lähellä sellutehtaita.

Ydinvetä ja tuulivetä eivät tietenkään ole toisiaan poissulkevia vaihtoehtoja. Koska tarve puhtaalle vedylle on mittava ja sen tuotantokustannus on ensiarvoisen tärkeä tekijä siinä, mihin käyttökohteisiin puhdas vetä ja P2X polttoaineet yltyvät fossiilisia polttoaineita korvaamaan, on vaihtoehtojen kustannukset arvioitava huolella. Ydinvoimaan perustuvalla tuotannolla on pari tärkeää etuä tähän liittyen: sillä voidaan ajaa elektrolyysereitä 24/7 täydellä teholla, ja lisäksi ydinvoimalla on merkittävästi tilaa parantaa kustannustehokkuuttaan. Tuulivoimalla etuina on heläkäätinen kohtelu esimerkiksi nykyisissä EU:n direktiivien vihreän vedyn määritelmisä siinä missä ydinvetä on koettu ongelmallisemmaksi.

LUTin selvitys ottaa mittakaavassaan kohtalaisen etukenon. Sen parasta antia onkin mittakaavojen tuominen selkeästi esille, ja sen selvittäminen, miten paljon energiaa tarvitaan biopohjaisten hiilidioksidi- virtojen hyödyntämiseen ja paljonko niillä saataisiin synteettisiä polttoaineita. Euroopan Komission esittämässä vetystrategiassa Eurooppaan kaavaillaan vuoteen 2030 mennessä 40 GW elektrolyyserikapasiteettia. Se, miten paljon tällä kapasiteetilla saadaan tuotettua puhdasta vetyä, riippuu energian lähteestä – ydinvoimalla määrä on karkeasti kaksinkertainen tuulivoimaan nähden. Esimerkiksi Ranska on ilmoittanut, että se aikoo käyttää valtavaa ydinvoimakapasiteettiaan puhtaan vedyn tuotantoon jatkossa.¹⁵ Siinä missä EU:n direktiiveissä ydinvetä ei tällä hetkellä olla laskemassa ”vihreäksi” esimerkiksi sekoitevelvoitteita ajatellen, saattaa tämä jatkossa Ranskan painostuksesta muuttua. Myös Fortum on ilmaissut, että ydinvedyn ”unohtuminen” vetystrategiasta on pettymys.¹⁶ Pahimmillaan ydinvedyn blokkaminen pois esimerkiksi sekoitevelvoitteista estää sen tuotannon käynnistämistä, mikä olisi EU:lta jälleen yksi ilmastomuutoksen hillintää vaikeuttava ja hidastava päätös. Sekoitevelvoite kun pitää tällöin täyttää jollain muulla tavalla, ja yritysten investoinnit keskitetään silloin siihen – riippumatta siitä, mikä olisi kustannustehokkain tapa.

Kuten on käynyt ilmi, valtiolla ja muilla julkisen sektorin toimijoilla on monessa kohdassa tärkeä rooli, kun määritellään sitä, miten ja millä ongelmiamme ratkaistaan.

AIKATAULU

Tehtiinpä urakka millä hyvänsä yhdistelmällä eri teknologioita, se on historiallisestikin katsottuna mittava. Aikaa on noin 30 vuotta ja rakennettava puolestaan noin 150 TWh (+/- 30 TWh) uutta tuotantokapasiteettia, eli keskimäärin tarvitsemme 5 TWh uutta tuotantoa per vuosi, joka vuosi. Ydinvoimalla toteutettuna tämä tarkoittaa laskennallisesti noin 600 MW tehoa per vuosi, tai esimerkiksi Hanhikivelle tulevan 1200 MW:n kokoisen reaktorin valmistumista joka toinen vuosi. Jos rakennusaika olisi esimerkiksi 8 vuotta per laitos, tulisi samaan aikaan olla käynnissä neljä rakentamishanketta, jatkuvasti. 1970-luvun puolivälissä, kun Suomeen rakennettiin Loviisa 1 ja 2 sekä Olkiluoto 1 ja 2 reaktoreita, meillä oli neljä rakennushanketta käynnissä samanaikaisesti parin vuoden ajan.

Aikataulu ei ole tiukka pelkästään Suomessa. Ruotsin tilanteesta tehtiin äskettäin laaja skenaarioselvitys.¹⁷ Myös Ruotsin yhteiskunta pyrkii sähköistymään voimakkaasti, ja sielläkin on tiedossa erittäin mittava urakka, sillä uutta kapasiteettia tarvitaan karkeasti samassa mitassa kuin Suomessa. Ruotsin vesivoimavarat ovat Suomeen nähden moninkertaiset, joten siellä edullisin vaihtoehto skenaarioselvityksessä oli karkeasti kolmannes vesivoimaa, kolmannes tuulivoimaa ja kolmannes ydinvoimaa. Tällä hetkellä ydinvoiman puolustajat ovat Ruotsissa kuitenkin vielä vähemmistössä, saati että vakavasti puhuttaisiin uusien ydinvoimaloiden rakentamisesta. Tilanne voi siis olla jotain ihan muuta kuin selvityksessä esitetty kustannusoptimi.

Ruotsin toimilla on suuri merkitys myös Suomen kannalta. Monet ajattelevat, että käytämme tulevaisuudessa Ruotsin sähkönsiirtoyhteysiä tasapainottamaan omaa tuulivoiman tuotantoamme. Ruotsissa taas on syntymässä tarve nojata Norjan vesivoimaan yhä enemmän. Nettotuonti Ruotsista Suomeen on kuivumassa skenaarion mukaan vuoteen 2030 mennessä.

Rakenteilla on nyt kaksi hanketta, Olkiluoto 3 ja Hanhikivi 1. Seuraavat hankkeet, mitä ne sitten ovatkin, on syytä suunnitella ja koordinoida huomattavasti paremmin, jotta sarjassa rakentamisen ja sarjavalmistuksen edut saadaan hyödynnettyä ja osaamis pohjaa rakennettua toimijoille ja toimitusketjuille. Kaukolämpöreaktorit, telakkavoimalat, pienreaktorit teollisuuden yhteyteen ja isot voimalat voivat kaikki edetä rinta rinnan. Myös riittävä osaaminen ja työvoima on koulutettava nyt, jotta sitä on 5 ja 15 vuoden päästä tarjolla. Niinpä myös yliopistojen, tutkimuslaitosten ja julkisen sektorin on aloitettava aktiiviset toimet.

Vuosikymmeniä ydinvoiman roolia puhtaan energian tuottajana on puheissa ja strategioissa vähätelty. Skenaarit ja tiekartat kasataan yleensä oletuksella, että ydinvoimaa ei kukaan rakenna lisää, koska se tarvitsee poliittisen luvan. Työ- ja elinkeinoministeriön energiaosasto kokee, että he eivät voi sanoa mitään varsinaisesti myönteistä ydinvoimasta saati edistää sitä mitenkään, vaan pelkästään ”mahdollistaa” sen käyttö ja rakentaminen. Miksi ydinvoimaa tulisi kohdella eri tavoin kuin muita energialähteitä, joita on vuosien saatossa edistetty sadoilla miljoonilla ja hyvin myönteisellä suhtautumisella? Jos Suomen valtion tavoite on dekarbonisoida yhteiskunta mahdollisimman kustannustehokkaasti, niin kaikkia puhtaita energianlähteitä on syytä edistää kutakuinkin yhtä vahvasti, tasaiselta pelikentältä.

Ydinvoimalan rakentaminen alusta loppuun vie kauan. Se ei kui-

tenkaan ole syy olla rakentamatta ydinvoimaa, vaan se on syy alkaa suunnittelemaan ja valmistelemaan useampia limittäin tehtäviä hankkeita hyvissä ajoin, jotta valmista tulee mahdollisimman nopeasti. Jos istumme käsiemme päällä vielä vuosikymmenen tai kaksi ja voivottelemme, kuinka hidasta rakentaminen on sitten kun joskus sen aloitamme, niin heräämme vuonna 2050 tilanteesta, jossa lähes kaikki pyörii edelleen (hupenevilla ja kallistuvilla) fossiilisilla ja Suomen teollisuus on siirretty muihin maihin. 1980-luvun alussa meillä oli mahdollisuus rakentaa Helsingin kaukolämmitys silloin tarjolla olleilla SECURE-reaktoreilla. Päätimme jättää sen tekemättä ja polttaa fossiilisia, ja nyt kipuillemme saman kysymyksen äärellä uudestaan. 1990-luvun alussa meillä oli mahdollisuus rakentaa Olkiluoto 3 silloin tarjolla olevalla teknologialla ja vielä olemassa olevilla toimitusketjuilla ja osaamisella, mutta Matti Vanhasen ponsi kaatoi periaateluvan eduskunnassa. Seurauksena rakennettiin vähin äänin Meri-Porin kivihiihivoimala ja päästettiin miljoonia tonneja hiilidioksidia, ja samalla koko Pohjolan ydinvoimasektori ajettiin alas. Tämän seurausta voimme katsella Olkiluoto 3:n nykyisessä tuskaisessa ja hitaassa taipaleessa.

Nyt tehtäviä päätöksiä, tai niiden puutetta, tullaan 20 tai 30 vuoden päästä jossittelemaan samalla tavalla: oi jospa olisimme silloin tajunneet tarttua toimeen, niin nyt olisi paljon parempi tilanne. Meillä voi 5–10 vuoden päästä olla rakenteilla useita ydinvoimahankkeita joista monet ovat 15 vuoden päästä valmiita ja uusia on rakenteilla, kunhan kysyntää puhtaalle sähkölle ja lämmölle on. Meillä voi 10 tai 20 vuoden päästä olla Suomessa uusi teollisuudenala, joka valmistaa hiilineutraaleita polttoaineita valmistavia lauttavoimaloita kansainvälisille markkinoille, mutta ainoastaan jos nyt päätämme lähteä ajamaan asiaa tosissaan. Jos hoemme, että nyt on pakko ja nyt täytyy tehdä jotain heti tänään, niin tulevien merkittävien toimenpiteiden suunnittelu ja valmistelu voi jäädä tekemättä. Ja silloin jäävät tekemättä myös toimenpiteet.

Elokapinan ja muiden hyvää tarkoittavien ilmastoaktivistien vaatimukset jopa kymmenien prosenttien päästövähennyksistä vuosittain, alkaen heti, ovat epärealistisia, vaikka ne olisivat kuinka tarpeellisia ja ilmastotutkimukseen perustuvia. Emme voi vähentää päästöjä vain lakkaamalla toimimasta, koska yhteinen yhteiskuntamme ei moista kestä eikä siihen taivu. Se on vähän kuin vähentäisi päästöjä pidättämällä hengitystä: hetken menee ihan hyvin, mutta sitten tulee huono olo, pato murtuu ja päästöt kasvavat takaisin. Päästävä toiminta pitää korvata vähäpäästöisellä, ja se vaatii uutta infrastruktuuria. Vaaditun infrastruktuurin ja valmistuskapasiteetin suunnitteleminen ja rakentaminen taas vie vuosia, mutta kun se on paikallaan, alkavat päästötkin vähentyä nopeasti – ilman että ajamme yhteiskunnan toiminnot alas. Nyt ilmastosta huolissaan olevat nuoret aikuistuvat, ja löytävät taantuvan Suomen sijaan elinvoimaisen ja hyvinvoivan Suomen, jolla on pienen hiilijalanjäljen lisäksi iso hiilikädenjälki.

Hiilikädenjälki?

Siinä missä hiilijalanjäljellä kuvataan henkilön tai maan päästöjä, hiilikädenjälki kuvaa sitä päästöjä vähentävää vaikutusta, joka henkilöllä, yrityksellä tai maalla voi olla muihin. Vaikka siis Suomessa tehtäisiin vähäpäästöisiä polttoaineita vientiin, ja niiden elinkaaripäästöt päätyvät Suomen omiin päästöihin, voivat nämä polttoaineet ulkomailla korvata fossiilisia polttoaineita ja vähentää päästöjä kohdemaassa merkittävästi enemmän, mitä niiden tuotannon elinkaaripäästöt ovat Suomessa.

YHTEENVETO

Moderni yhteiskunta käyttää ja tarvitsee monenlaista energiaa; sähköä, lämpöä, prosessihöyryä ja liikennepolttoaineita. Erikokoisilla ydinvoimaloilla niiden tuottaminen puhtaasti on todennäköisesti kustannus-

tehokkainta, sillä tuotantolaitoksia ja tehtaita voidaan ajaa 24/7 ja höyry sekä lämpö tuottaa kustannustehokkaasti suoraan reaktorilla, toisin kuin tuulivoimaan vahvasti perustuvalla tuotannolla. Jotta kustannustehokkuus saavutetaan, on ydinvoimalat kuitenkin syytä suunnitella ja rakentaa aivan eri lähtökohdista kuin kaksi viimeisintä isoa laitostamme. Sarjatyönä järkevästi rakentaminen on tehokkain tapa pudottaa ydinvoiman rakentamiskustannuksia. Toinen tapa on siirtää rakentamisprojekti maastossa tapahtuvasta paikalleen rakentamisesta mahdollisimman pitkälle korkeamman tuottavuuden ympäristöön, esimerkiksi telakalle. Kolmas keino on pitää kustannustehokkuus tärkeänä suunnitteluperusteena sekä reaktorisuunnittelussa että projektisuunnittelussa ja tarjouspyynnöissä.

Kaukolämmön tuotantoon soveltuvat minikokoiset (alle 100 MW lämpötehoa) ja yksinkertaiset lämpöreaktorit, jollaisia Suomessa jo suunnittelevat VTT ja LUT yliopisto. Isompiin kaupunkeihin voi mahduttaa myös hieman kookkaammat sähkön ja lämmön yhteistuotantoon sopivat pienreaktorit. Näillä voidaan tuottaa myös teollisuuspuistojen vaatimaa energiaa; sähköä, prosessihöyryä ja puhdasta vettä.

Ison mittakaavan sähköntuotantoon voidaan täydennysrakentaa nykyiset laitosalueet, johon mahtuu ainakin yksi iso lisäreaktori kuhunkin. Lisäksi tarpeen täyttämiseksi Suomeen mahtuu 1–2 uutta isoa laitosaluetta. Jotta isojen laitosten kohdalla päästään nauttimaan tekemälä oppimisen hyödyistä, on hankkeet syytä suunnitella ja koordinoida huolella eri toimijoiden välillä, ja kasata samalla osaava tiimi ja hankintaketjujen klusteri joka toteuttaa useamman hankkeen peräjälkeen. Tämä osaaminen voi jatkossa olla myös hyvä vientiartikkeli.

Osin isojen laitosten vaihtoehtona sähkön tuotantoon, osin mahdollisuutena kustannustehokkaan vedyn ja P2X-polttoaineiden tuotantoon ja rannikkokaupunkien lämmittämiseen on syytä selvittää myös telakkavalmisteisten offshore lauttavoimaloiden valmistamista sar-

jatuotantona Suomen telakoilla. Näiden etuna on telakkaympäristön huomattavasti korkeampi tuottavuus ja kustannustehokkuus, joka luo suuren potentiaalín rakentamiskustannusten pudottamiseen, helpompi sijoittaminen sekä se, että jatkossa kokonaisia voimalaitoksia voidaan valmistaa ja viedä myös muihin maihin. Iso telakka voi saada valmiiksi 1–2 isoa lauttaa vuodessa.

- 1 https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa
- 2 <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018/> kts. luvut 7-10.
- 3 Tulistamisessa höyryn lämpötilaa nostetaan esimerkiksi sähköllä tai polttamalla kaasua. Tulistaminen vie suhteessa vähän energiaa verrattuna siihen, että vesi pitäisi ensin keittää vedestä vesihöyryksi.
- 4 EPR tulee sanoista European Pressurized Reactor, suomeksi eurooppalainen painevesireaktori.
- 5 ABWR = Advanced Boiling Water Reactor eli kehittynyt kiehumusvesireaktori ja ESBWR on Economic Simplified Boiling Water Reactor, eli taloudellinen yksinkertaistettu kiehumusvesireaktori.
- 6 https://aris.iaea.org/Publications/SMR_Book_2020.pdf
- 7 www.world-nuclear-news.org/Articles/Cold-tests-completed-at-first-HTR-PM-reactor
- 8 Se esimerkiksi tarvitsee yleensä varsin korkealle rikastetun uraani-alkupanoksen käynnistykseen.

- 9 Taloudellisissa vertailuissa SECURE oli paras vaihtoehto
- 10 D. T. Ingersoll, C. Colbert, Z. Houghton, R. Snuggerud, J. W. Gaston and M. Empey, "Can Nuclear Energy and Renewables be Friends?" Proceedings of the 2015 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP 2014), Nice, France, May 2-6, 2015. <http://tinyurl.com/yaws7mcc>
- 11 Ottaen huomioon Suomen korkeamman kustannustason ja toisaalta sen, että oppimista tapahtuisi 12 reaktorin tai kolmen voimalaitoksen projektissa vielä tehokkaammin kuin Barakahin 4 reaktorin projektissa, voitaisiin hyvinkin päästä vastaavaan keskihintaan, allekin.
- 12 Esitetyt kustannustasoja ei ole saatu syntymään vain Excelin kenttien arvoja säätämällä, vaan taustalla on esimerkiksi Etelä-Korealaisen ison telakkayhtiön tekemä alustava kustannusarvio ja suunnitelma eräälle reaktorikehittäjälle.
- 13 Nykyisillä käyttöluvilla reaktorit operoivat vuosien 2027 ja 2030 loppuun asti (Loviisa 1 ja 2) ja vuoden 2038 loppuun (Olkiluoto 1 ja 2, jotka äskettäin saivat 20 vuoden pidennyksen). Vaikka Loviisan reaktoreille haettaisiin ja saataisiin 20 vuoden lisäaikaa, se loppusi toiseltakin reaktorilta vuonna 2050.
- 14 <https://www.sserenewables.com/offshore-wind/projects/dogger-bank>
- 15 <https://www.energiauutiset.fi/uutiset/ydinsahkolla-paastotonta-vetya.html>
- 16 Lainausmerkit ovat kirjoittajan, sillä on päivän selvää, että ydinvoima ei sieltä ole vahingossa unohtunut, vaan se on jätetty ulos Saksan ja muiden ydinvoimavastaisten maiden painostuksesta.
- 17 Ruotsinkielinen raportti on ladattavissa: <https://tinyurl.com/y2btvh95>

VALTIO JA YDINVOIMA

Valtion rooli ydinvoiman rakentamisessa ja operoinnissa on meillä kirjattu lakiin. Poliittinen periaatelupa pitää hakea ja saada ydinvoimahankkeille korkeimmalta auktoriteetilta, Eduskunnalta. Tämän periaateluvan saaminen osaltaan hillitsee poliittista riskiä, koska sen peruminen on käytännössä hyvin vaikeaa. ”Poliittisten tuulten” suunnan vaihtuminen ei johda yleensä kuin kärkevään retoriikkaan ja kenties asioiden hankaloitumiseen ja hidastumiseen.

Valtion roolia ydinvoimassa ei siis voi sivuuttaa, mutta toisaalta ei sitä pidäkään sivuuttaa, sillä se voi olla myös merkittävän positiivinen ja ulottua paljon periaatelupia laajemmalle. Tässä selvityksessä kuvattu kokonaisen teollisuushaaran synnyttäminen Suomeen on hankkeena niin iso, että valtio tulee sitäkin kautta varsin luontevasti mukaan kuviin. On syytä muistaa, että ilman valtion erittäin voimakasta panostusta vuosien ja vuosikymmenten saatossa ei meillä olisi tänä päivänä Nestettä, Outokumpua, Nokkia, Fortumia tai monia muita menestyviä kansainvälisiä yrityksiä.¹ Valtiolla on kyky ja hartioita tehdä pidemmän aikavälin linjauksia, joihin kvartaalitaloudessa elävillä yrityksillä ei uskallus ja riskinotto kyky riitä. Siinä missä yritysjohto pystyy katsomaan nykypäivänä yleensä maksimissaan muutaman vuoden päähän, on valtion mahdollista – ja luontevaa – katsoa vuosikymmenien päähän. Ilmastomuutoksen hillinnässä kyse on juuri tästä.

Valtion rooli tulee myös koulutuspolitiikan kautta. Mittava hanke vaatii onnistuakseen laajaa ydinenergia-alan osaamista ja paljon nykyistä enemmän koulutettua, osaavaa työvoimaa. Koulutuspolitiikassa tänään tehdyt linjaukset alkavat näkyä vasta vuosien päästä, joten aikailuun ei ole varaa. Alalle lähtevät nuoret tai uudelleen kouluttautujat haluavat myös voida luottaa siihen, että töitä ja kehittymismahdollisuuksia on jatkossakin. Tämä korostaa systemaattisen ja stabiilin politiikan roolia, mikä puolestaan vaatii laajapohjaisen poliittisen hyväksynnän.

Suomi on sitoutunut vahvaan ilmastopolitiikkaan, ja aihe esiintyy useimmissa johtavien poliitikkojen puheissa. Monen politiikon julkilausuma ilmastohuoli on kuitenkin yleisellä tasolla näkynyt varsin heikosti heidän suhtautumisessaan ydinvoimaan ja sen massiiviseen lisäämiseen, vaikka se onkin historiallisesti se tehokkain ja nopein keino vähentää päästöjä. Nopea vilkaisu vaikkapa vuoden 2019 eduskuntavaalikonevas-
tauksiin paljastaa, että monien ehdokkaiden mielestä Suomeen ei enempää ydinvoimainvestointeja tarvita, vaikka kuinka oltaisiin huolissaan ilmastosta. Lisäksi siinä missä monissa asioissa puolueiden äänestyksissä on käytössä puoluekuri, eli edustajien oletetaan äänestävän puolueen linjan mukaisesti, on ilmastomuutoksen hillitseminen ydinvoimalla jätetty kunkin edustajan ”omantunnon asiaksi.” Tämä voi kasvattaa poliittista riskiä. Olisi kuitenkin johdonmukaista, että vahvaan ilmastopolitiikkaan sitoutunut Suomi ja suomalaiset päättäjät olisivat sitoutuneet vahvasti myös edistämään tehokkaita päästövähennyskeinoja kuten ydinvoimaa. Päästöjen vähentäminen nolnaan vaatii mittavia toimia, tehtiin se millä tahansa tavoin. Ja nämä toimet vaativat sitoutumista myös valtiolta, etenkin kun kyse on politiikkaan muutenkin sidotusta ydinvoimasta.

YDINVOIMAPOLITIikka

Suomen sähkön, lämmön, liikenteen ja teollisuuden syvään dekarboni-

saatioon tarvittaisiin hakemukset ja luvat useille isoille ja kenties kymmenille pienemmille, erityyppisille reaktoreille eri tarkoituksiin. Po liittisesti vähänkään epävarmassa tilanteessa kukaan tuskin tulee edes ehdottamaan mitään vaaditun kaltaista. Tämä on toki ollut ydinvoimaa vastustavien pääasiallisia keinoja ydinvoiman hidastamiseen jo vuosikymmeniä niin Suomessa kuin muualla – ei tarvitse kuin luoda hie- man sopivaa epävarmuutta, ja hankkeita ei edes esitetä. Tämän jälkeen voidaankin nostaa kädet pystyyn ja sanoa, että ei ketään näköjään edes kiinnosta rakentaa ydinvoimaa.

Tarvittavan mittakaavan ja sen, mitä tänään voimme kuvitella mahdolliseksi, välillä on leveä kuilu. Tätä kuilua voi hahmottaa miettimällä, miten todennäköiseltä vaikuttaisi nykyisessä tilanteessa ydinvoimayhtiöiden tai uuden toimijan periaatelupahakemukset vaikkapa neljä isoa reaktoria sisältävän laitoksen rakentamisesta, parinkymmenen kaupungin lämmittämiseksi minireaktoreilla tai kahdenkymmenen telakkavalmisteisen ydinreaktorilla toimivan vedyntuotantolautan valmistamiseksi ja sijoittamiseksi Suomen rannikolle?² Voin tietysti olla väärässä arvioi- dessani tilannetta, mutta veikkaisin että ilman erittäin vahvaa etukäteistä neuvottelua ja vihreää valoa valtion taholta tällaiset hakemukset jäävät tekemättä – ja varsin hyvästä syystä, sillä lupahakemukseen vaadittu työ ja vaiva maksavat miljoonia ja poliittinen riski on melkoinen. Tämänkokoisia ilmastohankkeita Elokapina, koululakkolaiset ja muut uuden sukupolven ilmastoaktiivit kuitenkin käytännössä meiltä vaativat mielenosoituk- sissaan ja kirjoituksissaan, ja ilmaston kannalta he ovat vaatimuksissaan valitettavan lähellä oikeaa mittakaavaa. Tämän kokoluokan ilmastohank- keita vaaditaan myös hallitusohjelman tavoitteiden saavuttamiseen. Toi- saalta, vaikka meillä kuinka olisi kiire, ei yhteiskuntaa tai energiajärjes- telmää voi kuitenkaan uudistaa tuhoamalla sen toimintaedellytyksiä tai vain lopettamalla toimintaa ja työssäkäyntiä. Muutoksen täytyy olla kes- tävä myös taloudelliselta ja sosiaaliselta kannalta. Meidän tulee kiiruhtaa,

mutta suunnitelmallisesti ja järkevästi.

Nykyinen poliittinen ympäristö ja lainsäädäntö kuitenkin ohjaavat meitä ydinvoiman osalta vuosikymmenen tai kahden välein starttaaviin yksittäisprojekteihin. Aiemmin esitellystä Barakahin voimalaitosprojektista, ja ylipäätään standardoinnin eduista voi kuitenkin päätellä, että kovin monia erityyppisiä yksittäisiä ydinreaktoreita ei Suomeen kannata rakentaa. Tämä onkin nykyisen toimintaympäristön suurimpia heikkouksia: Koska aiheen ympärillä oleva politiikka on jo vuosikymmeniä ollut epävarmaa, eteneminen tehty hitaaksi ja lainsäädäntö sekä sääntely tarpeettoman jäykäksi ja monimutkaiseksi, hankkeet jäävät yksittäiseksi ponnistuksiksi vuosikymmenen tai kahden välein. Tämä tarkoittaa, että pääsemme joka projektissa aina ”aloittamaan alusta”, ja hinta sekä aikataulu on sen mukainen. Nykyinen järjestelmä ei tavallaan edes mahdollista kustannustehokasta ydinvoimarakentamista.

Tällainen poliittinen epävarmuus johtaa moniin suoriin ja epäsuoriin kustannuksia nostaviin vaikutuksiin. Ydinvoimayhtiöt poimivat eduskunnan periaatelupaa hakiessaan tai sen saadessaan senhetkisesti tarjonnasta yhden reaktorimallin saamiensa tarjousten pohjalta. Reaktoria ei kenties ole ennen rakennettu, ainakaan länsimaihin. Johtuen STUKin tiukoista ja paikoin poikkeuksellisista vaatimuksista, ja siitä että turvallisuusvaatimusten perusteet ja yksityiskohdat vaihtelevat yli-päätään eri maiden välillä, jokainen uudentyyppinen reaktori pitää käytännössä luvittaa ja osin jopa suunnitella yksittäiskappaleena. Tämä on pahimmillaan varsin mittava urakka muualla jo rakennetullekin laitos-tyyppille, kuten esimerkiksi Fennovoiman hankkeessa olemme nähneet. Käytännössä siinä jouduttiin tilanteeseen, jossa laitos piti ”suunnitella uudestaan” koska STUK ei hyväksynyt sitä tapaa, jolla laitos oli alkujaan suunniteltu, evoluutiona edeltäjästään.³ Ei siis ihme, että aikaa ja rahaa kuluu, ja hanke viivästyy.

Nykyiset ydinvoimahankkeemme ovatkin kalliita hyvistä syistä. Ne

ovat yksittäiskappaleita, usein ensimmäisiä laatuaan, joita on ruvettu rakentamaan vajavaisin suunnitelmin ja ilman kokeneita alihankinta- ja toimitusketjuja. Tähän tilanteeseen ajautumiseen on monia syitä, mutta ydinvoiman kohtelu politiikassa on yksi merkittävimpiä, sillä se vaikuttaa välillisesti tai välittömästi kaikkiin yllä mainittuihin.

Onneksi viime vuosina sekä äänestäjien että poliitikkojen suhtautuminen ydinvoimaan on kehittynyt myönteisesti, ja se nähdään nykyään merkittävänä osana Suomen päästövähennyksiä. Yksittäisiä ydinvoiman vastustajia lukuun ottamatta juuri mikään merkittävä taho ei vaadi julkisesti nykyisten voimaloiden sulkemista ennen aikaisesti, eikä myöskään jo luvan saaneiden projektien keskeyttämistä. Monet puolueet ovat lisänneet ohjelmiinsa esimerkiksi pienreaktoreiden mahdollisuuksien selvittämistä ja edistämistä koskevia lausuntoja, ja etenkin puolueiden nuorisojärjestöt ovat tuoneet asiaa esille.

Sen sijaan että voivottelemme sitä, miten kallista ydinvoimaa on ollut rakentaa, asialle pitää tehdä jotain. Tuulen ja auringon kustannuksia on saatu pudotettua monin poliittisin keinoin ja panostuksin, eikä ole syytä ajatella, että sama ei voisi onnistua myös ydinvoiman kohdalla. Vähennetään siis aktiivisesti ydinvoiman kustannuksia tarpeettomasti lisääviä tekijöitä – esimerkiksi poliittinen epävarmuus sekä lainsäädännön ja regulaation tietyt osat, jotka johtavat nyt kalliisiin ja hitaisiin yksittäisprojekteihin – ja mahdollistetaan sekä edistetään niitä tekijöitä, jotka auttavat rakentamaan ja operoimaan ydinvoimaloita edullisemmin ja tekemään niiden avulla uusia, vähäpäästöisiä energiatuotteita.

EU-NÄKÖKULMA – KESTÄVIEN INVESTOINTIEN TAKSONOMIA

Euroopan Komissio alkoi muutama vuosi sitten laatia kestävien investointien luetteloa ja kriteereitä – lyhyesti kutsuttuna taksonomiaa. Taksonomian tarkoitus oli auttaa ympäristöystävällisiä investointeja

saamaan paremmin ja edullisempaa rahoitusta kasvavilta ESG-rahoitusmarkkinoilta (ESG = Ympäristön, sosiaalisen oikeudenmukaisuuden ja hyvän hallinnon mukaiset yritykset ja hankkeet). Mutkia on kuitenkin tullut matkaan. Taksonomia määriteltiin teknologianeutraaliksi ja tiedepohjaiseksi, mutta siitä on tullut vahvasti poliittinen kiistakapula, sillä eri tahot haluavat kukin määritellä sen, mikä on ympäristön kannalta kestävä investointi ja millaisia kriteereitä määrittelyyn käytetään.

Osa haluaa työntää ydinvoiman pois taksonomiasta, vaikka tuore riippumaton selvitys⁴ (jälleen kerran) toteaa että se on ympäristön ja ihmisten hyvinvoinnin kannalta aivan yhtä kestävää kuin mikä tahansa muukin taksonomiassa jo oleva aktiviteetti. Myös bioenergia, vesivoima ja maakaasu ovat olleet kiistakapuloina. Pahimmillaan taksonomia jätti ulkopuolelleen yli 90 % pohjoismaiden puhtaasta energiantuotannosta, kun sekä vesivoima, ydinvoima että bioenergia olivat jäämässä pois. Taksonomiasta onkin tullut havainnollistava esitys siitä, että ”teknologianeutraali” ja ”tieteeseen perustuva” ovat Euroopassa usein iskusanoja, joilla pyritään tukemaan omia poliittisia tavoitteita ja mielipiteitä.

Keväällä 2021 Euroopan Komissio päätti, että ydinvoima sisällytetään taksonomiaan myöhemmin tehtävällä ”Delegated Actilla”, sillä tarvittavia lausuntoja ei ehditty saada ”Delegated Actin” ensimmäiseen versioon huhtikuussa 2021⁵. Suomen on syytä olla tarkkana, että ydinvoiman oma DA etenee maaliin asti mahdollisimman nopeasti ja todennäköisesti, sillä epäilemättä sitä koetetaan vastustaa ja hidastaa vielä lukuisin keinoin ydinvoiman vastustajien toimesta.

RISKIT JA NIIDEN HALLINTA

Ilmastonmuutoksen hillinnässä on kyse isoista hankkeista, ja ydinvoiman kohdalla ne ovat väkisininkin myös poliittisia. Jollain tavalla ja tasolla isot hankkeet siis tulevat olemaan myös ”valtion hankkeita.” Miten

ydinvoimamyönteinen politiikka tai valtion mukana olo sitten vaikuttaisi? Valtion mukana olo eri tavoin vaikuttaa valtavasti hankkeeseen liittyviin ja koettuihin riskeihin, mikä puolestaan vaikuttaa merkittävästi rahoituksen korkoon ja ylipäätään siihen, lähteekö mikään taho hankkeita viemään eteenpäin. Aiemmin valtio on ollut varsin mittavalla panoksella mukana esimerkiksi tuulivoiman rakentamisessa Suomeen, joskin tämä tuki todettiin jälkikäteen varsin kalliiksi ja tehottomaksi.

Tilanne rahoitusmarkkinoilla on isoille ydinvoimahankkeille ongelmallinen. Isojen kansainvälisten rahoituslaitosten kiinnostuminen edellyttää hankkeen laajapohjaista poliittista hyväksyntää ei pelkästään Suomessa, vaan kenties myös rahoituslaitoksen kotimaassa. Tätä voidaan pienentää kansainvälisellä yhteistyöllä ja sijoittajilla sekä parantamalla ydinvoiman hyväksyttävyyttä esimerkiksi Euroopan eri maissa ja EU parlamentissa ja Komissiossa. Yksi keino tähän on saada ydinvoima mukaan yllämainittuun puhtaiden investointien taksonomiaan, jota EU:ssa on valmisteltu jo parin vuoden ajan ja jonka ensimmäisestä versiosta ydinvoima jätettiin pois varsin kyseenalaisin perustein.⁶ Riskien tehokasta hallintaa vaatii myös rahoituksen korkomarginaalin pitäminen mahdollisimman pienenä. Poliittisen ja maineriskin lisäksi mukana on ainakin teknologinen riski sekä rakentamiseen liittyvät viivästymisriskit ja kustannusten kasvu.

Jos näitä riskejä ei tehokkaasti hallita, ne karsivat isompia, yleensä varovaisempia rahoittajia pois. Miljardien, jopa kymmenien miljardien haaliminen pienemmiltä (ja rohkeammilta) rahoittajilta taas vaatii helposti useiden kymmenien rahoittajien löytämistä, mikä lisää kuluja. Valtion tai muun ison ja uskottavan instituution (Euroopan investointipankki, Maailmanpankki tms.) selkeä mukanaolo hankkeessa vähentää sekä poliittista riskiä että maineriskiä. Tällöin rahoittaja voi helpommin vedota siihen, että kyseessä on kansallisvaltion, EU:n kehitysrahaston tai jonkin muun instituution kanssa yhteinen hanke, jonka siis täytyy

olla hyväksyttävällä pohjalla kaikin puolin.

Valtio voi helpottaa tilannetta esimerkiksi lähtemällä hankkeeseen mukaan pääomasijoittajana. Tätä kirjoitettaessa valtion 30 vuoden lainojen korko on lähes täsmälleen nolla, ja monenlaista elvytysrahaa on lähdössä liikkeelle lähivuosina koronaepidemian myötä. Mikäli valtio ei halua sitoa pääomaa hankkeeseen, se voi taata lainoja ja auttaa siten pitämään korkomarginaalit maltillisina. Myös suora rahan lainaaminen on vaihtoehto, mutta silloin pääomaa sitoutuu samalla tavalla kuin pääomasijoituksessa ilman vastaavaa hyötyä valtiolle matalasta korosta. Käytännössä isot rahoituslaitokset eivät halua kantaa minkäänlaisia riskejä nykyisen toimintaympäristön lisäksi, joten esimerkiksi merkittäviin ydinvoimahankkeisiin liittyviin lainoihin vaaditaan hyvinkin vähintään valtion takaukset.

Valtion saaminen takaamaan lainoja signaloi valtion mukanaoloa ja siunausta hankkeelle ja pienentää rahoittajan näkökulmasta yllämainittuja riskejä. Vielä vahvempi signaali tulee, mikäli valtio on mukana rahoittamassa hanketta omalla lainalla tai pääomasijoituksella esimerkiksi sijoitusyhtiön kautta. Viisaimpia käyttökohteita valtion lainaamalle rahalle lienevät pitkäaikaiset ja isot infrastruktuurihankkeet, jotka palvelevat kansalaisten yhteistä hyvää ja tavoitteita pitkälle tulevaisuuteen. Ilmastomuutoksen hillitseminen omalta osaltamme on yksi tällainen kohde, uuden teollisuushaaran ja valtavan vientipotentiaalin synnyttäminen on toinen.

PÄÄOMA JA PÄÄOMAN KORKO

Jos rahoittajat megahankkeelle löytyykin, vaikuttaa valtion mukanaolo monin tavoin hanketta varten haalitun rahoituksen korkoon. Pääomaintensiivisissä hankkeissa, kuten ydinvoima, tuuli, aurinko ja vesivoima, kaksi asiaa ovat ensiarvoisen tärkeitä: Tarvittavan pääoman

määrä ja tämän pääoman korko. Korko korostuu etenkin ydinvoimahankkeissa, jotka ovat projekteina usein isoja ja pitkäkestoisia, jolloin korkoa korolle ehtii kertyä.

Rahoituksen korko näyttelee isoissa ja pitkäkestoisissa hankkeissa erittäin suurta osaa ”tuotteen” loppuhinnassa, sillä matalan ja korkean koron välillä tuotetun energian vertailuhinta voi hyvinkin kaksinkertaistua. Esimerkiksi Brittien Hinkley Point C:n takuuhinnan laskenta-perusteena käytettiin varsin korkeaa 8,5 % diskonttokorkoa, mikä nosti takuuhinnan noin sataan euroon megawattitunnilta. Jos korko olisi esimerkiksi valtion suuremmalla mukanaololla saatu painettua alle kahden prosentin, olisi takuuhinta voinut olla puolet nykyisestä.

Miten päästövähennyksiin liittyvän yritystoiminnan ja hankkeiden rahoitus ja korot voidaan järjestää niin, että kulut pysyvät mahdollisimman pieninä ja yhteiskunta saa samalle rahalle enemmän vastinetta? Toisin sanoen, mikäli seuraavat asiat pitävät paikkansa:

- Ilmastonmuutos halutaan ratkaista tehokkaasti ja valtio on tähän sitoutunut.
- Yritykset vaativat investoinneilleen suhteellisen korkeita tuotto prosentteja/lyhyitä takaisinmaksuaikoja ja maksavat suhteessa korkeampia lainojen korkoja.
- Yritykset tarvitsevat puhtaille investoinneilleen käytännössä korkeita valtion (veronmaksajien) takuutuottoja tai muita etuja.

On syytä kysyä, miksi valtion rahoja käytettäisiin maksamaan yritysten korkeita tuottovaatimuksia tai yksityisten pankkien ja rahoituslaitoksien korkeita korkoja tariffien ja muiden tukien kautta, kun valtio saa lainaa lähes nollakorolla markkinoilta niin paljon kuin järkeviä käyttökohteita suinkin löytyy? Tämä koskee isoja päästövähennyshankkeita yleisemmin, mutta erityisesti tilanteita, joissa ollaan kehittämässä uut-

ta teollista sektoria, jolla ei ole Suomessa vielä merkittäviä yksityisiä toimijoita. Kuten aiemmin mainittiin, suuri osa isoista suomalaisista yrityksistä on saanut alkunsa nimenomaan valtiovetoisena projektina. Ei Suomessa esimerkiksi ollut mitään sellaista osaamista, luonnonvaraa tai asemaa, joka olisi puoltanut oman öljynjalostussektorin perustamista tänne, mutta niin vain meillä on tänä päivänä kansainvälisesti toimiva ja menestyvä Neste Oy.

LAINSÄÄDÄNTÖ JA REGULAATIO

Suomen nykyinen lainsäädäntö ja sääntely tekee ydinvoiman rakentamisesta ja monipuolisesta käytöstä tarpeettoman hidasta ja kallista, paikoin jopa mahdotonta – ellei kirjaimellisesti niin käytännössä. Lainsäädäntö ja regulaatio olisikin hyvä saada sellaiseksi, että ydinvoiman tehokas käyttö päästövähennyksiin mahdollistuu nykyistä paremmin. Tämä ei tarkoita ydinturvallisuudesta tinkimistä, mutta vain ydinturvallisuuteen keskittyminen ei myöskään saisi tarkoittaa kansanterveydestä tai ilmastomuutoksen hillintävauhdista tinkimistä. Koska ydinvoima on historiallisesti turvallisin tapa tuottaa energiaa, sen tekeminen tarpeettoman hitaaksi, hankalaksi ja kalliiksi – esimerkiksi tuijottamalla vain ydinturvallisuutta ja jo mitättömien säteilyannosten painamista hinnalla millä hyvänsä entistäkin mitättömämmiksi – itse asiassa heikentää kansanterveyttä. Tällöin energia nimittäin päädytään tuottamaan ”hankalan ja kalliin ydinvoiman” sijaan muilla tavoin, jotka ovat usein haitallisempia. Tämä kansanterveydellinen näkökulma on syytä pitää mukana keskustelussa, kun mietitään miten turvallista, tai vielä nykyistä turvallisempaa, ydinvoiman tulisi olla. Onkin aina syytä kysyä ”turvallista verrattuna mihin?”

Lisäksi komponenttien ja menettelytapojen standardointi sekä lisensoinnin järjevoittäminen, komponenttien turvaluokitusvaatimus-

ten päivittäminen sellaisiksi, että esimerkiksi muussa vaativassa teollisuudessa käytetyt standardit kelpaavat myös ydinvoimalaitoksien ei-kriittisiin käyttökohteisiin ja regulaation järkevöittäminen ja virtaviivaistaminen voivat parantaa sekä kustannustehokkuutta että käytöturvallisuutta, ja siten etenkin kansanterveyttä. Monet öljy- ja kaasuteollisuudessa käytettävät komponentit ovat laadultaan vastaavia tai parempia kuin ydinvoimaloissa käytetyt ”ydinsertifioidut” komponentit, mutta hinnaltaan murto-osan. Tämä johtuu esimerkiksi ydinvoimakomponenttien luvittamiseen liittyvästä mittavasta byrokratiasta ja tästä edelleen johtuvasta tavarantoimittajien vähyydestä.

Jotta ydinvoima saadaan täysillä mukaan ilmastotyöhön, tulee lainsäädännön ja regulaation jatkossa mahdollistaa muutamia uusia mutta täysin järjestyksessä asioita sekä joustavoittaa ja järkeistää ydinvoimaan liittyviä prosesseja. Ensinnäkin voi olla paikallaan tarkastella nyt jokaiselle reaktorille käytännössä erikseen haettavan periaateluvan järkevyyttä etenkin pienempien reaktoreiden kohdalla. Alkuperäinen periaatelupalaki on tarkoitettu kansallisesti merkittävien ydinenergiahankkeiden arviointiin poliittisesta, yhteiskunnan kokonaisedun (mitä se kenelle sitten kulloinkin tarkoittaaakaan) näkökulmasta.

Mikäli esimerkiksi nykyinen luvanhaltija (TVO, Fortum ja jatkossa Fennovoima) haluaa rakennuttaa ja operoida kymmeniä maakuntiin rakennettavia minikokoisia kaukolämpöreaktoreita, onko jokaisen kohdalla oikeasti mielekästä käydä kuukausien poliittinen keskustelu, jossa yhteiskunnan kokonaisetua arvioidaan ja samalla käytetään miljoonia rahaa ja tuhansia tunteja ihmisten aikaa? Teoriassa nykyisellä lailla voi hakea yhdellä hakemuksella periaatelupaa myös useammalle voimalaitokselle, ja jopa eri laitosalueille sijoitettaville voimaloille, mutta käytännössä lupia on myönnetty vain yksittäisille reaktoreille. Lisäksi edessä on muna-kana ongelma. Kuinka monta kunnallista energiayhtiötä saadaan edes vakavissaan suunnittelemaan minireaktorin han-

kintaa, jos kaikkien projektit on kiinni yhdestä isosta periaatelupaa-
nestyksestä eduskunnassa? Lisäksi näiden energiayhtiöiden tarpeet ja
aikataulut ovat varsin erilaisia keskenään, siinä missä periaatelupa vel-
voittaa hakemaan rakentamislupaa viiden vuoden sisällä. Entä jos joku
haluaa aloittaa rakentamisen mahdollisimman pian, toinen muutaman
vuoden päästä ja kolmannen investointisykli osuu vasta 5–10 vuoden
päähän? Investointien ja projektien jaksottamisen näkökulmasta tilan-
ne olisi varsin mainio, sillä kalusto ja miehistö voisivat rakentaa yhden
kohteen valmiiksi ja siirtyä sitten seuraavaan, mutta periaatelupa ei ny-
kyisellään oikein tällaiseen järkevään suunnitelmallisuuteen taivu.

Toisaalta, mikäli suomalaisista ja kansainvälisistä yrityksistä koos-
tuva teollisuuden konsortio haluaa alkaa rakentamaan telakoillamme
rannikolle sijoitettavia lauttavoimaloita joilla valmistetaan sähköä, läm-
pöä ja synteettisiä polttoaineita, kannattaako tämä potentiaalinen sar-
jatuotanto ja sillä saatavissa olevat kustannussäästöt tappaa vaatimalla
jokaiselle lauttavoimalalle omaa vuosia kestävää periaatelupakeskuste-
luaan ja äänestystään? Kuinka monta sitoutunutta tilaajaa tai toimitus-
sopimusta saadaan solmittua etukäteen, ennen kuin tuotantolaitoksella
on edes myöntävää periaatelupaa?

Lyhyesti sanottuna, ydinvoimaloiden sarjatuotantoa on lähes mah-
doton käynnistää yksittäistapauksina saatavilla periaateluvilla. Kui-
tenkin sarjatuotanto – tapahtui se sitten maalle rakennettavilla isoilla,
pienillä tai minikokoisilla reaktoreilla tai telakkavalmisteisilla lauttavoi-
maloilla – on tärkein yksittäinen vaatimus ydinvoiman kustannusten
rajulle pudottamiselle, mittavan vientiteollisuuden syntymiselle ja ener-
giajärjestelmän päästöjen tehokkaalle leikkaamiselle vaaditussa aikatau-
lussa. Yksittäisillä, isoillakaan hankkeilla ei ilmasto-ongelmaa tulla rat-
kaisemaan, ei Suomessa eikä maailmalla.

Ei myöskään ole järkevää langettaa raskasta luvitusprosessia jo-
kaiselle reaktorille erikseen. Tämä voidaan välttää esimerkiksi riittävän

kattavalla ja joustavalla tyyppihyväksynnällä. Tällä tietty reaktorityyppi voidaan hyväksyä soveltuvien osien esimerkiksi tietäntyyppiseen sijoituspaikkaan käytettäväksi. Olisi myös hyödyllistä pystyä luvittamaan sijoituspaikkoja ennalta tietäntyyppisille reaktoreille. Tällöin vaikkapa kunnallinen kaukolämpöyhtiö voi omalta osaltaan hankkia säteilyturvakeskukselta luvan sijoituspaikalle, jolle voi myöhemmin rakentaa tietyn tyyppisen pienen kaukolämpöreaktorin, jolloin kunta voi kaavoittaa tontin kyseiseen käyttöön. Lauttavoimaloilla tiettyjä meri- ja rannikkoalueita voitaisiin tarkastaa ja luvittaa sopiviksi sijoitusalueiksi tyyppihyväksytyjä lauttavoimaloita ajatellen jo etukäteen. Jatkossa kaikkea näihin asioihin liittyvää osaamista ja kokemusta voidaan viedä myös muualle, puhumattakaan itse laitoksista, komponenteista tai niiden lopputuotteista.

MANKALA

Valtion perustamien hankkeiden lisäksi Mankala-yhtiömalli on ollut hyvä keino pääomaköyhälle Suomelle rakentaa yhdessä merkittäviä energiahankkeita. Se vähentää merkittävästi monia riskejä ja madaltaa rahoituksen korkoa. Ensinnäkin Mankala-yhtiö on voittoa tuottamaton, eli pääoman tuottovaatimusta (usein 10 % paikkeilla tai ylikin) ei ole. Tavoite on tuottaa omistajille omakustannehintaista energiaa, ja painaa tämä kustannus mahdollisimman alas. Niinpä esimerkiksi lainojen takaisinmaksujen kanssa ei pidetä kiirettä, sillä nopeat lainojen takaisinmaksun aikataulut johtaisivat kustannuksen nousuun lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä. Kuten jotkut ydinvoimakriitikot ovat todenneet, ”TVO:n Olkiluoto 3 ei tule koskaan tuottamaan voittoa.” Tämä pitää paikkansa, mutta tämä johtuu siitä, että TVO on voittoa tuottamaton Mankala-yhtiö.

Mankala-yhtiöllä on usein laaja omistajapohja. Mukana on paljon

energiaa käyttävää teollisuutta ja kymmeniä erikokoisia sähköyhtiöitä. Hankkeiden takana on siis laajalti yhteiskunnan toimijoita, ja hankkeeseen myönteisesti suhtautuvat sidosryhmät ovat laajat. Tämä voi kasvattaa myös poliittista ja kansalaisten hyväksyttävyyttä, sillä monien elinkeinot ovat suoraan tai epäsuorasti kiinni hankkeen onnistumisessa ja luvan saamisessa. Poliittinen riski siis pienenee, mikä pienentää rahoituksen korkoa.

Laaja omistajapohja tarjoaa myös lainoille laajat ja uskottavat vakuudet, mikä madaltaa korkoja. Samalla yksittäiselle yritykselle investointi ei muodostu liian isoksi osaksi tasetta, joten mukaan lähtö on kevyempää ja vähäriskisempää useammille yrityksille. Harvojen yksittäisten energiayhtiöiden taseeseen mahtuu jopa kymmenien miljardien yksittäisiä hankkeita mukisematta.

Mankala-malliin kuuluu myös se, että omistajat sitoutuvat ostamaan tuotannon tiettyyn (omakustanne)hintaan. Tuotteelle, nykyisin lähinnä sähkö mutta tulevaisuudessa kenties myös kaukolämpö ja jopa puhdas vety, on siis sovittu täysimääräisesti ostajat ja hinnat pitkälle tulevaisuuteen. Tämä poistaa sähkön hintavaihteluihin liittyvää markkinariskiä, joka on merkittävä etenkin pitkäaikaisissa hankkeissa kuten ydinvoimassa. Markkinariskin merkittävä pienentyminen voi puolestaan edelleen madaltaa rahoituksen korkoa (mikä itsessään pienentää myös markkinariskiä). Samantapaiseen ajatukseen perustuvat myös tuulivoiman pitkät ostosopimukset, sillä tällöin tuulivoiman rakentajan ja tuottajan ei tarvitse huolehtia siitä, että rakennetaanko uutta tuulivoimaa esimerkiksi tulevana vuosina niin paljon, että oma tuotanto menettää markkinoilla arvoaan voimakkaasti, jos tuulisten päivien sähkön hinta vajooa spot-markkinoilla lähelle nollaa suuren tarjonnan takia.

Pitkään oli tilanne, jossa sähkön kysyntä kasvoi voimakkaasti ja enustettavasti vuodesta toiseen. 2000-luvulle tultaessa tämä kasvu kuitenkin loppui monissa länsimaissa. Koska isoja hankkeita on vaikea perustel-

la ”potentiaalisella tulevalla kysynnän kasvulla”, on Mankala-malli erittäin varteenotettava vaihtoehto – sillä siinä tuo kysyntä materialisoituu jo hankkeen alkuvaiheessa Mankala-yhtiön omistajien mukaan tulossa.

Kaukolämmön ollessa kyseessä voi Mankala-yhtiö huolehtia niin sanotuista luvanhaltijan velvoitteista pienenkin kaukolämpöyhtiön puolesta – eli lupa-asioista, jätehuollosta ja muusta – siinä missä kaukolämpöyhtiö on mukana omistamassa Mankala-yhtiötä ja sijoittaa siihen pääomiaan. Puhtaan vedyn tapauksessa kriittistä on etenkin kysynnän varmistaminen, jotta päästään alkuun. Puhdasta ydinvetyä tuottavaan Mankala-yhtiöön voisi lähteä ainakin öljy- sekä biopolttoainealan ja kemiansektorin yrityksiä sekä metalliteollisuutta, sillä näillä aloilla on nähtävissä huutava tarve puhtaalle ja edulliselle vedylle tulevina vuosina ja vuosikymmeninä.

Mikään ei periaatteessa estä myöskään ulkomaisten yritysten ottamista mankalakumppaniksi. Mikäli jokin yritys Euroopassa tai vaikka Afrikassa tarvitsee kustannustehokasta vetyä, ammoniakkaa tai muuta synteettistä polttoainetta omiin tarkoituksiinsa, mutta sillä tai sen emämaalla ei ole valmiuksia tai halua oman ydinvoimalaitoksen pyörittämiseen ja siihen liittyvien vastuiden kantamiseen, voisi kyseistä tahoa kiinnostaa liittyä Mankala-yhtiöön, joka näitä tuottaa. Suomalainen ilmastonkädenjälki voisi kasvaa tätä kautta varsin mittavaksi, samalla kun voisimme omalta osaltamme auttaa esimerkiksi kehittyviä maita panostamaan modernin ja luotettavan energian avulla kohti parempaa ja vakaampaa huomista. Mikä parasta, tämä myös toisi Suomeen mittavasti tuottavaa teollisuutta, työtä ja vaurautta.

YHTEENVETO

Jo pelkästään lainsäädännön puolelta valtiolla ja poliitikoilla on iso rooli siinä, miten ydinvoimaa rakennetaan, käytetään ja kuinka kustannus-

tehokasta ja monipuolista sen käyttö päästövähennyksiin on. Poliittinen riski vaivaa ydinvoimarakentamista ja lisää sen kustannuksia tarpeettomasti, sillä pääoman korko vaikuttaa pitkissä ja isoissa hankkeissa suhteessa paljon tuotteen loppuhintaan. Jäykkä lupajärjestelmä ja sääntely puolestaan johtavat yksittäisiin projekteihin, jotka ovat ajallisesti kaukana toisistaan. Tämä ehkäisee toimitusketjujen ja osaamisen syntymistä Suomeen sekä pitää rakentamiskustannukset korkealla. Valtion aktiivisemmalla roolilla ydinvoiman käyttöä voitaisiin edistää nykyistä aktiivisemmin, jotta valtion asettamiin päästövähennystavoitteisiin päästäisiin mahdollisimman kustannustehokkaasti.

- 1 Suomen teollisuuden historiaa avataan mainiosti Markku Kuisman kirjassa Valtion Yhtiöt: Nousu ja Tuho. Siltala, 2016.
- 2 Käytännössä tarvitsisimme nämä kaikki, tai ainakin jotain tämän suuntaista.
- 3 Suunnittelun pitää täyttää suomalaiset määräykset, jotka jossain määrin poikkeavat kansainvälisistä standardeista ja toimittajakohtaisista vakiintuneista käytänteistä.
- 4 https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/210329-jrc-report-nuclear-energy-assessment_en.pdf
- 5 www.foratom.org/press-release/commission-confirms-plans-for-nuclear-delegated-act/
- 6 Näistä voi lukea lisää selvityksestäme Sustainable Nuclear – An Assessment of the Sustainability of Nuclear Power for the EU Taxonomy Consultation 2019. <https://tinyurl.com/y3htoetk> (pdf)

LOPPUSANAT

Kunnianhimoisiin päästövähennyksiin pääseminen vaatii mittavia toimia, mutta järkevästi tehtynä tarjoaa myös isoja mahdollisuuksia taloudelle ja hyvinvoinnille niin Suomessa kuin vientimarkkinoillakin. Koska resursseja on rajatusti, kannattaa tehtävät toimet valita huolella. Ydinvoima on pitkään ollut ilmastokeskustelussa syrjitty musta lammas, mutta muutaman viime vuoden aikana tilanne on alkanut kääntyä. Tämä on erinomainen uutinen monessakin mielessä. Yhtäällä ydinvoiman potentiaali ilmastomuutoksen hillinnässä on valtava, mutta alikäytetty, joten paljon enemmän voidaan tehdä. Toisaalla, oikea-aikaisella ja pragmaattisella toiminnalla ydinteknologian ja osaamisen ympärille voidaan rakentaa paljon nykyistä enemmän teollisuutta, työpaikkoja, osaamista ja palveluita myös vientimarkkinoille.

Suomi voi olla edelläkävijä ydinvoiman rakentamiseen ja käyttöön liittyen, mutta se ei tule tapahtumaan itsestään. Se vaatii aktiivista poliittista panostusta ja uudenlaista yhteistyötä – sektori-integraatiota – eri alojen yrityksiltä. Ydinvoimalla voidaan tuottaa sähköä ja lämpöä teollisuuteen, vetyä öljynjalostukseen tai synteettisten biopolttoaineiden raaka-aineeksi. Mikään muu puhdas energiateknologia ei ole yhtä joustava, luotettava ja monikäyttöinen.

Tässä selvityksessä esitellyn mittaluokan ponnistukset – useita isoja ja pieniä ydinvoimaloita – on järkevää tehdä niin, että niistä saadaan

runsaasti pitkäaikaista hyötyä, osaamista ja hyvinvointia kotimaahan. Siinä missä yksittäisen isonkin projektin voi tilata ulkomaiselta toimitajalta ”avaimet käteen” periaatteella ilman sen merkittävämpää sitoutumista kotimaisuuteen, on tilanne varsin toinen, kun on kyseessä useita vuosikymmeniä kestävä ponnistus, josta voi syntyä myös merkittävää vientipotentiaalia niin teknologian, komponenttien, lopputuotteiden, toimitusketjujen kuin palveluidenkin osalta.

Eteläkorealaiset ovat maailman parhaimmista ydinvoimaloiden rakentamisessa, ja tälle on syynsä. Projektijohto, työntekijät, toimitusketjut ja alihankkijat eivät vaihdu joka projektissa, vaan avaintiimit pidetään kasassa ja sitoutetaan, jotta oppiminen ja tuottavuusparannukset maksimoituvat. Projektien hallinnassa ja tarjouspyynnöissä käytetään parhaita käytänteitä. Tällaisen ”klusterin” synnyttäminen vaatii aikaa ja toistuvia projekteja, osaavaa projektihallintaa sekä pitkäjänteistä politiikkaa, ei maanista ”halvimman” tarjouksen etsimistä projektin joka vaiheessa. Tämä kehitys on jo nyt nähtävissä Brittien kaksi EPR-reaktoria sisältävässä Hinkley Point C -hankkeessa, jossa jo toiseen reaktoriyksikköön on saatu mittavia hyötyjä ja kustannussäästöjä ensimmäisen yksikön oppitunneista.

Etelä-Korea rakensi vuosikymmenten saatossa yhden maailman parhaista ydinvoimarakentamisen sektoreista, mutta nyt maan nykyinen ydinvoimavastainen presidentti on romuttamassa kaiken tämän muutamassa vuodessa; kotimaisia projekteja karsitaan, jolloin uskottavuus myös vienniltä menee, ja tilalle ovat nousseet kaasuputket lähi-naapureista. Kuka ostaisi saksalaisilta ydinvoimalan? No Suomi ”osti”, sillä EON oli mukana Fennovoiman hankkeessa yhtenä pääkumppaneista, kunnes vetäytyi paljolti Saksan kotimaisen politiikan vuoksi – ja siitä alkoivat Fennovoiman sotkut, joiden seurauksia siivotaan edelleen. Vaikka Etelä-Korean vetämä Barakahin ydinvoimaprojekti meni loistavasti, heittää heidän presidenttinsä pyrkimys ydinvoima-alan alasajoon

synkän varjon kaikkien potentiaalisten tilaajien pohdintoihin jatkossa. Tehdyllä politiikalla ja poliittisilla puheilla on valtava merkitys.

Voisiko Suomesta syntyä uusi ydinvoima-alan huippuviejä? Miksi ei. Toistaiseksi tarjontaa – kokeneita ja osaavia ydinalan projektien toimittajia – ei alalla ole liikaa. Suomalainen teollisuus, telakat ja konepajaosaaminen on korkeatasoista maailmankin mittakaavassa, vaikka parantamisen varaa aivan varmasti vielä on. Ja näitä aloja tulee kehittää ja vaalia jatkossakin. Vaikuttaa myös siltä, että monet maat haluavat pitää kiinni korkeamman arvon suunnittelu-, kehitys- ja tukitoiminnastaan, vaikka valmistava teollisuus siirtyisikin halvemman työvoiman maihin. Tämä ei kuitenkaan onnistu pidemmällä tähtäimellä muualla kuin strategisissa muistioissa. Osaava suunnittelu ja kehitys kulkevat käsi kädessä tuotantolinjojen ja toteutukseen liittyvän osaamisen ja käytännön kokemuksen kanssa.

Mikäli esimerkiksi telakkateollisuuden ahdinko pahenee koronaviruksen aiheuttaman risteilijöiden tilauskannan surkastumisen jatkuessa, on Suomessa valtavana riskinä menettää kymmenien tuhansien osaavien työntekijöiden pääoma, puhumattakaan telakoiden infrastruktuurista, laitteista, alihankkijoista ja toimitusketjuista. Suora isku Suomen ja suomalaisten taloudelle olisi valtava, mutta etenkin välilliset vaikutukset voisivat tehdä syvän synkän jäljen suomalaiseen yhteiskuntaan. Kun telakkateollisuus ja siihen liittyvä osaaminen ajetaan kerran alas, sitä ei käynnistetä napista painamalla uudelleen. Sama koskee ydinalaa, jota monet länsimaat ovat ideologisessa palossaan ajamassa alas juuri kun sitä kipeimmin kaivattaisiin päästövähennyksiin. Tässä on Suomen paikka.

Liite

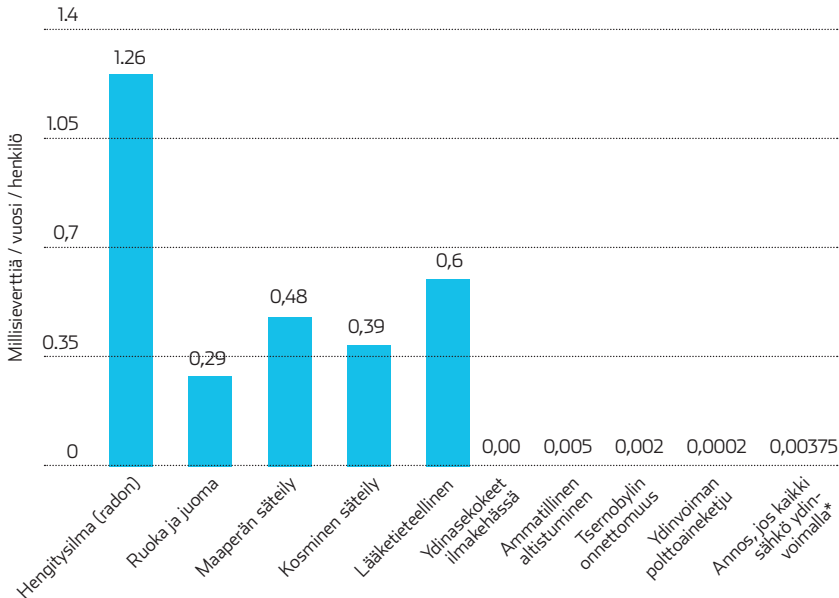
YDINVOIMAN TURVALLISUUS JA YDINJÄTE

En selvityksessä itsessään kirjoittanut hirveästi ydinvoiman turvallisuudesta, säteilystä ja pitkäikäisestä ydinjätteestä. Tälle on parisyitä, mutta lyhyesti sanottuna, niistä puhutaan niiden varsinaisiin terveysvaikutuksiin nähden aivan liikaa, mikä vie tilaa ydinvoiman mahdollisuuksista puhumiselta ja niiden edistämiseltä esimerkiksi ilmastomuutoksen tehokkaassa hillinnässä. Ydinvoima-alan turvallisuus on omassa luokassaan mihin tahansa merkittävään sektoriin verrattuna. Laitokset suunnitellaan niin, että niissä on useita toisistaan riippumattomia turvallisuustasoja, ja reaktorien toimintaperiaate perustuu siihen, että ne hakeutuvat automaattisesti turvalliseen tilaan, huolimatta ihmisten toimista. Poikkeustilanteissa reaktorit sammuvat automaattisesti, ja reaktoriytimen jälkilämmön poisto varmistetaan useilla erilaisilla järjestelmillä. Monissa uusissa pienreaktoreissa tähän ei tarvita edes pumppuja tai muita laitteita, vaan jäähtyminen hoituu pelkillä passiivisilla, fysiikan lakeihin perustuvilla keinoilla.

Ydinjäte, tai käytetty ydinpolttoaine, ei ole tietävästi vahingoittaneet ketään, koskaan. Se on nykyisin huolella hoidettua, sitä on vähän, se on usein kiinteää eikä siis leviä, valu tai vuoda, ja sen aiheuttama radioaktiivinen säteily on helppo pysäyttää esimerkiksi laittamalla jäte vesialtaaseen. Suomalaiset saavat noin 3,2 millisievertin (mSv) kokoisen säteilyannoksen keskimäärin vuodessa. Tämä on kaukana tasosta, jon-

ka voi tilastollisesti arvioida aiheuttavan terveysvaikutuksia (jonka on arvioitu olevan 100+ mSv vuodessa kokoluokkaa). Tämä säteilyannos tulee lähinnä kaikesta muusta kuin suomalaisesta ydinvoimasta ja sen toimitusketjuista. Maailman mittakaavassa, ydinvoiman koko polttoaineketju aiheuttaa alle 0,007 % koko ihmisten saamasta keskimääräisestä säteilyannoksesta. Vaikka koko ihmiskunnan käyttämä sähkö tuotettaisiin ydinvoimaloilla, mahtuisi siitä tuleva säteilyannos monikertaisesti pyöristysvirheeseen, ja saadut terveysvaikutukset olisivat valtavan positiiviset, kun etenkin kiinteistä polttoaineista voitaisiin luopua.

Kuva 26. Globaali keskimääräinen säteilyannos eri lähteistä



Ihmisten saamat säteilyannokset lähteittäin (data: UNSCEAR 2008). Ydinvoiman polttoaineketju mahtuu moninkerroin pyöristysvirheen sisään. *Perustuu 2014 tutkimukseen, jossa oletettiin 20,000TWh vuotuista sähköntuotantoa Ranskan nykyistä, 1990-luvulla rakennettua kalustoa vastaavilla reaktoreilla¹.

Moderni ydinvoimalaitos kaupungin keskustassa on useita kertaluokkia turvallisempi asukkaille kuin polttoon perustuva laitos. Tämä johtuu isolta osin siitä, että ydinvoimalaitosten toimintaa säädellään tiukasti, mutta myös siitä, että ne on suunniteltu erittäin turvallisiksi. Sääntelyn osin mielivaltaisten vaatimusten perusteella ydinvoimaloita ei kuitenkaan ole saanut rakentaa asutuksen lähelle, vaan tilalle on tehty haitallisia pienhiukkasia ympäristöön levittäviä polttoon perustuvia voimaloita, jotka aiheuttavat niin astmaa kuin ennenaikaisia kuolemia-kin – maailman mittakaavassa miljoonia vuodessa. Olisi kaikkien etu, että tämä kokonaisvaltainen tarkastelu tulisi osaksi ydinvoimankin turvallisuuden arviointia, joka nyt tapahtuu omassa, suljetussa siilossaan. Ydinvoiman on syytä olla erittäin turvallista jatkossakin, ja parantamalla sen monipuolisen käytön edellytyksiä, voidaan saada mittavia kansanterveyden ja ympäristön tilan parannuksia.

1 Rabl A, J. V. Spadaro, M. Holland. 2014. How Much is Clean Air Worth: Calculating the Benefits of Pollution Control. Cambridge University Press. ISBN 978-1-10-704313-8

Kai Järvikare & Simo Grönroos

SUOMEN ENERGIA- JA ILMASTOPOLITIIKAN SUUNTAVIIVOJA

Talouskasvun perusedellytyksiä ovat edullinen energia ja talouden sääntelyn pitäminen maltillisella tasolla. Erityisesti Suomessa ja valtaosassa Eurooppaa harjoitettu ilmastopolitiikka ei tue kumpaakaan näistä perusedellytyksistä. Olemme päinvastoin matkalla kohti energiakriisiä, energian voimakasta hinnannousua, joka on usein yhteydessä saatavuuden vähenemiseen. Energian hinnannousu, yhdistettynä mahdolliseen saatavuuden epävarmuuteen, koettelee teollisuutta ja työpaikkoja sekä heikentää kansalaisten elinoloja.

Fossiilisen energian nopea alasajo yhdistettynä sähkön kulutuksen kasvattamiseen on johtanut sähkön hinnan voimakkaaseen kasvuun. Eurooppa on ajautumassa suuriin ongelmiin, kun sääntelyä viedään ilmastomuutoksen torjunnan nimissä eteenpäin paljon nopeammin, kuin mihin olemassa oleva teknologia antaa myöden. Jo nyt näkyy myös se, että tiukka sääntely on siirtänyt päästöjä Euroopan ulkopuolelle. Epävakaasta tuulivoimasta ei ole ratkaisuksi energiatarpeeseen, sen tuotantopiikit kuormittavat järjestelmää ja lisäävät sähkön pörssihinnan heilahteluja. Eurooppalainen energiamarkkina on ydinvoiman vähentämisen seurauksena kasvattanut riippuvuuttaan venäläisestä maakaasusta.

Suomi tarvitsee kohtuuhintaista energiaa niin teollisuuden ja työpaikkojen säilyttämiseksi kuin asumis- ja liikkumiskustannusten pitä-

miseksi kohtuullisina. Tämän saavuttamiseksi energia- ja ilmastopolitiikassa tulee tehdä suuria suunnanmuutoksia suhteessa nykypolitiikkaan.

Moneen ”vihreänä” ja ”uusiutuvana” mainostettuun asiaan on suhtauduttu viime vuosina liian kriitikittömästi. Toisaalta kustannustehokkaan ja ympäristöystävällisen ydinvoiman mahdollisuuksia ei ole täysin ymmärretty. Ydinvoima onkin yksi olennainen mahdollisuus Suomen energiaomavaraisuuden varmistamiseksi.

Rauli Partanen nostaa raportissaan ansiokkaasti esiin tärkeitä huomioita ja faktoja liittyen energian tarjontaan Suomessa. Partanen ottaa kuitenkin kritiikittä annettuna tekijänä puolueiden ilmastokartellin energiapoliittisen sopimuksen, jonka kaikki eduskuntapuolueet, perussuomalaisia lukuun ottamatta, allekirjoittivat joulukuussa 2018, jolloin puolueet sitoutuivat jyrkkiin ilmastopoliittisiin tavoitteisiin. On harhaanjohtavaa väittää, että odotettavissa olisi markkinoitua vihreää kasvua, eli että nykyinen talouskasvu jatkuisi, mutta jotenkin kestävämmmin. Kyse on hyvin markkinoidusta mahdottomasta haavekuvitelmasta, unelmahötöstä.

Puolueiden ilmastokartellin sopimat ilmastotavoitteet ovat ylimitoitettuja Suomelle. Seuraavassa hieman pohdintaa Partasen esille nostamista kysymyksistä sekä Suomen energia- ja ilmastopolitiikan suuntaviivoista.

KOHTI VIHREÄÄ SUUNNITELMATALOUTTA

Sodat ja kriisit ovat olleet historiassa perinteisesti hyviä tilaisuuksia luoda uutta sääntelyä. Tämä sääntely usein säilyy ja kasvaa, vaikka se olisi tarkoitettu tilapäiseksi. Hyvää tarkoittavia julkisia hankkeita markkinoidaan usein koko yhteiskuntaa hyödyttävillä tarkoituksilla. Siitä huolimatta, vaikka sääntelyn nettohyöty jäisi koko yhteiskunnan kannalta negatiiviseksi, poikkeuksetta toiset hyötyvät sääntelystä ja toiset

jäävät sääntelyn maksumiehiksi. Sääntely noudattaa klassista hajota ja hallitse (lat. divide et impera) poliittista periaatetta, jonka mukaan hallittavat on poliittisesta näkökulmasta hyödyllistä jakaa etupiireihin, joi-
ta sitten kiihotetaan toisiaan vastaan. Tätä taustaa vasten ilmastomuutoksen vastaisella kamppailulla markkinoituun sääntelyyn kannattaa suhtautua kriittisesti, ja taustalla vaikuttavat taloudelliset hyötymissuhteet kannattaa tunnistaa.

Puheet esimerkiksi niin sanotun ”vihreän energian” positiivisista vaikutuksista työllisyyteen ovat silmän lumetta. Tämä johtuu siitä, että tukiaisilla ja valtion taholta tulevalla sääntelyllä saadaan yhteiskunnan kokonaisedun näkökulmasta kannattamattomia työpaikkoja luotua alalle kuin alalle. Kyseisiä työpaikkoja veronmaksajien piikkiin tarjoavat yritykset voidaan sääntelytoimien johdosta saada hyvinkin kannattaviksi. Toiminnan ydinongelma on sen vuotuinen verovaje, toiminnan maksamien verojen ja saamien julkisten tukien suhde, jonka erotus katetaan veroilla tai veroluontoisilla maksuilla.

Ilmastokeskustelua seurannut kommentaattori Matti Hukari on tuonut esiin, että esimerkiksi Saksassa 380 000 uutta työpaikkaa, joiden sanotaan syntyneen vihreän politiikan ansiosta, on saatu tukemalla uusiutuvia energiamuotoja vuosittain 24 miljardilla eurolla. Yksinkertaisella jakolaskulla yhden työpaikan hinnaksi saadaan 5200 euroa kuukaudessa.

Euroopan unionin mallioppilaan roolin ottanut Suomi on myös ilmastopolitiikan osalta halunnut olla luokan primus. Hallitus on jopa ottanut muuta Euroopan unionia huomattavasti jyrkemmät ilmastovoitteen, vaikka maamme pohjoinen sijainti, EU:n kylmin ilmasto ja pisimmät etäisyydet luovat jo muutenkin tasapuolisuushaasteita. Maailman kaikista 60. leveyspiirin pohjoispuolella asuvista ihmisistä suomalaisia on noin neljännes. Arvioidut tai pyöristetyt väestömäärät 60. leveyspiirin pohjoispuolella: Tanskalaisia (Grönlanti ja Färsaaret) 106 000, kana-

dalaisia 100 000, venäläisiä 12 000 000, ruotsalaisia 2 000 000, norjalaisia 3 900 000, brittiläisiä (Shetlanti) 22 500, islantilaisia 310 000, yhdysvaltalaisia (Alaska) 58 000 ja suomalaisia 5 300 000.

ILMASTOPOLITIIKAN VAIKUTUKSET TEOLLI- SUUDELLA JA KULUTTAJALLE

Suomen tavoite olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä on jyrkästi ylimitoitettu suhteessa muuhun maailmaan. Nouseviin talouksiin kuuluva Kiina on maailman suurin hiilidioksidin tuottaja ja se on asettanut tavoitteekseen olla hiilineutraali vuoteen 2060 mennessä. Euroopan vahvoihin talouksiin kuuluvan Saksan hiilineutraalisuustavoite on taas vuodessa 2045, ja koko unionin tavoitevuosi on 2050.

Jos Suomen ilmastotavoitteet ovat etukenossa muuhun maailmaan nähden, niin jotkut kaupungit ovat ottaneet vielä valtiota jyrkemmät tavoitteet hiilineutraalisuuden suhteen. Esimerkiksi Espoossa hiilineutraalisuutta tavoitellaan jo vuoteen 2030 mennessä.

Pieni Suomi pyrkii siis ajamaan maailman tiukinta ilmastopolitiikkaa ja olemaan suunnannäyttävä koko maailmalle. Poliitikalla on kuitenkin seurauksensa, joista ei puhuta tarpeeksi. Nämä seuraukset osuvat suomalaisiin monin tavoin.

Teollisuus ja työpaikat

Ylimitoitettujen ilmastotavoitteiden vaikutus Suomen houkuttelevuuteen teollisuuden sijaintipäätösten kohteena on nähty jo viime aikoina. Paperin kysynnän vähentyminen on kiihdyttänyt kilpailua entisestään sen suhteen, missä on jatkossa kannattavaa tuottaa paperia. Suomi on puuntuottajamaana ollut perinteisesti vahvoilla paperiteollisuuden tuotantopaikkana.

Biopolttoaineiden sääntely käy esimerkkinä ilmastopolitiikan teol-

lisuutta heikentävästä vaikutuksesta. Hallitusohjelman mukaan biopolttoaineiden osuus liikenteen polttonesteissä nousisi nykyisestä noin 18 prosentista 30 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä. Tavoite on nykyisessä taloudellisessa tilanteessa mahdoton, koska puupohjaisen biodieselin valmistaminen on huomattavasti perinteistä dieseliä kalliimpaa. Hallitus tuhoaa kuljetuskustannusten rajuilla korotuksilla suomalaisen teollisuuden kilpailukyvyn. EU:n tavoite sekoitevelvoitteen suhteen on Suomen nykytasoakin huomattavasti alhaisempi, 14 % vuoteen 2030 mennessä.

Energian ja kuljetuskustannusten kallistuminen ovat tehneet Suomesta epävarman teollisuuden sijaintipaikan. Kaipolan ja Veitsiluodon tehtaiden lopettamiset käyvät valitettavina esimerkkeinä seurauksista, mihin nykypolitiikka on vihreän kullan maana ennen pidettyä Suomea viemässä.

Kilpailijamaita jyrkemmät ilmastotavoitteet hankaloittavat suomalaisen teollisuuden toimintaa, mutta eivät välttämättä edes hyödytä toimien julkilausuttuja tavoitteita, sillä lopputulema ei välttämättä ole päästöjen pieneneminen, vaan teollisuus todennäköisesti ulosliputtaa sellaiseen maahan, jossa ilmastosäätely ei ole niin suurta. Kokonaispäästöt voivat maapallon näkökulmasta kasvaa lähtötilannetta suuremmiksi.

Nousevat elinkustannukset

Ylimoitettu ilmastopolitiikka iskee tavalliseen kansalaiseen, työpaikkojen vähenemisen lisäksi, elämisen kallistumisen myötä. Tämä tarkoittaa niin asumista, liikkumista kuin ruoan hintaa.

Taloustutkimuksen Pasi Holmin tammikuussa 2020 julkaiseman selvityksen mukaan hallituksen ilmastopolitiikan maksumiehiksi joutuvat etenkin yksityisauton käyttäjät ja omakotitaloissa asujat, kun polttoaineiden hinnat ja lämmityskustannukset nousevat.

Polttoaineiden verotus on jo perinteisesti ollut Suomessa kovaa, ja ilmastopolitiikka luo paineita nostaa verotusta entisestään. Edellä mainittu biopolttoaineiden osuuden säätely, eli sekoitevelvoite, nostaa myös polttoaineen hintoja.

Biopolttoaineen osuuden on Suomessa päätetty nousevan vuoteen 2030 mennessä 30 %:iin polttoaineesta. Vielä tätäkin jyrkempiä tavoitteita on ollut esillä. Päätösten vaikutusten mittaluokasta kertoo se, että esimerkiksi yksin biopolttoaineen osuuden nosto 18 % tasosta 30 % tasolle tarkoittaisi noin 70 sentin korotusta polttoaineen litrahintaan.

Suuressa osassa maata yksityisautoilulle ei ole vaihtoehtoa. Autoilun kustannusten kasvu ei johda näin ollen vaihtoehtoisten kulkumuotojen käytön kasvamiseen, vaan ainoastaan autoilun kustannusten kasvuun ja käytettävissä olevan varallisuuden vähentymiseen.

Nopealla tahdilla tapahtuva fossiilisista polttoaineista luopuminen lisää myös asumisen kustannuksia, kun polttoöljyn verotus kiristyy ja asuntojen lämmityskustannukset nousevat. Valtio maksaa tukia siirtymiseen öljylämmityksestä maalämmitykseen, mutta tuet ovat lähinnä valuneet hintoihin, ja hyöty niistä on mennyt kuluttajan sijaan tuottajille.

On myös tärkeää ottaa huomioon, että ilmastopolitiikan takia nousevat elinkustannukset iskevät eri väestöryhmiin varsin epätasaisesti. Verotuksen painopisteen siirtäminen ansiotuloverotuksesta kulutuksen verottamiseen ja niin sanottuihin ”haittaveroihin”, iskee alempiin tulo- luokkiin suhteellisesti eniten, jonka tuloista suurin osa menee kulutukseen. Fossiilisten polttoaineiden kallistuminen verotuksen ja muun säätelyn myötä iskee taas etenkin suurten kaupunkien ulkopuolella, jossa auton käytölle ei ole olemassa vaihtoehtoa ja moni asuu omakotitalois- sa, joita lämmitetään vielä fossiilisin polttoainein.

Vihreä ilmastopolitiikka koskettaa siis suoraan ihmisten arkea, ja taakka ilmastopolitiikasta jakautuu hyvin epätasapuolisesti.

VIHREÄKSI MARKKINOITU TEKNOLOGIA ON MAINETTAAN HUONOMPAA

Ero puhtaaksi väitetyn ja likaiseksi väitetyn energian välillä ei ole niin mustavalkoista, kuin ilmastokeskustelussa annetaan usein ymmärtää. Niin kivihiilellä tapahtuvan energian tuotannon kuin vaikka polttomootoriautojen päästöjen suhteen on tapahtunut vuosikymmenten saatossa merkittävää kehitystä. Tämä kehitys uhkaa pysähtyä täysin, jos politiikasta annetaan signaali, että kaikesta fossiiliperäisestä ollaan siirtymässä nopealla aikataululla sähköön.

Helsingin päätös luopua kivihiilen käyttämisestä sähkön tuottamisessa ja korvata se puuhakkeella, käy esimerkkinä vihreän ilmastopaniikin varjolla tehdystä päätöksestä, jota ei ole harkittu täysin loppuun. Helsingin päätös johtaa tilapäisten laitosten rakentamiseen, energian omavaraisuuden heikentymiseen, kun poltettava puuhake tuodaan ulkomailta, ja lopputulemana sähkön hinnan nousuun. Näin siitä huolimatta, että suomalaiset kivihiilivoimalat ovat maailman mittakaavassa edistyneisimmästä päästä ja ominaispäästöiltään maailman huippua.

Kivihiilen käytön etuna on lisäksi se, että samassa voimalassa voidaan tuottaa sekä sähköä että kaukolämpöä. Energiantuotantoa tulisikin tarkastella kokonaisuutena, ja vanhoista tuotantomalleista ei ole mielekäästä luopua, ennen kuin korvaavaa edullista energiaa on saatavilla.

Tuulivoima

Tuulivoimaa on markkinoitu energiantuotannon vihreän siirtymän symbolisena lippulaivatuotteena. Suomessa siirtymistä tuulivoimaan on tuettu muun muassa avokäisellä tukipolitiikalla, ja voimaloita on perustettu kiihtyvään vauhtiin viimeisen vuosikymmenen aikana. Muun muassa Sitra on esittänyt jyrkkiä visioita rakentamisen lisäämisestä entisestään.

Tuulivoima on kuitenkin mainettaan ongelmallisempi energia-

muoto, kuten Rauli Partanenkin nostaa esiin raportissaan. Suurimpia ongelmia on se, että tuulivoiman tuotannon määrä vaihtelee suuresti sään mukaan. Tämä tarkoittaa sitä, että se tarvitsee paljon niin sanottua säätövoimaa, jolla pystytään kattamaan ajat, jolloin tuotanto on matalaa. Toisaalta silloin kun tuotanto on liian suurta, muodostuu ongelmaksi se, miten ylimääräinen energia saadaan käytettyä.

Tuulivoima vaatii tuplkapasiteetin ylläpitoa säätövoiman osalta. Sen myötä syntyy ylikapasiteetin ongelma ja sen myötä kapasiteetin käyttöaste on hyvin alhainen. Kun kapasiteetin käyttöaste on alhainen, poistokustannusten osuus tuotekustannuksista on erittäin suuri.

Vihreäksi markkinoidun siirtymän myötä tapahtuva ydinvoiman ja kivihiihivoiman alasajo ja siirtyminen tuulivoiman kaltaisten uusiutuviksi markkinoitujen energiantuotantomuotojen varaan tuo epävarmuutta energian saatavuuteen. Venäläisen maakaasuun merkitys monien Euroopan maiden energian saatavuudelle onkin paradoksaalisesti noussut vihreäksi markkinoidun siirtymän myötä. Tämä on tarkoittanut monissa tapauksissa, tahatonta tai tahallista, riippuvuuden kasvatamista Venäjästä.

Tuulivoima aiheuttaa kansalaisille kuluja verojen kautta kerättävien suorien tukien lisäksi myös muun muassa sähkön kantaverkkojen uudistamisesta tuulivoiman tarpeita vastaaviksi, mistä kertyy miljardiluokan lasku. Lisäksi tuulivoimaloista kantaverkkoon vieviä sähköjohtoja varten pakkolunastettavasta maasta ei makseta maanomistajille kuin nimellinen korvaus, mikä on kyseenalaista maanomistajien omaisuuden suojan kannalta. Lisäksi tuulivoiman terveydelle aiheuttamat vaikutukset ovat suuri kysymys, josta käydään jatkuvasti keskustelua.

Sähköautot

Sähköautot ovat yksi vihreäksi markkinoidun siirtymän näkyviä keihäänkärkiä. Myös ne ovat mainettaan ongelmallisempia ja epärealisti-

nen vaihtoehto suurimmalle osalle ihmisistä. Sähköautojen ongelmiin lukeutuu se, että hinnat ovat korkeita ja latausverkosto ei ole kattava. Latauksen kesto aiheuttaa myös hankaluutta autojen käyttämiseen pitemmillä matkoilla. Sähköautot eivät lisäksi pysty kuljettamaan samanlaista ihmis- ja tavaramäärää kuin polttomootoriautot.

Sähköautoiluun siirtyminen on yksi tekijä sähkön kysynnän tulevassa nousussa, mikä on jo tähän mennessä johtanut sähkön hinnan nopeaan nousuun, kun tehokasta tuotantokapasiteettia on ajettu samaan aikaan alas ennen niiden kohtuullisena pidettävän käyttöiän päättymistä. Autoilun sähköistyminen tarkoittaakin mittavia investointeja sähköverkkoon, ja sen miettimistä, mistä saadaan riittävästi lisäkapasiteettia sähkön tuotantoon.

Edes Norjassa öljytuotteiden kokonaiskulutus ei ole juurikaan supistunut, vaikka Norjassa myydyistä uusista autoista jo 70 prosenttia on täyssähköautoja. Sähköautojen lisääntyminen IEA:n tilastojen mukaan näkyy kyllä Norjassa bensiinin kulutuksen vähenemisenä noin 30 prosentilla kymmenessä vuodessa, muttei juurikaan dieselin kulutuksessa. Samanaikaisesti kaasun käyttö on voimakkaasti kasvanut.

Mikäli sähköautojen käyttö etenisi maailmanlaajuisesti, niin tultaisiin tällöin myös merkittävien saatavuusongelmien eteen, sillä maailmassa ei ole riittävästi autojen akkuihin tarvittavaa kobolttia ja litiumia.

Polttomootoriautojen ympäristöystävällisyyden kehittäminen olisikin mielekäs vaihtoehto jyrkälle vastakkainasettelulle sähkön ja polttomootoreiden välille. Keskusteltaessa autojen ympäristökuormittavuudesta on autojen ikä yksi vähälle tarkastelulle jääneistä tekijöistä – mitä pitempään autot kestävät käytössä, niin sitä pienempi kuormittavuus niillä on ympäristölle. Tämä on siis myös kehittämissä tärkeä painopiste, joka on tärkeä sekä ilmaston että kuluttajan näkökulmasta.

Sähköautojen tuotanto on ympäristölle kuormittavampaa kuin polttomootoriautojen tuotanto. Syynä on pitkälti akkujen valmistus ja

niiden materiaalien kerääminen. Joidenkin arvioiden mukaan sähköautot ovat jopa polttomoottoriautoja haitallisempia ympäristölle, kun otetaan huomioon tuotannon ja materiaalien aiheuttama kuormitus ympäristölle.

UHKAAVA ENERGIAKRIISI

Luotettavien energiantuotannonmuotojen alasajo ja sähkön kysynnän kasvattaminen vihreäksi markkinoidun siirtymän myötä ovat omalta osaltaan johtamassa maailmaa energiakriisiin. Kun samaan aikaan tuotannon ja kysynnän tasapainoa on muutettu vihreän siirtymän nimissä, ja maailma on palaamassa normaalimpaan päiväjärjestykseen koronan jälkeen, sähkön tuotantomäärän ja kysynnän epäsuhta nostaa sähkön hintaa jyrkästi. Nousussa on myös maakaasun hinta, jota käytetään, kun vihreäksi luokiteltua energiaa ei ole tarjolla riittävästi.

Nouseva sähkön ja maakaasun hinta aiheuttavat ongelmia sekä teollisuudelle että kuluttajille. Euroopassa on jo toteutettu tukipaketteja ja verotukseen liittyviä toimia, jotta alimpiin tuloluokkiin kuuluvien ihmisten energiaköyhyys ei räjähdysnomaisesti lisäännä etenkin lämmityksestä tulevien kulujen kasvaessa. Euroopan tasolla on myös herännyt keskustelua jopa uudesta unionin laajuisesta tulonsiirtopaketista, jota markkinoidaan energian hinnan nousulla.

1970-luvulla öljykriisin aikaan kansalaisten energian kulutusta säänneltiin Suomessakin jyrkin toimenpitein. Tämä koski niin autojen nopeusrajoituksia, kiinteistöjen lämpötilojen kontrollointia sekä valojen käytön rajoittamista. Moottoriurheilua ja huvi-ilmailua rajoitettiin myös polttoaineiden säästämisen nimissä.

Keskustelu rajoituksista tulee varmasti ajankohtaiseksi lähitulevaisuudessa, mikäli kysymystä energian hinnasta ja saatavuudesta ei saada ratkaistua.

YDINVOIMA ON KUSTANNUSTEHOKASTA JA YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISTÄ

Ydinvoima on tehokas ja ympäristölle ystävällinen tapa tuottaa energiaa. Sen mahdollisuuksia ei ole kuitenkaan hyödynnetty riittävästi. Syyinä tähän on ollut pitkälti pelko ydinvoiman turvallisuudesta. Toisaalta ydinvoiman rakentamiskustannukset ovat merkittävät verrattuna muihin energiantuotantomuotoihin.

Suomessa ydinvoimaa on rakenteilla lisää. Rauli Partanen on perustellusti esittänyt, että ydinvoiman rakentamista tulisi joustavoittaa niin, että useampia ydinvoimaloita voitaisiin valmistaa ketjussa, jolloin olemassa olevan tietotaidon käyttäminen mahdollistaisi nopeamman rakentamisen ja kustannusten vähentämisen.

Ydinvoiman laajamittainen lisärakentamisella saataisiin kuitattua sekä oma energiantarve että mahdollistettua energian myynnin ulkomaille. Olisimme näin myös omavaraisia venäläisestä energiasta. Ydinvoima olisi myös keino vähentää päästöjä tavalla, joka ei iske kohtuuttomasti Suomen talouteen.

SUOMALAINEN TEHTAANPIIPPU ON YMPÄRISTÖTEKO

Suomen pyrkimys olla edelläkävijä ilmastopolitiikassa ei palvele suomalaisen teollisuuden ja kuluttajan etua. Se ei palvele myöskään ilmastoasiain, sillä liian jyrkän politiikan seurauksena on hiilivuoto eli teollisuuden pakeneminen sellaisiin maihin, jossa säätely on kevyempää.

Suomen linjana tulisi olla se, että ilmastosäätelyssä ei pyritä kilpailijamaita jyrkempiin tavoitteisiin, jotta hiilivuoto ei vie työpaikkoja ja kasvata maapallon tasolla päästöjä.

Kansainvälisissä ilmastositoumuksissa Suomen ei tulisi lähteä mukaan sellaisiin järjestelmiin, joissa ei oteta huomioon sitä työtä, jota

Suomi on tehnyt ilmastoasioissa viimeisten vuosikymmenten aikana.

On aika lopettaa ilmastopolitiikka, jonka kärkenä on hyvesignaalointi siitä, miten olemme maailman edistyksellisimpiä vihreän politiikan edistäjiä. Realistisella energia- ja ilmastopolitiikalla voimme päästä hyviin ratkaisuihin, joissa otetaan ympäristöasiat huomioon ja ne edistävät suomalaista työtä ja yrittämistä.

Lähteitä

Järvikare, Kai: Pohdintoja veropolitiikasta. Teoksessa Veroja, velkaa ja kaverikapitalismia, Suomen Perusta 2018.

www.suomenperusta.fi/wp-content/uploads/2018/05/Veroja-velkaa-ja-kaverikapitalismia-PDF.pdf

Ilta-Sanomat: ABC- ja STI-asemien polttoaineet toimittava jakeluyhtiö väläyttää bensiinin ja dieselin litrahinnan nostamista lähes 70 sentillä

www.is.fi/autot/art-2000007826580.html

Verkkovisio FINGRID

www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahkomarkkinat/fingrid_verkkovisio.pdf

Real Clear Energy: Building Back Better Means Blackouts and Fragile Grids

www.realclearenergy.org/articles/2021/02/26/building_back_better_means_blackouts_and_fragile_grids_661910.html

Science Daily: In the race to reduce car emissions, don't forget longevity

www.sciencedaily.com/releases/2021/09/210924104313.htm

Ilta-lehti: Perussuomalaiset väittää, että kivihiilestä luopumisesta seuraisi hurja hintojen nousu – Helen kiistää: ”Ei vastaa näkemystämme”

www.iltalehti.fi/politiikka/a/3341992b-e388-44fd-b2d7-c5855a3f56df

Tekniikan Maaailma: Sähköautoilun karumpi puoli: 470 kilometrin matkaan tuhrautui 9 tuntia, neljä pysähdystä – sekä satasella kahvia ja pullaa

<https://tekniikanmaailma.fi/sahkoautoilun-karumpi-puoli-470-kilometrin-matkaan-tuhrautui-9-tuntia-nelja-pysaytytysta-seka-satasella-kahvia-ja-pullaa/?shared=961175-c4947617-500>

Armstrongeconomics: European Power Grid in Serious Trouble

www.armstrongeconomics.com/markets-by-sector/energy/european-power-grid-in-serious-trouble/

Tekniikan Maaailma: Sähköautojen konepeltien alla piilottelee ”likainen” akku – Laskelma:

Sähköautojen akkujen tuotanto synnyttää ”CO₂-päästöjen aallon”

<https://tekniikanmaailma.fi/sahkoautojen-konepeltien-alla-piilottelee-likainen-akku-laskelma-sahkoautojen-akkujen-tuotanto-synnyttaa-co2-paastojen-aallon/?shared=910022-306236fb-500>

Bloomberg: The Dirt on Clean Electric Cars

www.bloomberg.com/news/articles/2018-10-16/the-dirt-on-clean-electric-cars?srd=premium-europe

Eric Peters Autos: Sniffing a Scandal

www.ericpetersautos.com/2018/07/06/sniffing-a-scandal/

Foundation for Economic Education: You Can't Regulate Crony Capitalism Away

<https://fee.org/articles/you-cant-regulate-away-crony-capitalism/>

Zerohedge: It's Too Late To Avoid A Major Oil Supply Crisis

www.zerohedge.com/energy/its-too-late-avoid-major-oil-supply-crisis

Financial Times: Energy crisis is moment of truth for Europe's green ambition

www.ft.com/content/ab284905-8f54-4200-ab12-783d4580ad03?segmentId=b385c2ad-87ed-d8ff-aaec-0f8435cd42d9

Mishtalk: Energy Crunch in Europe With New Record Prices and Wind Stops Blowing

<https://mishtalk.com/economics/energy-crunch-in-europe-with-new-record-prices-and-wind-stops-blowing>

Zerohedge: The Harsh Truth Behind Europe's Energy Crisis

www.zerohedge.com/energy/harsh-truth-behind-europes-energy-crisis

Suomen Uutiset: Vihreän politiikan hinta

www.suomenuutiset.fi/vihrean-politiikan-hinta/

Suomen Uutiset: Tutkimus selvitti: Autoilevat omakotitaloasujat joutuvat hallituksen

ilmastotoimien maksajiksi

www.suomenuutiset.fi/tutkimus-selvitti-autoilevat-omakotitaloasujat-joutuvat-hallituksen-ilmastotoimien-maksajiksi/

Suomen Perusta -ajatuspajan julkaisuja

Miten euroalue kehittyy? (2013)

Euro vai ei? – Eurokriisi ja Suomen vaihtoehdot (2013)

Kunnat kuntoon! – Puheenvuoroja kuntien ongelmista ja mahdollisuuksista (2014)

Kohti parempaa Eurooppaa (2014)

Suomen talous ja talouspolitiikan linja – Miten Suomi saadaan uudelleen nousuun? (2014)

Vapaaehtoinen ruotsi on hyvinvointietu – Suomenkielisten näkökulma kielipolitiikkaan (2014)

Venäjä: uhka vai mahdollisuus? – Avointa keskustelua Suomen Venäjä-suhteesta (2014)

Kansankodin kuolinvuoteella – Ruotsalainen hyvinvointivaltio ja maahanmuutto (2015)

Liberaalin dilemma – Monikulttuurisuus ja vapaa yhteiskunta (2015)

Maahanmuutot ja Suomen julkinen talous – Osa 1:

Toteutuneet julkisen talouden tulot ja menot (2015)

Punavihreä kupla – Perussuomalaiset ja media (2015)

Siirtolaiskriisi – puheenvuoroja muuttoliikkeen syistä ja seurauksista (2015)

Onko Euro pelastettavissa? – EMU:n kehittämissuositusten arviointia ja Suomen linja (2016)

Turvallisuus uhattuna – maahanmuutto, turvallisuustilanne ja kansalaispartiot (2016)

Kansainvälinen pakolaisinstituutio ja valtioiden mahdollisuudet –
imagon suojelusta rajojen suojeluun (2016)

Epäneutraali sukupuoli- ja sukupuolikirja – puheenvuoroja sukupuolikysymyksistä (2016)

Integraatio vastatuulella – kuinka Brexit ja Trump-ilmiö haastavat
globalisaation ja federalismin (2016)

ME – ajatuksia perussuomalaisuudesta (2016)

Maahanmuutto – talouden ongelma vai ongelmien ratkaisu? (2017)

Seitsemän näkymää Suomelle – ajatuspajojen tulevaosuusvisioita (2017)

Mitä maahanmuutto maksaa? – katsaus maahanmuuton julkisen
talouden vaikutuksiin (2017)

Tuleeko Amerikasta jälleen suuri? – Mitä Donald Trump on saanut aikaan ensimmäisenä vuotenaan Yhdysvaltojen presidenttinä (2018)

Maahanmuutto - kritikon käsikirja (2018)

Syteen tai soteen - sosiaali- ja terveydenhuollon uudistusesityksen kritiikki (2018)

Veroja, velkaa ja kaverikapitalismia - näkökulmia Suomen talouden ongelmista ja mahdollisuuksista (2018)

Kuinka kalliiksi halpatyövoima tulee? - Ulkomaisen työvoiman aatavuusharkinta, työmarkkinat ja julkinen talous (2018)

Loppu halpatyövoiman maahantuonnille (2019)

Humanitaarisen auttamisen reformi (2019)

Maahanmuutot ja Suomen julkinen talous: Osa 2: Elinkaarivaikutukset (2019)

Ympäristörealistin käsikirja (2019)

Maahanmuuttajien toimeentulotuet (2020)

Aloite Suomen koronapolitiikkaan (2020)

Totuus kiihottaa (2020)

Kuinka kalliiksi 175 nuoren turvapaikanhakijan vastaanottaminen tulee (2020)

Kummallisvaalit - mistä kuntavaaleissa on kyse? (2020)

Koulukirja - Kymmenen myyttiä suomalaisesta peruskoulusta (2021)

Kuinka kalliiksi 1 000 Afganistanista otettavaa humanitaarista maahanmuuttajaa tulee? (2021)

Tulvia ja tulikiveä - Maailmanlopun tematiikka ilmastokeskustelussa (2021)

Ydinvoima Suomessa 2050 - Miten Suomesta hiilinegatiivinen ja kilpailukykyinen uuden ydinvoiman avulla (2021)

