

Sektori-integraatiotyöryhmän väliraportti 29.1.2021

Sisällysluettelo

1. Yhteenvedo – Tarpeita, mahdollisuuksia ja haasteita sektori-integraatiolle	4
2. Johdanto	8
3. Sektori-integraatio – mikä ja miksi?	9
OSA I Energiajärjestelmien integraatio –asiantuntijaryhmän yhteenvetoraportti	11
4. Sähkö-kaasu yhteenliittäjä	11
4.1 Mahdollisuudet	11
4.2 Haasteet	14
5. Sähkö-lämpö yhteenliittäjä	17
5.1 Mahdollisuudet	17
5.2 Haasteet	18
6. Kaasu-lämpö yhteenliittäjä, muut kaasut ja nestemäiset polttoaineet	21
6.1 Mahdollisuudet	21
6.2 Haasteet	22
7. Sektori-integraatioon liittyviä huoltovarmuusnäkökohtia	24
7.1 Mahdollisuudet	24
7.2 Haasteet	25
OSA II Sektori-Integraatio teollisuudessa –asiantuntijaryhmän yhteenvetoraportti	27
8 Sektori-integraatio teollisuudessa	27
8.1 Toimialojen vähähiilitiekartat viitoittavat suomalaisen teollisuuden tulevaisuutta	27
8.2 Suomen teollisuuden globaali kädenjälki voi olla merkittävä	27
8.3 Asiantuntijaryhmän näkökulmia sektori-integraation edistämiseksi	29
9 Teollisuuden sektori-integraatiota edistävät konseptit ja infrastruktuuri	32
9.1 Teollisuusprosessien sähköistäminen	32
9.2 Vähähiiliset kaasut osana tulevaisuuden kaasujärjestelmää	33
9.3 Vedyntuotanto ja hyödyntäminen teollisuudessa	34
9.4 Teollisuuden hukkalämmöt käyttöön	36
10 Uuden liiketoiminnan kehittäminen ja rahoitus	38
10.1 Toimintaympäristölle asetettavat edellytykset kokonaisuutena	38
10.2 Tutkimus- ja kehittämishankkeiden rahoitus	38
10.3 Investointien rahoitus	39
10.4 Tuotantotuet ja kysyntään vaikuttaminen	40
11 Kasvihuonekaasupäästöjen hinnoitteluun liittyvä sääntely	42
11.1 Päästökauppa	42
11.2 Hiilitullijärjestelmä	43
11.3 Energiaverotus ja sektori-integraatio	43

12 Yhteenveto – tärkeät mahdollisuudet ja haasteet	46
OSA III: Sektori-integraatio kaupungeissa ja alueilla asiantuntijaryhmän yhteenvetoraportti	48
13 Taustaa sektori-integraatiosta kaupungeissa ja alueilla	48
14 Sektori-integraatio alueilla ja aluekehityksessä	49
14.1 Mahdollisuudet.....	49
14.2 Haasteet.....	49
15 Sektori-integraatio osana kaupunkien keskitettyjä lämmitysratkaisuja	51
15.1 Mahdollisuudet.....	51
15.2 Haasteet.....	52
16 Lämmön talteenoton ja aurinkoenergian hyödyntäminen kiinteistöissä.....	54
16.1 Mahdollisuudet.....	54
16.2 Haasteet.....	54
17 Kysyntäjousto ja älykkäät ratkaisut	56
17.1 Mahdollisuudet.....	56
17.2 Haasteet.....	56
18 Sähköautojen lataus ja liikenne.....	59
18.1 Mahdollisuudet.....	59
18.2 Haasteet.....	59
19 Taloudelliset ohjauskeinot ja investointien rahoitus.....	60
19.1 Mahdollisuudet.....	60
19.2 Haasteet.....	60
Liite: Työryhmän ja asiantuntijaryhmien jäsenet ja kuullut henkilöt	62

1. Yhteenvedo – Tarpeita, mahdollisuuksia ja haasteita sektori-integraatiolle

Sektori-integraatio ja sähköistyminen

Sektori-integraatio on parhaimmillaan kustannustehokas tapa hyödyntää eri sektorien ominaispiirteet, etenkin niiden joustavuus ristiin siten, että järjestelmässä käytetyn uusiutuvan energian osuus saadaan maksimoitua ja samalla pidettyä huoli toimitusvarmuudesta. Sektori-integraation avulla voidaan vähentää päästöjä mahdollistaen kokonaisuutena kestävä energiajärjestelmän kehittämisen. Sektori-integraatiossa oleellista on myös ymmärtää paremmin sektorien ristikkäisvaikutuksia ja täten parantaa mm. ennustettavuutta ja ohjausmahdollisuuksia.

Sektori-integraatiolla on kaksi keskeistä ajuria. Toisaalta puhtaan mutta vaihtelevan sähkön tuotanto lisääntyy nopeasti ja toisaalta yhteiskunta sähköistyy vauhdilla. Tässä murroksessa kustannustehokkuus ja toimitusvarmuus on säilytettävä hyvällä tasolla. Sektori-integraatio tarjoaa työkalun näiden tekijöiden hallintaan. Koska tuotanto ja kulutus harvoin sijaitsevat aivan lähekkäin, tarvitaan energian siirtoon riittävää infrastruktuuria. Infrastruktuuri-investoinnit toisaalta edellyttävät suunnitelmallisuutta ja tietoa etukäteen tulevista merkittävistä tuotanto- ja käyttöhankkeista. Haasteena on myös yhdistää merkittävät investointitarpeet kaikkien markkinaosapuolten kannalta sähkön kilpailukykyiseen kokonaishintaan.

Sektori-integraatiossa erityisesti vähäpäästöinen sähkön tuotanto mahdollistaa yhteiskunnan vähähiilisyyden ja eri sektoreiden joustavuuden avulla vaihtelevan uusiutuvan sähkön tuotannon merkittävä lisääminen tulee mahdolliseksi. On huomioitava, että joustavuuspotentiaali ei toteudu itsestään, vaan sen toteutuminen edellyttää suotuisten toimintaedellytysten luomista, riittävän lupaavaa ja ennustettavaa tuotto-odotusta ja riittävien investointien toteuttamista.

Energiamuotojen markkinat ja yhteistoiminta

Sähköllä ja kaasulla on toimivat kansainväliset markkinamekanismit kummankin hyödykkeen arvon määrittelyyn. Sähkön osalta arvo saadaan lähes reaaliaikaisesti ja kaasulla järjestelmän varastointikyvystä johtuen arvon määrittely tapahtuu pääosin päivätasolla. Hyvin toimivat markkinapaikat luovat mahdollisuuksia hyödyntää sähkö-, kaasu- ja lämpöjärjestelmien markkinoiden välille syntyviä arbitraasimahdollisuuksia kumpaankin suuntaan. Tämän mekanismin kautta energiamuotoja voidaan markkinapohjaisesti muuttaa toisiksi ja siten tuottaa hyötyjä eri energiajärjestelmiin. Markkina-integraatiota tulee tältä osin edelleen kehittää tukemaan laajaa sektori-integraatiota.

Markkinapohjaisten energiamuunnosten mahdollistamiseksi tulisi arvioida miten energian siirrosta tulisi veloittaa tilanteessa, jossa tuotetaan hyötyä koko järjestelmälle. Lämpöjärjestelmät ovat vielä pitkälti suljettuja ja hinnoittelu kiinteää, jolloin lämpöjärjestelmän joustavuuspotentiaalia saadaan hyödynnettyä lähinnä paikallisesti ja tapauskohtaisesti. On myös tärkeää, että joustopalveluihin osallistuminen tehdään eri asiakasryhmille riittävän helpoksi ja jouston arvo jaetaan reilulla ja läpinäkyvällä tavalla toimijoiden kesken.

Vähähiilisyyteen siirtyminen muuttaa energiajärjestelmää merkittävästi. Tämä haastaa nykyiset huoltovarmuusjärjestelyt, jotka perustuvat pitkälti fossiilisten polttoaineiden varastoihin. Uudessa

järjestelmässä energiantuotanto ja toimitusketjut hajaantuvat ja siirtyvät monilta osin kotimaisiin käsiin jolloin omavaraisuusaste kasvaa. Toisaalta toimitusketjut voivat samalla jopa monimutkaistua. Monien uusiutuvien polttoaineiden varastoitavuus on fossiilisia heikompi. Uusien toimitusketjujen kriittiset kohdat tuleekin tunnistaa hyvissä ajoin ja varautua niiden häiriöihin. Vanhojen varautumisjärjestelyjen siirtymäaikoihin tulee myös kiinnittää huomiota.

Lisäksi sähköliittymien suunnittelu ja sähkökomponenttien mitoitus koettaisiin yksinkertaisemmaksi, mikäli käytäntönä olisi toimittaa erillinen liittymä pelkälle lataukselle.

EU-lainsäädäntö

Sääntelyn tulisi tukea vähähiilisyys siirtymistä. Sektori-integraation näkökulmasta sääntelyllä on merkittävä rooli eri markkinapaikkojen toiminnan takaajana, eri polttoaineiden ja energijakeiden uusiutuvuuden määrittelyssä, sekä integraation mahdollistajana. Uusien sektori-integraatioon perustuvien teollisten arvoketjujen kehittäminen (esim. vety, power-to-X, digitalisaatio) edellyttää kannustavan ja innovaatiomyönteisen toimintaympäristön luomista. Samaan aikaan tulisi välttää mahdolliset negatiiviset kehityskulut, kuten hiilivuoto.

Merkittävilta osin tämä toimintaympäristö ja sen määrittävä sääntely on EU-tasoista. Kansallisella ja alueellisella tasolla voidaan ottaa huomioon paikalliset ominaispiirteet.

Teollisuuden sektori-integraatiota edistävät hankkeet perustuvat usein suuriin investointeihin ja prosessien sähköistykseen. Investointipäätösten toteuttamista vaikeuttaa EU:n ilmasto- ja energiapolitiikan heikko ennustettavuus, sillä komissio on avaamassa keskeistä lainsäädäntöä lähiaikoina. Tämä voi johtaa merkittäviin muutoksiin toimintaympäristössä ja vaikuttaa keskeisesti investointiedellytyksiin.

Esimerkkinä EU-lainsäädäntö ei tällä hetkellä edistä hiilidioksidin uusia käyttö- ja varastointitapoja ja negatiivisia päästöjä (esim. BECCS). Voimassaolevan uusiutuvan energian direktiivin uusiutuvuuden epämääräiset määritelmät etenkin vedylle ja power-to-X-ratkaisuille hidastavat investointeja näihin ratkaisuihin.

EU-lainsäädännön sisältö ja johdonmukaisuus jatkossa ovat keskeisessä roolissa investointien mahdollistamiseksi puhtaaseen sähköntuotantoon ja vähähiilisiin teollisuusprosesseihin. Kehityksen tiivis seuranta on aivan keskeistä alan toimijoille. Samalla EU-lainsäädännön muutosten vaikutusten arviointi ja rahoituksen saatavuuteen ja toimintaympäristömuutoksiin vaikuttaminen voi olla myös mahdollisuus tulevaisuuden liiketoiminnalle.

Uusien teknologioiden demonstroinnin ja kaupallisen käytön rahoitus

Keskeinen haaste on pienentää merkittävästi globaalin kilpailun piirissä olevan teollisuuden hiilijalanjälkeä samalla viennin kilpailukyky säilyttäen, ja ilmastokädenjälkeä kasvattaen. Suomessa alan tutkimusta on käynnissä ja rahoitusta tutkimukselle, kehitykselle ja kaupalliselle toiminnalle on kohtuullisesti saatavilla. Riskien jakoa tarvitaan julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyönä uusien merkittävän kokoluokan vähähiiliratkaisuiden käyttöönoton edistämiseksi. Erityisesti järjestelmätason suurempien ratkaisujen kehittäminen ja demonstroiminen on ollut toistaiseksi haastavaa. Suomessa on esimerkiksi vetyyn, power-to-X-ratkaisuihin ja eri sektoreiden rajapinnoilla toteutettaviin digitalisaatoratkaisuihin liittyvää osaamista.

Sektori-integraation keskeisenä mahdollistajana on elektrolyysillä toteutettu vedyn tuotanto. Vety yhdistää niin sähkö-, kaasun-, lämpö- kuin liikennejärjestelmätkin ja mahdollistaa monien sektoreiden muuttamisen vähähiiliseksi. Teknologia on sinällään olemassa, mutta teollisen mittakaavan saavuttamiseksi tärkeät suuremman kokoluokan hankkeet vasta suunnittelussa. Vedyn tuotantoteknologian kannattavuus on keskeinen haaste ja fossiilisten polttoaineiden toistaiseksi suhteellisen alhaisen hinnan takia pilottivaiheen hankkeet tarvitsevat tukia investointiin, tuotantoon tai molempiin.

Kaupungeissa ja alueilla toteutettavien paikallisten ratkaisujen osalta rahoitukseen liittyy myös muita näkökulmia. Ylipäätään tukien hakeminen koetaan joillain tahoilla haastavaksi ja perehtyneisyyttä vaativaksi, minkä vuoksi rahoituksen koetaan kohdistuvan vain osalle toimijoista. Tukiin liittyvä neuvonta koetaan myös usein hajanaiseksi. Pelkkiin aurinkosähköhankkeisiin ei tällä hetkellä saa tukea kerros- eikä rivitaloissa, ellei rakennuksen energiatehokkuutta samalla paranneta merkittävästi. Niin sanottuja älykotiratkaisuja tuetaan osana rakennuksen energiatehokkuuden parantamista. Ne ovat oleellisia myös kysyntäjouston kehittämiseksi. Spot- tai aikahinnoiteltujen sähkösopimusten valitsemiseen ei ole tarjolla tukiin perustuvia kannusteita. Suomessa on myös alueita ja kuntia, joiden alueilla toteutettaviin hankkeisiin liittyy rahoitushaasteita. Rahoitusjärjestelyjä, jotka poistavat tarpeen suurelle alkupääomalle elinkaarikustannuksiltaan kannattavassa projektissa, tarvittaisiin lisää.

Verotus

Verotus on keskeisessä roolissa sektori-integraation mahdollistajana osana vähähiilisyteen siirtymisen jatkumoa. Verotus voi myös estää joidenkin ratkaisuiden kaupallistumisen, mikäli verotus tekee niistä kannattamattomia. Verotuksen rakenne on rakennettu ennakoitavaksi, mutta verotasot ovat poliittisia kysymyksiä. Sektori-integraation uudet sovellukset, kuten esimerkiksi vedyn ja power-to-X-ratkaisuiden verotus on toistaiseksi avoinna ja keskustelun kohteena.

Verotuksen osalta hallitus on linjannut teollisuuden sähköistymisen edistämistä alentamalla sähkövero EU:n sallimalle vähimmäistasolle. Tämä voi mahdollistaa monien teollisten sähköistymiseen perustuvien sektori-integraatoratkaisujen, kuten elektrolyysilaitosten kannattavuutta. Toisaalta esimerkiksi kaukolämmöntuotannon sähköistäminen sähkökattiloilla ei ole verotussyistä tällä hetkellä houkuttelevaa.

Uudenlaisiin energiamuunnoksiin perustuvien sektori-integraatoratkaisujen verotus vasta energiankäyttövaiheessa olisi todennäköisesti toimivin ratkaisu. Esimerkiksi vedyn arvoketju voi olla hyvin monimuotoinen tuotannosta käyttöön. Näin vältetään moninkertaiselta energiaverotukselta ja mahdollistettaisiin eri vaihtoehtojen tasapuolinen kilpailu.

Muut asiat

Aluekehityksessä yksi vaikeimmista asioista on kansallisten tavoitteiden jalkauttaminen kuntiin ja niiden päätöksentekoon. Päätöksenteon prosessit sekä luvitus- ja kaavoituskäytännöt vaihtelevat kunnittain, tarkasteltavia vaihtoehtoja on yleensä suuri joukko ja esimerkiksi julkisten hankintojen kriteerit eivät välttämättä huomioi muuta kuin hinnan. Yhdeksi ratkaisuvaihtoehdoksi on esitetty kuntakohtaisia energiastrategioita.

Osaamisen kehittäminen on sektori-integraation edistämiseksi selkeä haaste. Sektori-integraatio edellyttää eri alojen osaamisen entistä tiiviimpää yhteistyötä ja toisaalta varsinaisen integraation osaamista. Osaamistarpeita tulisi mahdollisesti selvittää myöhemmin.

2. Johdanto

Työ- ja elinkeinoministeriö perusti kesällä 2020 työryhmän etsimään keinoja energia-alan sektori-integraation edistämiseksi. Työryhmä toimikaudeksi asetettiin 1.8.2020 – 30.6.2021. Sen tulee luovuttaa väliraporttinsa 1.2.2021 ja loppuraportti 30.6.2021. Työryhmä kokoontui ennen väliraportin luovuttamista neljä kertaa.

Työryhmän työssä pyritään selvittämään mahdollisuuksia ja haasteita sektori-integraatiolle sekä toimenpidevaihtoehtoja sektori-integraation edistämiseksi. Työryhmä arvioi myös mahdollisuudet edistää vetytaloutta ja sähköstä tuotteiksi -ratkaisuja (ns. Power-to-X). Sen tulee ottaa työssään huomioon sektori-integraation ja vetytalouden kehitys EU:ssa.

Työryhmän esittämien toimien tulee edistää hallitusohjelman mukaista tavoitetta saavuttaa ilmastoneutraalius Suomessa 2035 mennessä sekä parantaa Suomen kilpailukykyä. Työryhmän esittämillä toimenpiteillä pyritään myös tukemaan eri toimialojen laatimien vähähiilitiekarttojen toteutumista. Toimeksiannon mukaisesti asiantuntijaryhmien työssä tuli erityisesti huomioida eri teollisuudenalojen vähähiilitiekartat ja tarvittaessa kuulla tiekarttojen tekijöitä.

Työryhmän yhteyteen kutsuttiin alkuvaiheessa kolme asiantuntijaryhmää, joiden jäseninä ovat keskeiset sidosryhmät. Asiantuntijaryhmät olivat 1) energiajärjestelmien integraatio, 2) sektori-integraatio teollisuudessa ja 3) sektori-integraatio kaupungeissa ja alueilla.

Asiantuntijaryhmien tuli kuulla sektori-integraatioon erikoistuneita yrityksiä ja muita keskeisiä organisaatioita.

Väliraportin yhteenveto on laadittu sektori-integraatiotyöryhmän toimesta asiantuntijaryhmien työhön perustuen. Raportin osat I-III sisältävät tiivistävät asiantuntijaryhmissä esiteltyjen materiaalien, käytyjen keskustelujen ja tausta-aineistojen sisältöä.

3. Sektori-integraatio – mikä ja miksi?

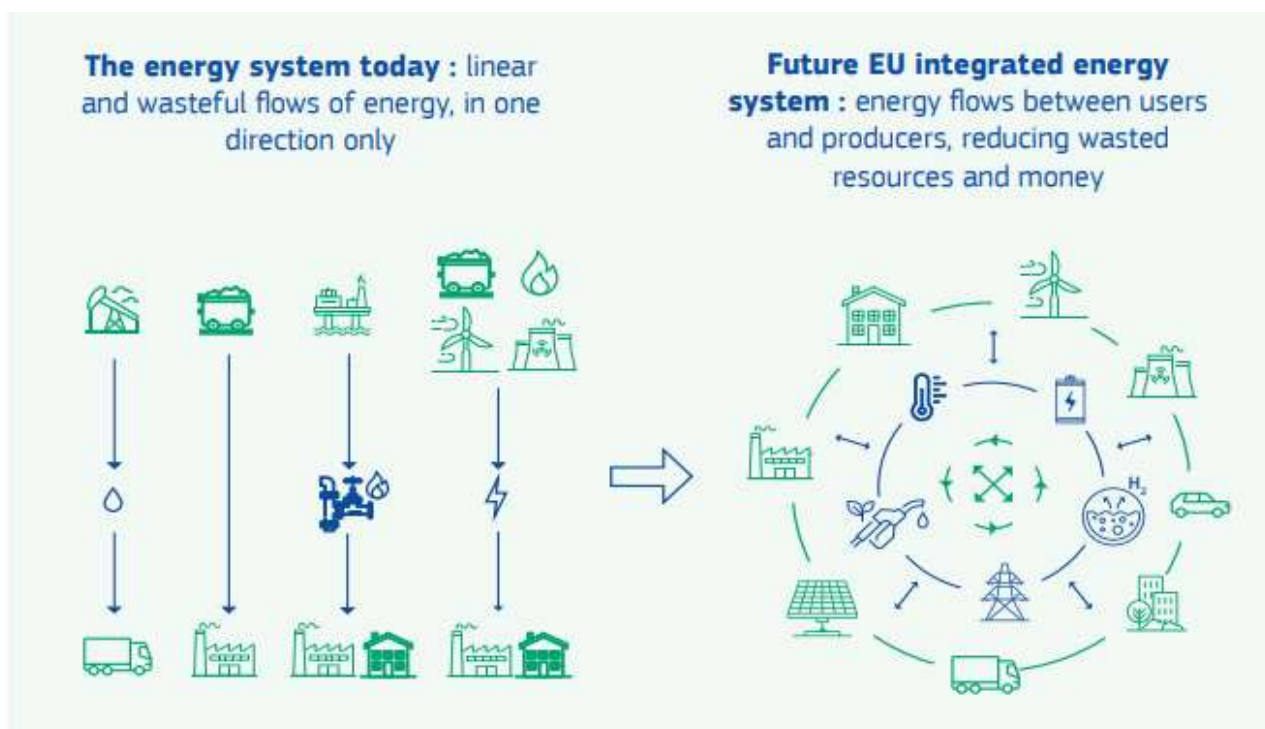
Ilmastoneutraalisuuden saavuttaminen edellyttää puhtaan energian hyödyntämistä kaikkialla yhteiskunnassa. Sektori-integraatio mahdollistaa puhtaan energian käytön erilaisiin tarkoituksiin, esimerkiksi teollisuudessa, lämmityksessä tai liikkumisessa.

Sektori-integraatio on osa kehitystä, jossa energiantuotannon, -siirron ja -käytön roolit ovat murroksessa. Uudenlaisia sektoreiden, energiantuotajien, infrastruktuurien ja teknologioiden välisiä linkkejä muodostuu. Kyse on pitkälti puhtaan sähkön hyödyntämisestä ja resurssitehokkuudesta yhteiskunnan vähähiilikehityksen vauhdittamiseksi. Esimerkkejä teollisesta sektori-integraatiosta ovat muun muassa uudenlaiset tavat tuottaa ja käyttää vetyä, hyödyntää hiilidioksidia tuotteiden valmistukseen sekä uudet puhtaaseen energiaan linkittyvät bio- ja kiertotalouden ratkaisut. Sektori-integraatio mahdollistaa sekä hallitusohjelman tavoitteiden edistämistä että eri toimialojen laatimien vähähiilitiekarttojen toimeenpanoa.

EU:n komissio julkaisi kesällä 2020 energiajärjestelmän integraatiota ja vetyä koskevat strategiat, jotka ovat osa vihreän kehityksen ohjelmaa. Energiajärjestelmän integraatioon ja vetyyn liittyviä lainsäädäntöehdotuksia on odotettavissa erityisesti vuoden 2021 aikana. Suomi on liittynyt Euroopan vetyallianssiin. Energiajärjestelmän integraatio ja vety ovat yleisiä teemoja myös globaalilla tasolla esimerkiksi kansainvälisten järjestöjen agendoilla.

Sektori-integraatio käsitteenä kuvaa energiajärjestelmien, -markkinoiden ja -teknologioiden uudenlaista yhteistoimintaa. Se voidaan nähdä keskeisenä keinona yhteiskunnan vähähiilisyystavoitteen kustannustehokkaassa ja toimitusvarmassa saavuttamisessa, ei päämääränä itsessään. Sektori-integraatio mahdollistaa tuuli- ja aurinkovoiman määrän merkittävän lisäämisen, kun kaasun, kaukolämmön, nestemäisten polttoaineiden ja teollisuuden tuotantoon liittyvä jousto saadaan käyttöön tasaamaan uusiutuvalle sähkölle ominaisia suuria tuotantovaihteluita. Päästötön sähkön tuotantokapasiteetti puolestaan yhdistettynä muiden energiamuotojen tuottamaan joustokapasiteettiin mahdollistaa vähähiilisyystavoitteiden saavuttamisen myös kaasun, kaukolämmön, nestemäisten polttoaineiden ja teollisuuden tuotannossa. Tämä lisää koko järjestelmän huoltovarmuutta, kun eri järjestelmät ovat osittain toistensa korvaajina.

Euroopan komissio julkaisi heinäkuussa 2020 tiedonannon, jonka tarkoituksena on edistää Euroopassa energiajärjestelmien integraatiota reittinä vähähiilisyystavoitteiden saavuttamiseen. Tässä oleellisena elementtinä on järjestelmien integraatio sekä siirtyminen kohti vedyn laajamittaista käyttöä energiajärjestelmiä yhdistävänä tekijänä. Seuraavassa kuvassa esitetään komission näkemys nykyisestä energiajärjestelmästä ja integroituneesta energiajärjestelmästä periaatteellisella tasolla.



Kuva 1. Sektori-integraatio periaatteellisella tasolla (Lähde EU-Komissio)

Vähähiilisyystavoitteen saavuttamisen kannalta on oleellista, että fossiilisten polttoaineiden käytöstä päästään eroon. Tässä prosessissa päästöttömien uusiutuvien tuotantomuotojen, erityisesti tuulivoiman ja aurinkovoiman määrän odotetaan kasvavan eniten ja yhteiskuntien yleisen sähköistymisprosessin jatkuvan. Suomessa näiden ohella myös muilla vähähiilillä energiamuodoilla on oleellinen asema.

Vähähiilisyystavoitteiden saavuttamiskeinoja verratessa tulee ottaa huomioon energijärjestelmien kustannukset ja hyödyt sekä huoltovarmuusnäkökohdat kokonaisuutena. Tällöin päästövähennystoimenpiteiden toteuttamiskelpoisuuden arviointi voidaan tehdä realistiselta pohjalta ja saavuttaa siten koko yhteiskunnan kannalta matalin kokonaiskustannustaso. Tuotannon kustannusten ohella on keskeistä huomioida myös energian siirtoon, käyttöön ja käyttöteknologiaan liittyvät kustannukset sekä muiden energiamuotojen luomat mahdollisuudet päästövähennemien toteuttamiseksi kokonaisuuden kannalta mahdollisimman kustannustehokkaasti. Esimerkiksi teollisuuden prosessien energiatekniikan investoinnit, sähkö- ja kaukolämpöverkkojen kehitys, yhdyskuntien kaukolämpöjärjestelmät, asumisen ja liikkumisen energiatekniikan järjestelmät tulee huomioida kokonaisuutena.

Kaikki sektori-integraatioissa tarvittava teknologia ja ratkaisut eivät ole valmiita, vaan vaativat edelleen kehittämistä ja demonstroimista todellisessa ympäristössä. Tässä kehitystyössä oleellista on riittävän mittakaavan saavuttaminen tuotannossa ja valmistuksessa. Koska ratkaisut ovat suuria järjestelmätason ratkaisuja, niiden pilotointi oikeassa ympäristössä on myös haastavaa. Erityisesti vetyyn liittyvän käyttö- ja tuotantoteknologian ja siihen liittyvän toimintaympäristön kehittäminen mahdollisimman kilpailukykyiseksi ja läpinäkyväksi on keskeistä eri energijärjestelmien saattamisessa vähähiiliseksi. Tärkeää on myös markkinoiden, rajapintaratkaisujen ja uusien liiketoimintamallien kehitys tukemaan uusiutuvien energian tuotannosta johtuvaa markkinoiden volatilitteettia ja jousto- ja varastointitarvetta. Suomessa kehitettävät uudet sektori-integraatoratkaisut voivat myös muodostua vientituotteiksi ulkomaille ja lisätä Suomen kilpailukykyä.

OSA I Energiajärjestelmien integraatio –asiantuntijaryhmän yhteenvetoraportti

Asiantuntijaryhmän vastuulla oli sähkö-, kaasu- ja lämpösektorien tarkastelu ja integroituminen sekä suhde mm. teollisuuden ja kiinteistöjen energiankäyttöön. Työssä tuli huomioida sääntelystä ja päästökaupasta tulevat reunaehdot. Ryhmän tuli käydä läpi hinnoittelu- ja markkinarakenteet sekä liiketoimintaprosessit (ml. tiedonvaihto) ja kuinka nämä mahdollistavat päästöjen vähentämistä muilla talouden sektoreilla. Myös energiajärjestelmien tekniset rajoitteet sektori-integraation kannalta tuli huomioida.

4. Sähkö-kaasu yhteenliitäntä

4.1 Mahdollisuudet

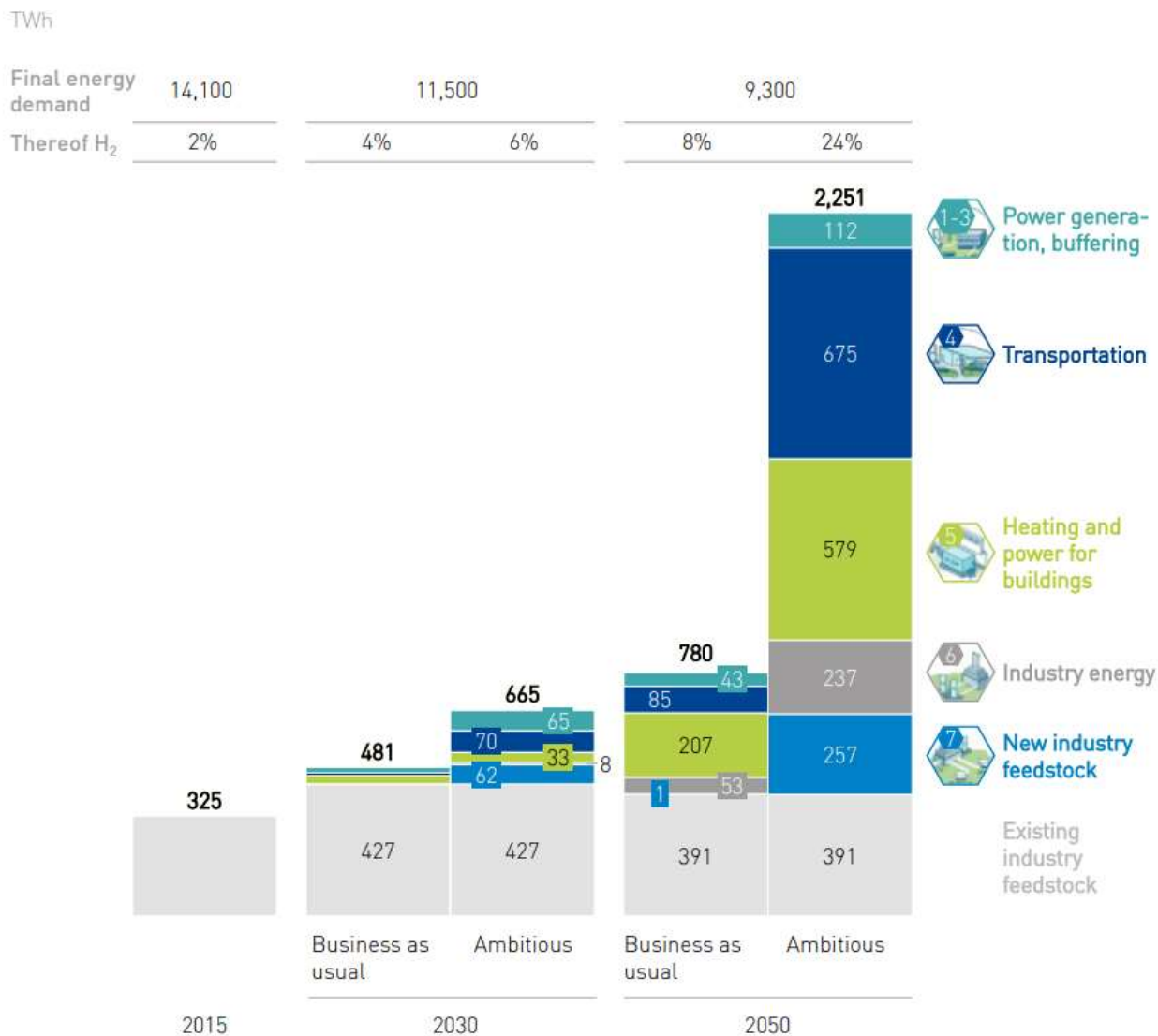
Vähäpäästöinen sähkön tuotanto ja erityisesti hiilidioksidivapaa tuuli- ja aurinkovoiman tuotanto toimivat merkittävilta osin mahdollistajana muiden energiasektoreiden siirtymisessä vähähiilisyteen. Kaasun, nestemäisten polttoaineiden ja kaukolämmön joustavan infrastruktuurin käyttö rinnakkain sähkön tuotannon kanssa puolestaan mahdollistaa suuremman sähkön hiilivapaan ja erityisesti sääriippuvan tuotannon tason saavuttamisen, kun muiden energiamuotojen sisäänrakennettu joustavuus tasapainottaa sähkön tuotantoa ja lisää päästöttömän sähköntuotannon kannattavuutta. Samalla vähäpäästöinen sähkön tuotanto on välttämätön edellytys muiden energiasektoreiden vähähiilisyydelle.

Keskeinen teknologia sähkö- ja kaasusektoreiden integraation syventymisessä on elektrolyysi ja sen tarjoamat energian siirto-, varastointi- ja energiamuunnosmahdollisuudet. Elektrolyysissä vesi hajotetaan sähkön avulla vedyksi ja hapeksi ja samassa yhteydessä syntyy lämpöä. Vety toimii jo sinällään varastoitavana polttoaineena, mutta hiilidioksiidiin yhdistämällä siitä voidaan syntetisoida myös muita kaasuja ja polttoaineita, kuten metaania ja liikenteen nestemäisiä polttoaineita. Elektrolyyseriteknologia sinänsä on valmista laajamittaiseen käyttöön, mutta sen tuotantotalouden parantaminen edellyttää vielä kehityspanosta taloudellisen mittakaavan saavuttamiseksi. Vedyn laajamittaisen hyödyntämisen edellytyksenä on myös vedyn varastointiin, siirtoon ja jakeluun soveltuva infrastruktuuri.

Euroopan komissio on nostanut vedyn ja vetytalouden roolin keskeiseksi vähähiiliseen yhteiskuntaan siirryttäessä Euroopan tasolla. Kunnianhimoisimmissa komission ja toimialan yhdessä luomissa skenaarioissa arvioidaan vedyntuotannon tuplaantuvan vuoteen 2030 mennessä. Pääosa kasvusta tulisi vedyn erillistuotannosta. Suomessa vedyn rooli on vielä avoinna, mutta ainakin teräs-, öljynjalostus- ja kemianteollisuuden prosessien muutoksessa vähähiiliseksi sillä voi olla merkittävä asema. Monimuotoiset kaasut, mm. vedyn sekoitus maakaasun sekaan, synteettinen kaasu, bio- ja kierrätysraaka-aineista tuotetut kaasut sekä puhdas vety voivat olla tukemassa energiajärjestelmien murrosta ja tuomassa ratkaisuja energiansiirto-, varastointi- ja joustotarpeisiin.

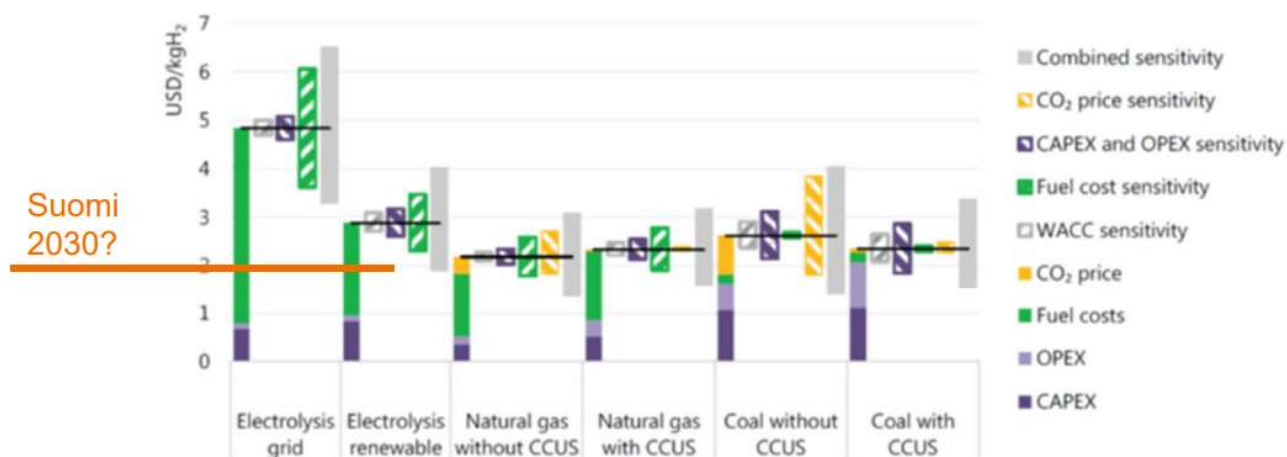
Koska vety ja varsinkin siitä valmistettavat muut polttoaineet ovat kohtalaisen helposti varastoitavia, niin vedyn tuotanto elektrolyysillä voi tuoda lisää joustokkyisiä resursseja sähköjärjestelmään. Tämä kuitenkin edellyttää, että joustavuus otetaan huomioon jo laitteiston investointivaiheessa. Synteettisten kaasujen tuotanto elektrolyysereillä voidaan toteuttaa joko keskitetysti tai hajautetusti. Hajautettujen ja keskitettyjen vaihtoehtojen teknistaloudellisuuteen vaikuttaa ennen kaikkea tuotannon sijoittuminen kaasun ja sähkön siirtoinfrastruktuurin nähden,

elektrolyysissä syntyvän lämmön hyödyntämismahdollisuudet, tuotetun vedyn arvo suhteessa fossiilisista tuotettuun vetyyn ja sähkön saatavuus ja alkuperä. Keskeistä konseptien teknistalouden kannalta on myös verotus sekä mahdollistava regulaatio.



Kuva 2: Vedyn käytön kehitysarvio EU:ssa (Lähde: FCH Hydrogen Roadmap Europe 2019)

Alla olevassa kuvassa on esitetty vedyn hinta eri tuotantomuodoilla. Kuvasta nähdään, että vedyn hinta elektrolyysillä tuotettuna on tällä hetkellä korkeampi kuin fossiilisista lähteistä tuotettuna (maakaasu tai hiili). Tämän teknologian osalta voidaan kuitenkin uskoa, että kehityspanoksen tuloksena sekä laitospääkoko kasvatamalla saavutetaan alhaisempi tuotantokustannusten taso. Tällä hetkellä teknologiaa on testattu pienessä mittakaavassa, mutta pilotti-kokoluokan hankkeet vielä puuttuvat, samoin kuin suuren kokoluokan tuotantolaitokset. Näyttää siltä, että teknologian täysi kaupallistuminen vie vielä 5-10 vuotta.



Kuva 3. Vedyn hinta vs. tuotantotapa (Lähde IEA: The Future of Hydrogen, VTT)

Elektrolyyseri muuttaa merkittävän osan sen käyttämästä sähköenergiasta lämmöksi ja siten elektrolyyseristä syntyvän hukkalämmön hyödyntäminen on tärkeää laitoksen talouden kannalta. Toisaalta myös lämmön saaminen hyödynnettäväksi kaukolämpönä edistää lämmityksen päästöjen vähentämistä. Lämmön varastointiratkaisut voivat myös edistää myös vedyn tuotantoa. Tämä, kuten myös sähkön ja kaasun verkkorakenne tulee ottaa huomioon elektrolyyserin sijoituspaikkaa analysoitaessa. Niin ikään uusien laitosten rakentamisessa tulee ottaa huomioon näiden kyky tuottaa joustoa eri energijärjestelmiin.

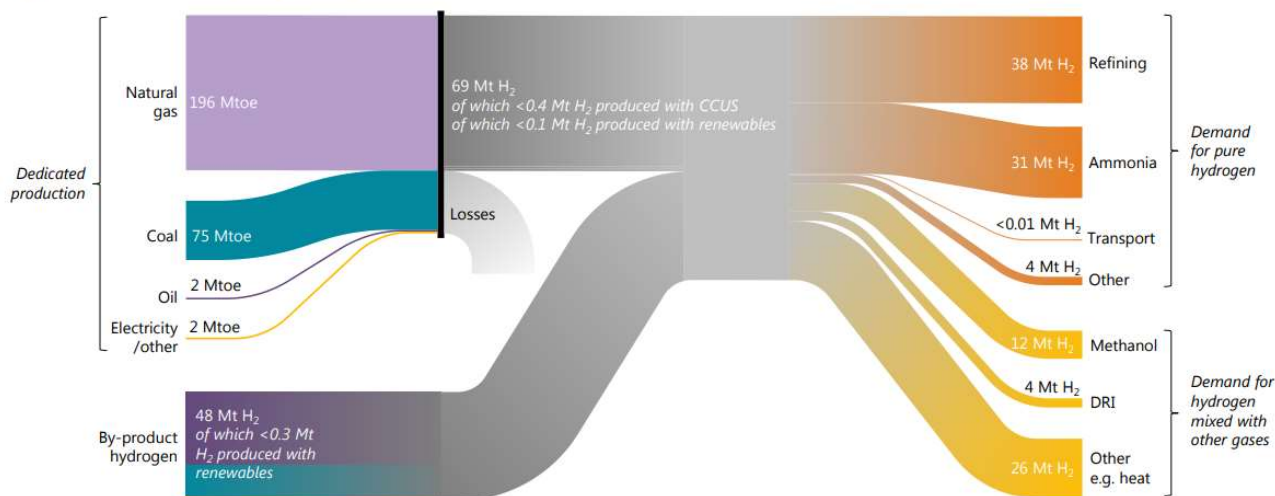
Perusongelma vähähiilisyteen siirryttäessä on, että fossiiliset polttoaineet ovat vielä tällä hetkellä kustannuksiltaan selvästi synteettisiä polttoaineita halvempia. Siksi niiden tuotekehitykseen tarvitaan merkittävää satsausta tuotantokustannusten pudottamiseksi ja suuruuden ekonomian saavuttamiseksi.

Keskitetysti vedyn tuotanto voidaan toteuttaa suurissa yksiköissä esim. jalostamoilla, jossa kulutus on suurta, tai toisaalta muissa sellaisissa paikoissa, missä päästötöntä sähköntuotantoa (esim. tuulivoimaa) on runsaasti saatavissa ja vetyä käyttävä teollisuus on lähellä. Tärkeää on myös, että elektrolyyseristä syntyvää lämpöä voidaan hyödyntää. Pienillä määrillä vedyn säiliökuljetus on kilpailukykyistä, mutta vedyn laajamittaista siirtoa varten tarvitaan lähes aina putkiverkosto. Nykyinen maakaasun siirtoverkko ja kaasun käyttäjien prosessit ja laitteet asettavat kuitenkin rajoitteet vedyn osuudelle maakaasuverkostossa. Ellei vetyä syntetisoida metaaniksi, joka vaatii talteen otettua hiilidioksidia, on vetyinfran kehitys hyvin keskeisessä roolissa laajamittaisen vetytalouden kehittymisessä. Suurissa elektrolyysiin perustuvissa vedyntuotantolaitoksissa syntyvän hapen määrä on myös merkittävä ja sen kaupallinen hyödyntäminen vaikuttaisi positiivisesti hankkeiden kannattavuuteen..

Hajautetun mallin mukaisesti vetyä voitaisiin tuottaa paikallisesti ja pienimuotoisesti kaasun jakeluverkkoon tai muuhun paikalliseen käyttöön. Parhaan mahdollisen kokonaiskannattavuuden saavuttamiseksi lämmölle tulisi myös hajautetussa mallissa löytyä käyttöä läheltä elektrolyyseriä.

Vedyn tuotanto globaalilla tasolla on tällä hetkellä noin 115 -120 Mt vuodessa. Tästä lähes kaikki käytetään erilaisissa teollisuusprosesseissa. Pääosa (noin 70 Mt/a) vedystä valmistetaan fossiilisista lähteistä maakaasusta tai hiilestä erillistuotantona, tai se syntyy prosessien sivutuotteena (noin 48 Mt/a). Vain pieni osa, alle 1 %, tuotetaan vähäpäästöisesti. Erillistuotettu vety on korvattavissa elektrolyysiprosessilla. Tämä vaatisi globaalilla tasolla noin 4000 TWh sähköä.

Figure 6. Today's hydrogen value chains



Kuva 4. Vedyn tuotanto ja käyttö globaalisti. Suurimmat vedyn lähteet ovat maakaasu ja erilaiset sivuvirrat. Pääasialliset käyttöalat ovat öljynjalostuksessa ja kemian teollisuudessa. (Lähde IEA: The Future of Hydrogen)

Lisääntyvän digitalisaation avulla kuluttajien rooli aktiivisena toimijana energiemarkkinoilla on kasvanut ja saman trendin voidaan olettaa jatkuvan myös vastaisuudessa. Kuluttajat ovat muuttumassa passiivisista energian käyttäjistä aktiivisiksi toimijoiksi tuottamalla osan tai kaiken energiastaan itse, siirtämällä kulutustaan hinnan mukaan tai tarjoamalla muutoin resurssejaan järjestelmän tarpeisiin. Kulutusikäytymisen muutos voidaan kanavoida koko energiajärjestelmän kannalta hyödylliseen muotoon digitalisaation ja informaation saatavuuden kautta. Keskeisenä uutena toimijana on aggregaattori, joka kerää pienet kohteet yhteen ja tarjoaa resurssit kokonaisuutena markkinoille. Toistaiseksi kuitenkin kulutusjousto ei tuo laaja-alaisesti hyötyä joustavan kuluttajan kukkaraan. Joustomarkkinoiden kehitys edelleen suuntaan, jossa joustajalle maksettaisiin oikea-aikaisesta joustosta nykyisen lähinnä kustannusten välttämiseen perustuvan toimintamallin sijaan, voisi edesauttaa jouston syntymistä laajemmin. Tämä voisi osittain pienentää investointitarpeita sähkön siirtoverkkoon.

4.2 Haasteet

Markkinat

Oleellimmat epävarmuutta aiheuttavat markkinaelementit ovat eri tuotteiden erilainen hinnannuodostus, verotus, siirtohinnoittelu, tasejaksot, sääntely sekä infrastruktuurin yhteisen suunnittelun puute. Sektori-integraation tuomien hyötyjen arvonnmuodostus ja sen jakautuminen eri toimijoille ovat pitkälti avoinna. Tällä hetkellä sähkön hinta määräytyy pääasiassa vuorokausimarkkinalla ja sen rinnalla toimii myös päivän sisäinen markkina, säätösähkömarkkina ja kantaverkkoyhtiöiden reservimarkkinat, joissa kaikissa sähkön arvo muodostuu oman sisäisen logiikkansa perusteella. Kaasulla on Suomen ja Baltian maat kattava markkina, jossa kaasun arvo muodostuu päivittäin kysynnän ja tarjonnan perusteella. Tämä markkina on melko uusi ja toistaiseksi melko epälikvidi verrattuna suuriin eurooppalaisiin kaasumarkkinoihin. Jo nyt kaasun spot-markkina Baltiassa ja Suomessa näyttäisi seuraavan eurooppalaisia markkinoita. Liettuasta on rakentumassa fyysinen yhteys Puolaan, jonka myötä hintariippuvuus suuremmasta eurooppalaisesta tai kansainvälisestä kaasumarkkinan hintakehityksestä lisääntynee. Myös tasejaksot ja siten

taselaskennan perusteet ovat sähkölle ja kaasulle erilaiset. Markkinapaikkojen ja kaupankäyntijaksojen erot kuvastavat sähkön ja kaasun erilaisuutta tuotteina ja avaavat toisaalta mahdollisuuksia hyötyä näistä markkinapaikkojen eroista sektori-integraatioitoimijoille.

Vedylle tai vedystä tuotetuille synteettisille polttoaineille ei toistaiseksi ole keskitettyä markkinapaikkaa, vaan hinta muodostuu joko paikallisesti tai ne kilpailevat suoraan fossiilisten polttoaineiden kanssa. Uusiutuvan energian direktiivin myötä laajenevat liikenteen polttoaineiden jakeluvelvoitteet ja sanktiot jakeluvelvoitteen täyttämättä jättämisestä tulevat todennäköisesti luomaan uusiutuville synteettisille kaasulle markkina-arvon, joka on siten fossiilisista riippumaton. Tätä kautta myös vedylle muodostuu hinta. Oleellista on, että tällöin vety ja synteettiset kaasut kilpailevat muita uusiutuvia eivätkä fossiilisia vastaan. Fossiiliset polttoaineet ovat vielä tällä hetkellä tuotantokustannuksiltaan selvästi synteettisiä polttoaineita halvempia.

Pyrittäessä vähähiilisyteen, tulisi toimenpiteillä saavutettavien hyötyjen jakautua selkeästi, läpinäkyvästi ja ennustettavasti. Parhaimmillaan hyödyt jakautuisivat panostuksen suhteessa siten, että kullekin toimenpiteelle saatavissa oleva tuotto vastaisi asetettuja panoksia. Lähtökohtaisesti nykyiset sähkön ja kaasun markkinapaikat pyrkivät antamaan signaalin toimia kummankin järjestelmän kannalta edullisesti.

Aggregointi ja kulutusjousto etenevät hitaasti eri sektoreilla. Sähkön osalta kulutusjousto on selvitetty melko paljon ja toiminta melko vakiintunutta. Kaasun osalta asia ei ole ollut ajankohtainen putkiverkoston runsaan kapasiteetin johdosta. Hyötyjen jakautuminen asiakkaan ja aggregoijan kesken on kuitenkin tällä hetkellä epäselvä, tai ainakin vakiintumaton. Tämä luo omalta osaltaan haasteita elektrolyyseri-investointien suunnitteluun.

Toimintaa määrittävät lait, joiden toimeenpanoprosessit ovat erilaisia. Näistä esimerkkinä voi mainita kaasu- ja sähköjärjestelmien sääntelyn, eri polttoaineiden kohtelun päästölaskelmassa ja päästöjen hinnoittelun sekä eri energiamuotojen verotuksen. Vedylle ja muille P2X-tuotteille sääntely, laatuvaatimukset ja markkinamalli ja ovat vasta kehitteillä. Tämä luo epävarmuutta investoinneille näihin teknologioihin.

On olemassa riski, että mikäli sääntelyä ei kehitetä puhtaiden kaasujen kannalta mahdollistavasta näkökulmasta, erilaiset alkuperätakuut ja päästöoikeuskohtelu sähkölle ja kaasulle aiheuttavat epätarkoituksenmukaisia ratkaisuja. Toimijoiden ja potentiaalisten investorien kannalta on tärkeää, että sääntely on selkeää ja ennakoitavaa. Erityisesti selkeytystä vaativat uusiutuvan energian direktiivin (RED II) tulkinnot. Jos EU-tason lainsäädäntöön jää Suomen kannalta kysymyksiä, on kansallisen lainsäädännön kehityksessä sekä direktiivien tulkinnoissa mahdollistamisen näkökulma tärkeää uusiutuvien teknologioiden kaupallistumisen sekä laajamittaisen hyödyntämisen kannalta.

Infrastrukturi

Sähkön ja kaasun verkostojen maantieteellisessä kattavuudessa on merkittävä ero. Lisäksi sähkön ja kaasun verkkotoiminnalle on erilaiset lupajärjestelmät. Sähkön ja kaasun investointien suunnittelun osalta tulisi selvittää, miten sähkön tarpeet voisi ottaa huomioon kaasun verkostosuunnittelussa ja päinvastoin. Näin infrastruktuuri-investoinnit voitaisiin yhteiskunnallisesta näkökulmasta kohdentaa paremmin. Lisäksi tulisi arvioida, millaiset sähkön ja kaasun markkinasäännöt, -rakenteet ja ristiinkäytösäännöt mahdollistaisivat koko joustopotentialin saavuttamisen molempien sektoreiden hyödyksi.

Huoltovarmuusnäkökohdat, etenkin sähkön varma saatavuus ja siirtoyhteysien riittävyys kaikissa tilanteissa, tulee huomioida aina kun sähköjärjestelmään liittyviä ratkaisuja kehitetään. Nykyisen maakaasuinfrastruktuurin ja kaasun (metaanin) käyttökohteiden (teollisuuden prosesseista kotitalouksien kaasuliesiin) nykyrajoitteet täytyy myös huomioida vetytalouden kehityksessä, koska olemassa olevan kaasuinfran kyky siirtää vetyä sekoitettuna maakaasuun on rajallinen. Vedyn merkittävä lisääminen olemassa olevaan maakaasuverkkoon maakaasun sekaan luo tarpeen putkistojen ja komponenttien uusinnalle. Myös erillisten vetyverkostojen rakentaminen tai nykyisen putkiston muuttaminen toimimaan kokonaan vedyllä voi tulla kyseeseen. Verkoston muutokset vaativat luonnollisesti merkittäviä investointeja, jolloin vedylle tulee olla merkittävää käyttöä. Ei myöskään ole kaikilta osin tiedossa minkälaisia rajoitteita maakaasuverkkoon kytkeytyneiden asiakkaiden laitteistot asettavat vetypitoisuudelle. Vedyn lisääminen maakaasuverkkoon voi aiheuttaa myös turvallisuusongelmia järjestelmän käytössä. Tuleekin selvittää miten nämä vaikuttavat maakaasujärjestelmän hyödynnettävyyteen vedyn siirtokanavana.

Uudet teknologiat

Biokaasujen ja biopohjaisten kaasujen potentiaali on Suomessa merkittävä, ja niiden rooli Suomen energiajärjestelmän päästöjen vähentämisessä voi olla merkittävä. Nämä teknologiat ovat jo kaupallisessa/demonstraatiovaiheessa ja niiden reitti markkinoille on siksi nopeampi kuin vedyn, joka vielä vaatii kehitystä ainakin infrastruktuurin ja kannattavuuden osalta.

Yhteenveto haasteista sähkö-kaasuyhteenliittämisessä

- Markkinoiden kehittymättömyys määrittää perusteet arvonluonnille ja energiakonversioiden hyötyjen jakautumiselle.
- Lakien, viranomaismääräysten teknisten vaatimusten toimintamallien erot.
- Nykykäytännön verokohtelun erot uusien kaasujen osalta ja epätietoisuus tulevasta verokohtelusta
- Nykyisen kaasuinfrastruktuurin ja kaasunkäyttäjien asettamat rajoitukset mukautua suurempaan vedyn määrään verkossa
- Uusiutuvan elektrolyysiin perustuvan kaasuntuotantoteknologian kannattavuus, skaalautuvuus pilottitasolle ja suuren mittakaavan tuotantoon
- Epäselvyydet uusien kaasujen alkuperätakuujärjestelmissä ja päästöoikeuskohtelussa.
- Eroavaisuudet infrastruktuurin kattavuudessa ja verkostosuunnittelun prosesseissa
- Uusien energiakantajien lähes täydellinen standardoinnin, sääntelyn ja verkkotoimintaan liittyvän sääntelyn puute.

5. Sähkö-lämpö yhteenliitäntä

5.1 Mahdollisuudet

Kaukolämmityksen mahdollistama sähkön ja lämmön yhteistuotanto on sektori-integraation laajamittaisin toteutunut ja käytössä oleva sovellus Suomessa. Kaukolämpöjärjestelmiä on rakennettu liki kaikkiin taajamiin ja lämpöverkot voivat siten olla laajoja ja yhteen liitettyjä (esimerkiksi pääkaupunkiseutu) tai hyvin pieniä ja paikallisia (esim. yksittäiset taloyhtiöt). Tämä sektori-integraatioteknologian infrastruktuuri on pääosin olemassa ja siten heti käytettävissä.

Tuotettu sähkö voidaan myydä markkinoille, kun taas lämpö on pääosin hyvin paikallinen tuote. Lämpöverkko, kuten myös kaasuverkko, on itsessään varasto ja mahdollistaa joustavasti monipuolisten lämmönlähteiden hyödyntämisen (esim. erilliset lämpövarastot, lämpöpumput, teollisuuden hukkalämmöt, sähkökattilat, CHP-tuotanto, huippulämpökeskukset, jne.). Eri lämmönlähteiden sijainti kaukolämpöverkossa ja saatavan lämmön laatu vaikuttavat kuitenkin näiden erilaisten lämmönlähteiden hyödynnettävyyteen.

Kun sähkö siirtyy tuotannosta kulutukseen reaaliaikaisesti, siirtyy lämpö tuotannosta asiakkaalle viiveellä. Verkon laajuudesta riippuen tuotannon ja käytön välillä saattaa olla jopa monen tunnin viive, mikä tarkoittaa lämmön varastoitumista lämpöverkkoon. Lämpö on myös kausituote, jonka kysyntä on suurinta talvella ja pienintä kesällä. Erilaisia vaihtoehtoisia lämmönlähteitä on yleensä eniten tarjolla silloin kun kysyntä on vähäisintä.



Kuva 5. Energiatarpeiden täyttäminen kustannustehokkaasti, markkinaehtoisesti, energiatehokkaasti sekä ympäristövaikutuksen minimoiden, hyödyntäen älykkäästi saatavilla olevia eri energiamuotoja (Lähde: Energiateollisuus)

Lämpöverkon menoveden lämpötilaa on mahdollista nostaa tai laskea tietyissä rajoissa poiketen lämmön kulloisestakin tarpeesta, mikä mahdollistaa lämpöverkon käytön varastona. Lämpöverkkoon liitetyt suuremmat lämpövarastot myös lisäävät joustavuutta. Lämpöä ei kuitenkaan voida yleensä siirtää kovin kauas (useita kymmeniä kilometrejä), koska lämpöhäviöt ja investoinnit lämmönsiirtoinfrastruktuuriin kasvaisivat tällöin suuriksi.

Kiinteistöjen kaukojäähdytys on lämmityksen ohella viime vuosina monin paikoin integroitu osaksi kaukolämpöjärjestelmää. Jäähdytyskompressorien tuottama lämpö saadaan otettua talteen kaukolämpöjärjestelmään, jolloin koko järjestelmän tehokkuus kasvaa. Jatkossa kiinteistökohtaisia lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiä saatetaan kytkeä kaukolämpöjärjestelmään.

Avoin kaukolämpö on konsepti, jossa yhtiöllä on julkiset sopimusehdot ylijäämlämmön ostamiselle. Kaukolämmitys mahdollistaa myös kiinteistökohtaiset/alueelliset maalämpö-hybridiratkaisut kokonaisuuden optimoimiseksi. Tässä konseptissa maalämpökaivoja voisi käyttää energian varastointiin kesällä ja vastaavasti purkuun talvella.

Uudet tyypillisesti hukkalämpöihin liittyvät lämmönlähteet eivät tyypillisesti tuota lämpöä kuluttajien lämmöntarpeen mukaan. Tällöin kaukolämpöjärjestelmien avautuessa järjestelmän ja verkkojen hallinnoinnin rooli korostuu. Verkkoa tulee tasapainottaa nykyistä aktiivisemmin, jotta verkossa pystytään saavuttamaan häviöiden ja kustannustehokkuuden kannalta paras tilanne. Joissain kaukolämpöverkoissa lämpökauppaa voidaan käydä naapuriyhtiöiden välillä.

Vedyntuotannon hukkalämpöjen hyödyntäminen kaukolämpöjärjestelmässä edellyttää, että elektrolyysiprosessi olisi riittävän lähellä lämmön kulutusta ja kaukolämpöverkkoa. Sähkön siirto kauas tuotantopaikalta kulutuskohteeseen on suhteellisen halpaa, vedyn selvästi kalliimpaa, mutta lämmön kaikkein kalleinta. Optimaalisesti kaikki elektrolyysissä syntyneet tuotteet voisi hyödyntää lähellä tuotantopaikkaa.

5.2 Haasteet

Markkinat

Lämpöjärjestelmässä joustavuus on perinteisesti tuotettu järjestelmätasolla. Älykkäiden energiajärjestelmien kehitystyön yhteydessä on selvitetty asiakkaan roolia joustavuuden tarjoamisessa. Nämä uudet lämmön liiketoimintakonseptit ovat toistaiseksi rajallisesti kaupallisessa käytössä. Tuleekin pohtia, voisiko lämmönmyyjä tai teknologiatoimittajat tarjota osaamistaan asiakkaille joustomahdollisuuksien hyödyntämisen, ja onko asiakkaalla itsellään osaamista ja kiinnostusta seurata ja mukauttaa lämpötilaa ja saavutetaanko asiakkaiden lämmön kulutusoptimien summana koko järjestelmän optimi. Samoin tulee myös pohtia miten asiakkaiden lämmitysratkaisut mahdollistavat tai ovat mahdollistamatta joustoista hyötymisen suoraan tai osana lämpöverkkoa. Olisi koko järjestelmän kannalta tarpeellista, että ratkaisut mahdollistaisivat jouston tai varastoinnin molempiin suuntiin. Tässä pitäisi myös selkeyttää sitä, miten joustoista saavutettavat hyödyt voitaisiin parhaiten jakaa siihen osallistuvien kesken. Eräs mahdollinen toteutusmalli olisi lämmön energiayhteisöjen muodostaminen, mutta niiden osalta tulisi myös selkeyttää mikä niiden rooli voisi olla. Niin ikään toimitusvarmuuskysymykset tulisi ottaa huomioon uusissa toimintamalleissa.

Sähkölle ja kaasulle on omat kansainväliset markkinansa, mutta kaukolämmölle on vain paikallinen markkinahinta. Monet lämpöyhtiöt ovat myös hyvin pieniä ja toimivat pienillä resursseilla. Tulisi selvittää miten eri hintasignaalit voitaisiin saada toimimaan viestintuojina toimijoille eri energiamarkkinoiden välillä, joissa hinnanmuodostuslogiikka ja esim. tasejaksot poikkeavat

merkittävästi toisistaan. Lisäksi olisi saatava näkymä lähiajan (tunneista päiviin ja vuodenaikoihin) ja pitkän ajan (~ vuosia) joustopotentialiin järjestelmätasolla. Etenkin lämpömarkkinalla tietoa joustokohteista on vaikea saada ja joustavuuden hyödyntämiseen vaadittavaa tiedonvaihtoa ei käytännössä ole määritelty eikä otettu käyttöön lämpöyhtiön ja sen asiakkaiden välillä.

Olemassa olevien eri järjestelmien yhteenliittyminen edellyttää perusteellista selvitystä sitä, millaisia vaikutuksia niiden dynaamisella yhteistoiminnalla on esimerkiksi sähkön tai kaasun järjestelmävastuun kannalta.

Jos sähköllä tuotetaan kaukolämpöä joko suoraa vastuksilla tai lämpöpumpuilla, tulee siitä nykyisin maksaa sähkövero korkeamman veroluokan mukaan. Tämä nostaa lämmöntuotannon kustannuksia merkittävästi, tekee nämä vähäpäästöiseen sähkөөn pohjautuvat kaukolämmöntuotantoteknologiat monesti kannattamattomiksi ja osaltaan hidastaa tehokkaan joustoelementin muodostamista sähkö- ja lämpösektorin välille. Lämpöpumpuilla tuotetun kaukolämmön tuotannon verotuksen siirtämisestä teollisuuden sähköveroluokkaan on kuitenkin jo poliittinen päätös.

Infrastruktuuri

Yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto (CHP) on perinteistä ja arvostettua sähkön ja lämmön integraatiota. Lisäksi CHP on lämpö- ja sähköverkon kannalta hyvin sijoittunutta lähelle sekä lämmön että sähkön kulutusta. Tällä tuotantomuodolla on katettu jopa kolmasosa Suomen sähkön tarpeesta. CHP:n kannattavuuden kehittymiseen liittyy kuitenkin epävarmuutta ja on ennustettu, että CHP-tuotanto tulee laskemaan jopa kolmannekseen nykyisestä vuoteen 2035¹ mennessä. Tämä vaikuttaa ohjattavan sähköntuotannon määrään ja sitä kautta koko sähköjärjestelmään ja huolto- ja toimitusvarmuuteen. Samoin se tulee vaikuttamaan oleellisesti lämpöjärjestelmän tarjoamaan joustopotentialiin sähköjärjestelmälle. Sähkön käytön lisääntyminen lämmityksessä lisää myös paineita sähköjärjestelmälle suurimman kuormituksen aikana talvella. Toisaalta se myös avaa mahdollisuuksia joustojen aggregoinnille.

Uudet teknologiat

Erillinen uusi lämmöntuotanto (esimerkiksi lämpöpumput) käyttää yleensä merkittävästi enemmän sähköä kuin perinteinen polttoon perustuva lämmöntuotanto. Tekniset mahdollisuudet sähkönkulutuksen kasvattamiseen tulee varmistaa myös silloin kun uudet tuotantolaitokset sijaitsevat aivan kaupunkien ydinkeskustoissa ja tarvitsevat suurta liittymistehoa.

Lämmön ja sähkön tarve tulee kattaa kaikkina vuoden aikoina ja kaikissa kulutustilanteissa. Siksi tulee arvioida, miten ja miltä osin sähkөөn perustuvalla lämmöntuotannolla ja lämmön varastoinnilla voidaan kattaa lämmöntarve tuulettomina ja kylminä talvipäivinä. Esimerkiksi lämpöpumppujen hyötysuhde putoaa nopeasti kun lämpöä tarvitaan yli 100 asteen lämpötilassa. Sähkөөn perustuva lämmöntuotanto luo paineita kasvattaa sellaisen varakapasiteetin määrää, jonka käyttötunnit voivat jäädä vähäisiksi investointiin nähden.

Hukkalämpöjä hyödynnettäessä lämmön omistajuus, saatavuus ja jatkuvuus asettavat haasteita näiden lämpöjen hyödynnettävyydelle. Järjestelmissä tarvitaan siten huippukapasiteettia, mihin polttolaitokset ovat helppo ratkaisu.

Yhteenveto haasteista sähkö-lämpö –yhteenliitännässä

- Lämpöjärjestelmän mahdollisuuksia tarjota joustoja sähköjärjestelmälle ja saada hyötyjä joustojen tarjoamisesta ei vielä ole täysin tunnistettu

¹ Helen 20.10.2020

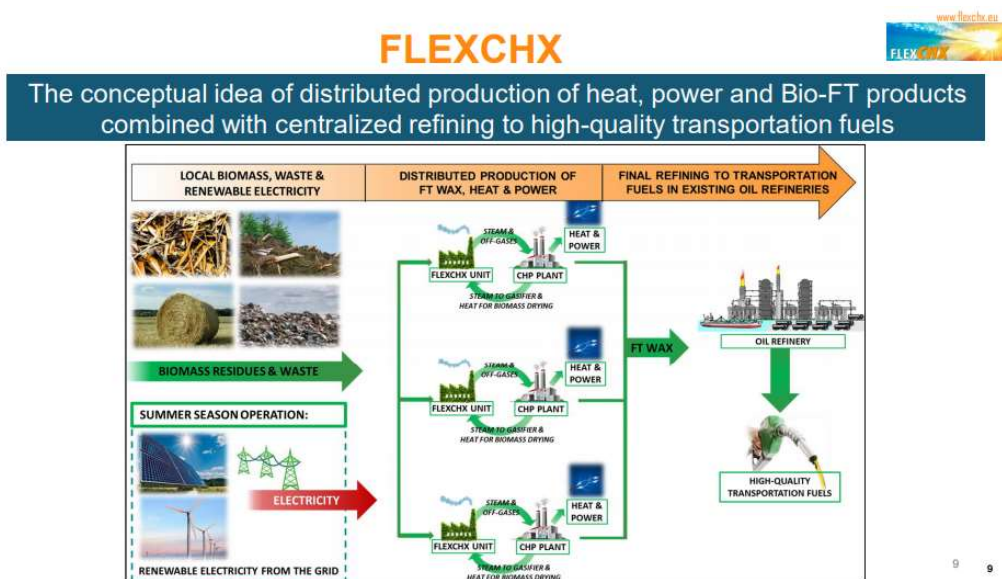
- Lämmön markkinarakenteet, lämmön palvelutarjonta ja liiketoimintakonseptit ovat osin kehittymättömät ja eivät nykyisellään kaikilta osin tue asiakkaiden joustavuutta.
- CHP-tuotannon kannattavuus on heikko ja tuotanto on näillä näkymin vähenemässä nopeasti
- Asiakkailta saatavien vaihtoehtoisten lämmönlähteiden saatavuus, pysyvyys ja volyymit voivat olla lämpöjärjestelmän kannalta epävarmoja.
- Lämmön vara- ja huippukapasiteetin tarve säilyy tai voi jopa kasvaa vaihtoehtoisten tuotantomuotojen myötä, vaikka sen käyttöaste pysyy alhaisena
- Asiakkaan / aggregaattorin rooli jouston tuottajana epäselvä.
- Sähkövero hidastaa sähkö- ja lämpösektoreiden integraatiota

6. Kaasu-lämpö yhteenliittäjä, muut kaasut ja nestemäiset polttoaineet

6.1 Mahdollisuudet

Kaasu – lämpö integraatio voidaan toteuttaa siellä, missä tarvittavat energiaverkot ovat olemassa ja lämmölle on käyttöä. Vantaalla suunnitella oleva hanke on hyvä esimerkki paikallisesta integraatiosta. Hankkeessa on tarkoitus tuottaa synteettistä metaania elektrolyysillä tuotetusta vedystä ja jätevoimalan savukaasuista talteen otetusta hiilidioksidista. Prosessissa saatava lämpö saadaan talteen paikalliseen kaukolämpöverkkoon ja prosessissa tarvittava sähköenergia saadaan suoraa voimalaitosverkosta. Tuotettava kaasu voi toimia rinnan esimerkiksi biopolttoaineiden kanssa tai Vantaan tapaan synteettinen metaani voisi korvata fossiilista kaasua.

Jätteillä ja biomassalla voidaan tuottaa uutta liiketoimintaa. VTT:n tutkimassa hybridimallissa laitos tuottaa sähkön hinnan ollessa alhaalla biomassasta kaasuttamalla yhdessä elektrolyysin avulla synteettisiä polttoaineita ja lämpöä, ja sähkön hinnan ollessa korkealla tuotannon painopiste siirtyy biomassan kaasuttamiseen, jolloin lämmön tuotanto kasvaa ja polttoaineentuotanto pienenee. Sähkön hinnan ohella niin ikään biomassan saatavuus vaikuttaa kulloiseenkin tuotantopakettiin. Tuotettu synteetikaasu käytetään Fischer Tropsch-prosessin (FT) raaka-aineena ja siitä voidaan jalostamalla tuottaa muita nestemäisiä ja kaasumaisia polttoaineita. Prosessissa elektrolyysistä saatava happi käytetään lisäksi biomassan kaasuttamiseen.



Kuva 6. VTT:n tutkimushanke yhdistetystä elektrolyyseri- biomassan kaasutuslaitteistosta

FT-polttoaineiden tuotantokustannus on nykyisin alempi kuin nestemäisten fossiilisten polttoaineiden pumppuhinta, mutta oleellisesti korkeampi kuin fossiilisten polttoaineiden tuotantokustannus. FT-polttonesteiden tuotantokustannus nyt 900-1200 EUR/t, kun fossiilisen polttoaineen 500-600 EUR/t. Teknologian kehittyessä 500-700 EUR/t kustannustaso on saavutettavissa. Kun verot otetaan huomioon, on pumppuhinta dieselillä 1624 EUR/t ja bensiinillä 2000 EUR/t. Veropäätöksin synteettisillä polttoaineella voitaisiin korvata fossiilisia polttoaineita jo nykyisin, mutta silloin polttoaineesta perittävä veromäärä olisi oltava vastaavasti alempi, jotta

pumppuhinta säilyisi nykyisenä. Eli kannattavuuden näkökulmasta verotus on myös merkittävässä roolissa FT-polttoaineiden osalta.

Biopolttoaineet ja synteettiset polttoaineet (ns. e-polttoaineet) avaavat uusia mahdollisuuksia vähentää liikenteen päästöjä nykyisessä liikennevälinekannassa (autot, laivat, lentokoneet). Erityisesti raskaan liikenteen sekä lento- ja laivaliikenteen dekarbonisaatiopotentiaalin toteuttaminen vedyn ja synteettisten polttoaineiden avulla tulee olemaan merkittävä. Aina kun vedystä tuotetaan synteettisiä e-polttoaineita, tarvitaan tuotantoon hiiltä. Mikäli tuo hiili otetaan uusiutuvien polttoaineiden poltosta tai suoraan ilmakehästä (DAC, Direct Air Capture), ja yhdistetään CCUS-tekniikkaan (Carbon Capture, Use and Storage), voidaan koko järjestelmästä tehdä hiilineutraali tai jopa hiilinegatiivinen.

6.2 Haasteet

Markkinat

CHP-tuotannon ja lämmöntuotannon polttoaineiden verotuksen erot ja erityisesti niiden tuleva kehitys ja mahdollinen kiristyminen voivat uhata vähähiilisyystavoitteiden toteutumista tulevaisuudessa. Poliittikkatoimenpiteiden tulisi siksi olla koordinoituja ja palvella myös päästöjen vähentämistä.

Maakaasun verotusta on nostettu merkittävästi viimeksi kuluneiden 10 vuoden aikana, kuten muidenkin fossiilisten polttoaineiden. Myös biokaasulle on esitetty veroa, joka biokaasun maakaasua korkeamman tuotantokustannukseen yhdistettynä veisi biokaasun käytöltä taloudellisen pohjan. Vedyn verotusratkaisulla on merkittävä vaikutus järjestelmien yleistymiseen ja sitä kautta vähähiilisyystavoitteiden savuttamiseen.

Suomessa käyttöön otettavan uusien polttoaineiden markkinamallin tulisi noudattaa muualla käyttöön otettavan markkinamallin periaatteita, toki niin että Suomen lähimarkkinoiden, Pohjoismaat ja Baltia, erityisolosuhteet otetaan huomioon. Tässä esim. biopolttoaineiden rooli synteettisten polttoaineiden ja vedyn rinnalla tulee huomioida.

Uusien polttoaineiden tuotanto vaatii yleensä useita energiakonversioita, jotka kaikki kuluttavat energiaa. Nykyinen energiatehokkuusdirektiivi asettaa jäsenvaltioille vaatimuksia pienentää primäärienergian käyttöä riippumatta sen käyttökohteesta tai alkuperästä. Tämä tuo hankalan tilanteen, missä yhtäältä fossiilisia polttoaineita tulisi korvata päästöttömästi tuotetuilla, mutta tuotantoprosessi vaatii energiaa. Energiatehokkuusdirektiivin vaatimusten täyttäminen vaatiikin näiden tuotantoprosessien integroimista tehokkaasti kaikkiin energiajärjestelmiin. Suomessa integrointi kaukolämpöjärjestelmiin voi edesauttaa tämän tavoitteen saavuttamista.

Tällä hetkellä näyttää siltä, että maantieliikenteessä sähköistämällä on suuri rooli päästöjen vähentämisessä. Laiva- ja etenkin lentoliikenteessä sähköistyminen ei nykyteknologialla ole käytännössä mahdollista, joten näissä liikennemuodoissa tarvitaan biopolttoaineita. Näissä liikennemuodoissa kuitenkin maksukyky polttoaineesta on heikoin. Esimerkiksi lentokonekalusto käyttää kerosiinia, joka on energiaverodirektiivin pakottavan säännöksen mukaan verotonta. Kun kalustolla lennetään joka tapauksessa laajalla maantieteellisellä alueella, polttoainehuolto hoidetaan pienimmän kustannuksen maassa. Lentoliikenteessä on lisäksi meneillään Covid-19:sta johtuva historian pahin kriisi. Siksi lentoyhtiöiden talous on kovilla ja investointihalukkuus tai maksukyky kalliimmista polttoaineista heikkoa. Kuluttajien asettama paine lentoliikenteen kestävyysliittyy

voi kuitenkin muuttaa tilannetta tulevaisuudessa samoin kuin nykyainsäädännön ja tavoitteiden laajentaminen lentoliikenteeseen.

Lentoliikenteen polttoaineet on yksityiskohtaisesti standardoitu, mikä asettaa vuosien prosessin uusien valmistajien tuotteille. Yksipuoleiset kansalliset hallinnolliset velvoitteet biopolttoaineiden lisäämisestä eivät toimi, sillä kustannusten noustessa yhdessä maassa tankkaukset hoidetaan muualla, vaikka reitit pidentyisivät.

Uudet teknologiat

Biomassatähteisiin ja jätteisiin perustuva tuotanto on pääomavaltaista ja edellyttää tiettyä minimikokoa. Tällä hetkellä tulisikin päästä hankkeissa ensin pilottiasteelle ja sitten suurempaan mittakaavaan. Ensimmäisten laitosten toteutus on aina haasteellista edellyttävät tukiohjelmaa.

Yhteenveto haasteista kaasu-lämpö –yhteenliitännässä

- CHP-tuotannon ja lämmöntuotannon polttoaineiden verotuksen erot ja erityisesti niiden tuleva kehitys ja mahdollinen kiristyminen voivat uhata vähähiilisyystavoitteiden toteutumista tulevaisuudessa.
- Biokaasun ja vedyn sekä niiden valmistamiseen käytettyjen polttoaineiden verotusratkaisut voivat estää kehityksen näillä aloilla.
- Synteettisten polttoaineiden paikalliset sekoitevelvoiteratkaisut voivat siirtää kulutuksen ja fossiilisia käyttäviin maihin lento- ja laivaliikenteessä.
- Uusien synteettisten polttoaineiden pilottilaitosten toteutuminen on epävarmaa

7. Sektori-integraatioon liittyviä huoltovarmuusnäkökohtia

Huoltovarmuus rakentuu vahvasti normaaliajan toiminnalle. Energia-alan toimitusvarmuus ja toimivat energiamarkkinat luovat pohjan huoltovarmuudelle. Vaikuttavat ohjausmekanismit täydentävät kokonaisuutta.

Huoltovarmuustyö sisältää erilaisia keinoja ja toimia. Energiamurros fossiilisista polttoaineista kohti uusiutuvaa ja vähähiilistä energiaa haastaa osin huoltovarmuuden perinteisiä keinoja. Esimerkiksi fossiilisten tuontipolttoaineiden velvoite- ja varmuusvarastointi sekä turpeen turvavarastointi eivät enää tarjoa vastaavaa turvaa kuin aiemmin. Sektori-integraatio voi tuoda etuja energiamurroksessa tunnistettuihin huoltovarmuuskysymyksiin mutta siihen voi liittyä myös uusia riskejä. On syytä huomata, että jo nykyisin energia-alalla on merkittäviä keskinäisriippuvuuksia sekä alan sisällä että muiden toimialojen kanssa. Sektori-integraatio (ml. uudet teknologiat) muuttaa ja vahvistaa näitä sidoksia mutta kyseessä ei kuitenkaan ole täysin uusi asia energia-alalla. Huoltovarmuuskysymykset eivät määritä energiajärjestelmän kehityssuuntaa, mutta ne on huomioitava osana kehitystä. Riskit, mahdollisuudet sekä optimaaliset keinot huoltovarmuuden turvaamiseksi voivat riippua toteutuvista energiajärjestelmän ja sektori-integraation kehityspoluista.

7.1 Mahdollisuudet

Joustot, monipuolisuus ja hajautus

Sektori-integraatio voi tuoda hyötyjä energiamurroksessa tunnistettuihin huoltovarmuuskysymyksiin, kuten sähkön tuotannon säädettävyyteen sekä energiantuotannon polttoainepohjaan (hyväksyttävyys, saatavuus, varastoitavuus). Sektori-integraatio lisää järjestelmän joustoa (ml. uudet varastointimahdollisuudet). Uudet teknologiat voivat tuoda monipuolisuutta sekä hajautusta, ja kiertotalousratkaisut voivat vähentää järjestelmään ulkopuolelta kohdistuvia riskejä. Joustojen toimintavarmuus erityyppisissä häiriöissä sekä jouston mahdollinen suunta tai suunnat on kuitenkin tärkeää huomioida (esim. perinteinen polttava huippulämpökeskus vs. sähkö lämmöksi vastuksella tai lämpöpumpulla vs. kulutusjouston aggregointi).

Kotimaisuus

Riittävä kotimaisuusaste edistää huoltovarmuutta (esim. polttoaineiden tuottaminen kotimaisella kapasiteetilla kotimaisesta primäärienergiasta). Kotimaisuutta tulee tarkastella kuitenkin koko ketjun kriittisen osaamisen ja materiaalisen varautumisen (ml. poltto- ja raaka-aineet, laitekapasiteetti, komponentit) osalta. Energiatehokkuus on yksi huoltovarmuuden osatekijöistä. Uusien ratkaisujen hyöty- ja muuntosuhteet (tuotanto, siirto, varastointi, kulutus) voivat tuoda etuja mutta mahdollisesti myös haasteita.

Uudet varautumisen mekanismit

Kaikki perinteiset huoltovarmuuden keinot, kuten fossiilisten tuontipolttoaineiden varastointi, eivät tuo tulevaisuudessa vastaavaa turvaa kuin aiemmin. Tilanteeseen liittyy uhkia, mutta mm. sektori-integraatio ja alan toimijoiden panos uusia tehokkaita varautumisen keinoja mietittäessä voivat auttaa löytämään myös uusia mahdollisuuksia. Keinot voivat sisältää sekä lainsäädännöllisiä että alan omaehtoisia ratkaisuja. Keinot voivat mahdollisesti painottua esimerkiksi materiaalisesta varautumisesta enemmän kohti toimintaverkostojen häiriöidensietokykyä.

7.2 Haasteet

Pidemmät arvoketjut

Pidempien arvoketjujen riippuvuudet tulee tunnistaa ja niihin liittyvät riskit hallita (ketjun heikoimpien lenkkien turvaaminen esim. komponenttien varastoinnilla). Suorien riippuvuuksien lisäksi tulee tunnistaa välilliset riippuvuudet esimerkiksi jaettujen kriittisten resurssien kautta (kuten biomassan riittävyys eri käyttökohteisiin tai osaavan työvoiman saanti). Teknisten tekijöiden lisäksi on syytä huomioida myös häiriötilanteisiin liittyviä liiketoimintavaikutuksia – myös kannattavuus voi rapauttaa ketjujen toimintaa häiriötilanteessa, riippuen ketjujen ja toimijoiden taloudellisesta kantokyvystä (esim. poikkeustilanteessa jotakin ketjua ei ole taloudellisesti kannattavaa operoida pääliiketoiminnan takia, jolloin myös muut keskinäisriippuvat ketjut kärsivät, tai poikkeustilanne aiheuttaa toimijoiden konkurssseja).

Uusiin teknologioihin ja ratkaisuihin liittyy erilaisia teknisiä ja toiminnallisia riskejä riippuen mm. teknologian kypsyydestä (ml. kokemus paikallisista olosuhteista), ketjun vaatimuksista tai primäärienergian saatavuudesta. Esimerkiksi hukkalämpöjen hyödyntämisestä Suomessa on jo kokemusta. Hukkalämpöketjujen riskit voivat erota jonkin verran lämmönlähteen saatavuuden (kuten savukaasut, teollisuuden ylijäämälämpö, jätevedet, datakeskukset, kaukojäähdytys), tekniikan (lämmönvaihdin tai enemmän sähköä kuluttava lämpöpumppu) tai sijainnin (kaukolämpöverkon vieressä tai pidemmän siirtomatkan päässä) osalta. Teknologisia kehityspolkuja on vaikea ennustaa (kilpailukyky, toteutuksen aikataulu). Järjestelmätasolla sähköriippuvuus korostuu. Energia-alan sisäisten riippuvuuksien lisäksi on syytä huomioida riippuvuudet muiden toimialojen kanssa (mm. Digi- ja ICT, logistiikka, jäteala, metsäteollisuus ja teknologiateollisuus).

Uudet toimijat

Sektori-integraatio tuo uusia markkinatoimijoita. Toimijoiden osaamisen (markkina- ja tekninen kokemus ml. paikallisten olosuhteiden tuntemus) lisäksi on tärkeää, että uudet huoltovarmuuskriittiset toimijat tunnistetaan ja sitoutetaan huoltovarmuustoimintaan, koska huoltovarmuuskriittisten toimijoiden varautuminen on tärkeässä osassa hyvän huoltovarmuuden rakentamisessa. Kansainvälisten toimijoiden osuus suomalaisen energiajärjestelmän toiminnassa voi kasvaa rakennemuutosten myötä tulevaisuudessa, mihin liittyvät riskit on hyvä tunnistaa ja huomioida.

Varajärjestelmät

Hyvä huoltovarmuus edellyttää korvaavia vaihtoehtoja erilaisissa saatavuus- ja käyttötilanteissa. Varajärjestelmiä tarvitaan myös tulevaisuudessa. Varakapasiteetille tarvitaan toimintakuntoisena koko ketju kuluttajalle asti, mutta normaalisti hyvin vähäisellä käytöllä olevan kapasiteetin ylläpitäminen on haastavaa (mm. kannattavuus, normaalikäytöstä poistettujen laitteistojen tekninen ylläpito pitkällä aikavälillä, polttoainelogistiikan säilyminen). Myös sääntelyn tulee mahdollistaa varakapasiteetin käyttö. Esimerkkeinä varajärjestelmistä ovat lämmön tuotannon vara- ja huippulämpökeskukset sekä sähkön tehoreservijärjestelmä. Erityisesti lämmön osalta tulee huomioida myös alueellisuus.

Uusien polttoaineiden säilyvyys ja soveltuvuus

Fossiilisen öljyn käyttö vähenee ja korvautuu osin biopolttoaineilla. Erilaisten biopolttoaineiden säilyvyydessä ja soveltuvuudessa energiantuotantoon on eroja. Osa ei sellaisenaan täytä nykyisten öljyjen vaatimuksia, osa on jalostettu siten, että ne vastaavat koostumukseltaan (ml. puhtaus)

fossiilisia. Mahdollisuus pitää fossiiliset polttoaineet mukana huoltovarmuuskeinoissa tukee huoltovarmuutta.

CHP:n tulevaisuus

Yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto (CHP) on perinteistä integraatiota, joka on tuonut huoltovarmuushyötyjä. CHP on säädettävää sähköntuotantoa ja lisäksi erityisesti kaukolämpö-CHP on vuosiprofiililtaan korreloinut hyvin sähkönkulutuksen kanssa (vrt. kaukolämpökuorman luontainen ajoittuminen). Lisäksi CHP-tuotannon polttoainejakauma on perinteisesti ollut monipuolinen ja monilta osin hyvin varastoitava. Nyt yhteistuotannon tulevaisuuteen liittyy epävarmuutta.

Infrastruktuuri

Kehittynyt infrastruktuuri ja logistiikka (energian kuljettamiseen kaikissa muodoissa tuotannosta kulutukseen, ml. tuotantokoneistot, varastointiratkaisut) vaikuttaa huoltovarmuuteen. Suomen erityispiirteet tulee huomioida tarkasteltaessa kehityspolkuja aikajänteineen (esim. Suomen nykyinen kaasun siirto- ja varastointi infrastruktuuri verrattuna Keski-Eurooppaan). Myös olemassa olevien kuluttajalaitteiden vaatimukset voivat aiheuttaa huomioitavia rajoituksia.

Riittävät siirtymäajat

Riittävät siirtymäajat ovat tärkeitä. Toimintavarmuiksi koeteltujen ratkaisujen säilyttäminen kyllin kauan uuden rinnalla tukee huoltovarmuutta. Pitkäjänteinen energiapolitiikka ja ennakoitava investointiympäristö osaltaan tukevat huoltovarmuutta. Vastaavasti sääntelynormisto tulee saada ajoissa valmiiksi, jottei se hidasta kehitystä ja mahdollistaa tarvittavat joustot myös vakavissa häiriöissä ja poikkeusoloissa. Huoltovarmuus on turvattava koko muutosmatkan ajan!

OSA II Sektori-Integraatio teollisuudessa –asiantuntijaryhmän yhteenvetoraportti

Asiantuntijaryhmä käsitteli teollisuusprosessien sähköistymistä sekä energian- ja materiaalien käyttöön ja tuotantoon liittyvää sektori-integraatiota. Ryhmä käsitteli hiilidioksidin talteenottoa ja käyttöä sekä vetyyn ja sähköstä tuotteiksi-ratkaisuihin (ns. Power-to-X) liittyviä kysymyksiä. Asiantuntijaryhmän vastuulla oli myös innovaatorahoitukseen ja yritysten kansainvälistymiseen liittyvät asiat.

8 Sektori-integraatio teollisuudessa

8.1 Toimialojen vähähiilitiekartat viitoittavat suomalaisen teollisuuden tulevaisuutta

Tavoite hiilineutraalista Suomesta 2035 kirjattiin sekä Antti Rinteen että Sanna Marinin hallituksen ohjelmaan. Hallitusohjelmissa linjattiin myös, että yhteistyössä alan toimijoiden kanssa laaditaan toimialakohtaiset tiekartat vähähiilisyteen.

Tiekarttojen avulla haluttiin saada tarkempi käsitys tarvittavien toimenpiteiden mittakaavasta, kustannuksista ja edellytyksistä. Ministeriön koordinoimana kaikkiaan 13 toimialaa valmisteli tiekarttansa. Tiekartat sisältävät tyypillisesti skenaariotarkasteluja eri vaihtoehtoihin perustuen sekä analyysyjä investointitarpeista ja teknologisista ratkaisuista, joita murros edellyttää.

Tiekartat tuovat ilmi mahdollisuudet merkittäviin kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksiin eri toimialoilla. Kunnianhimoiset ilmastotavoitteet ovat saavutettavissa, mikäli investointiympäristö on suotuista tarvittavien ratkaisujen käyttöönotolle. Suomalaiset teollisuustuotteet mahdollistavat myös ns. hiilikädenjäljen kasvattamisen maailmalla.

Tiekarttojen perusteella voidaan arvioida, että sektori-integraatio on avainasemassa energiamurroksen vauhdittamisessa. Sektori-integraatio mahdollistaa eri sektoreiden sähköistymisen sekä korkean tason resurssitehokkuuden. Se luo myös edellytyksiä uusille ratkaisuille erityisesti energiaintensiivisten toimijoiden välillä. Sektori-integraation avulla voidaan edistää vähähiilisyystavoitteita toimialat poikkileikkaavasti mahdollistamalla esimerkiksi sähköistämistä. Puhtaan sähkön lisääntyvä käyttö on tiekarttojen perusteella keskeinen keino ilmastotavoitteisiin pääsemiseksi. Tiekartoissa sähkön tarpeen lisääntyminen arvioitiin hyvin merkittäväksi. Sektori-integraatio mahdollistaa myös energiankäyttäjien roolin muuttumisen energian varastojiksi ja tuottajiksi.

Tiekarttojen perusteella sektori-integraatiota voidaan kuvata laajaksi ilmiöksi, jonka edistäminen edellyttää muun muassa lainsäädännön ja verotuksen tarkastelua. Energiaverkkojen toimintaedellytyksistä tulee myös huolehtia sektori-integraation toteutumiseksi.

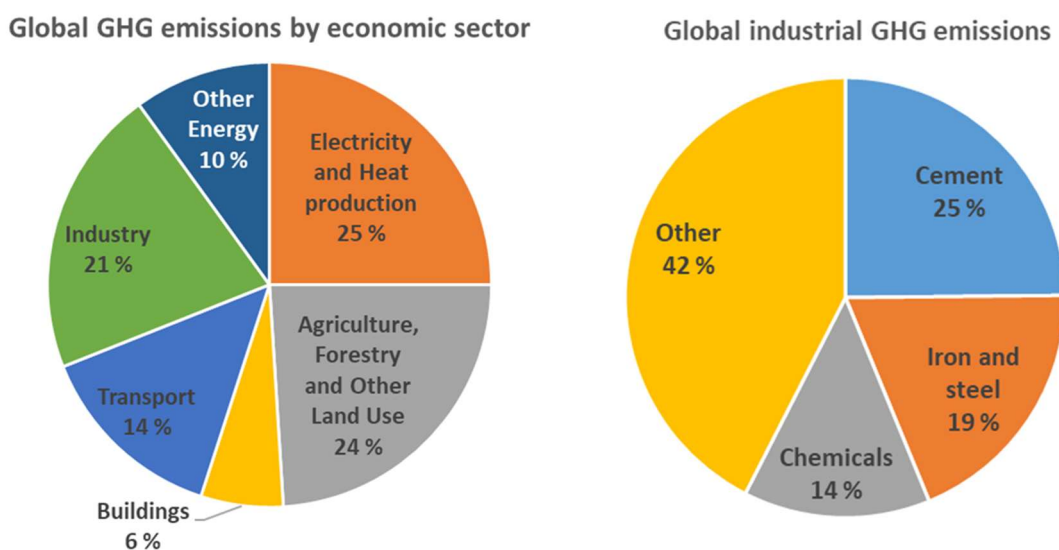
Sektori-integraatiota edistävät teknologiset ratkaisut liittyvät vähäpäästöiseen energiantuotantoon, energiansiirtoon ja –varastointiin, materiaali- ja energiatehokkuuteen, digitalisaatioon, vaihtoehtoisiin käyttövoimiin (esim. biopolttoaineet, vety, sähköistäminen), hukkalämmön hyödyntämiseen sekä hiilidioksidin talteenottoon ja hyödyntämiseen tai varastointiin (CCU, CCS).

8.2 Suomen teollisuuden globaali kädenjälki voi olla merkittävä

8.2.1 Globaalin ja EU-tason näkökulmat

Teollisuudella on merkittävä rooli maailman kokonaispäästöissä. Globaalisti on arvioitu, että teollisuus aiheuttaa noin 21% maailman kasvihuonepäästöistä. Kansainvälinen energiajärjestö IEA arvioi, että puhtaiden teknologioiden käyttöönotto teollisuudessa ei ole toistaiseksi riittävällä tasolla ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi, vaan lisää toimia tarvitaan.

Teollisuuden päästöt jakautuvat siten, että sementti-, teräs- ja kemianteollisuus vastaavat yhdessä 58% osuudesta teollisuuden globaaleista päästöistä. Näillä teollisuuden aloilla päästöt aiheutuvat pääasiassa raaka-aineista ja prosessien lämmön tarpeesta.



Kuva 7: Teollisuuden päästöjen osuus ja jakauma (IEA)

EU:n alueella teollisuusprosessien arvioidaan aiheuttavan noin 20% kaikista kasvihuonepäästöistä. EU-alueen teollisuuden päästöt ovat pysytelleet vuoden 2010 jälkeen melko vakaalla tasolla. Vuonna 1990 teollisuuden CO₂-päästöt olivat 1019 Mt CO₂, vuonna 2000 862 Mt CO₂ ja vuonna 2018 670 Mt CO₂. Vuodelle 2030 asetettu EU:n -55% -tavoite edellyttää noin 170-180 Mt CO₂ päästövähennystä teollisuuden alueella vuoteen 2030 mennessä. Vuoden 2050 päästötavoitteet edellyttävät teollisuuden päästöjen painamista edelleen lähes nolnaan (45 Mt CO₂).

Eurooppalainen teollisuus on jo hyvällä tasolla päästöjen osalta globaalissa vertailussa. Esimerkiksi alumiinin tuotannossa Kiinan hiilijalanjälki on kolminkertainen Eurooppaan verrattuna. Vastaavasti nikkelin tuotannossa kerroin on jopa 8 ja sinkin tuotannossa 2.5. EU myös käyttää metallintuotannossa kierrätysmateriaalia selvästi enemmän kuin muu maailma: EU:ssa noin puolet materiaalista on kierrätettyä, kun taas Euroopan ulkopuolella noin viidennes on kierrätettyä. Esimerkiksi metalliteollisuudessa kasvihuonepäästöt ovat enemmän kuin puolittuneet vuodesta 1990 vuoteen 2015, osin puhtaampien ratkaisuiden ja osin tuotantovolyymien pienemisen johdosta. Vuoteen 2050 mennessä päästöt tulisi edelleen puolittaa.

8.2.2 Suomalaisen teollisuuden hiilijalan- ja hiilikädenjälki

Suomalaisen teollisuuden hiilijalanjälki on globaalisti ja Euroopanmittakaavassa tyypillisesti matala energiatehokkuuden, vähäpäästöisen energijärjestelmän ja kiertotalouden kehittämisen ansiosta. Aasiassa valmistetun teräksen hiilijalanjälki voi ylittää suomalaisen terästuotannon vastaavan viisinkertaisesti. Suomalaisilla tuotteilla voidaan myös vähentää päästöjä Suomen ulkopuolella, tämä ns. hiilikädenjälkivaikutus voi olla jopa moninkertainen Suomessa aiheutuviin teollisuuden päästöihin nähden. Hiilikädenjälkeen voidaan vaikuttaa esimerkiksi parantamalla energiatehokkuutta, pienentämällä materiaalin käyttöä, tekemällä ilmastomyönteisiä raaka-ainevalintoja, kehittämällä tuotteiden kierrätettävyyttä, vähentämällä hukkamateriaalin määrää, pidentämällä tuotteiden käyttöikää ja parantamalla niiden käytettävyyttä. Suomalaisen teknologian ja ratkaisujen kehitys voi auttaa vähentämään päästöjä globaalisti. Samalla rakennetaan uusia vientituotteita ja kasvupotentiaalia.

8.2.3 *Suomalaisen teollisuuden joustopotentialista sähkömarkkinoilla*

Suomalaisen teollisuuden sähkönkulutus oli 39 TWh vuonna 2019. Tässä volyymissa on myös merkittävä määrä joustopotentialia. Teollisuusprosesseissa mm. erilaiset uunit, kompressorit, pumput, puhaltimet ja vastaavat laitteet voivat toimia jouston lähteinä. Suomalainen teollisuus on osallistunut reservimarkkinoille jo pidempään ja sikäli osaamista ja ratkaisuja on jo laajasti olemassa. Teollisuuden jouston potentiaaliksi on arvioitu noin 1-1.5 GW tilanteesta riippuen. Nämä arviot perustuvat nykytilanteeseen, ja teollisuuden sähköistäminen ja prosessien uudistaminen tulee osaltaan kasvattamaan tätä potentiaalia.

Eri teollisuudenaloilla joustopotentialia on arvioitu olevan kemianteollisuudessa 75-150 MW, metalliteollisuudessa 200-300 MW, paperiteollisuudessa 500-600 MW ja datakeskuksissa 10-200 MW. Jouston kannalta oleellinen huomio on, että datakeskusten jousto voisi olla aktivoitavissa minuuteissa, kun taas perinteisemmässä teollisuudessa tunneissa. Toinen oleellinen arvioitava kriteeri on säädön pysyvyyden tarve. Joustomarkkinasta riippuen tarvittava säädön kesto voi vaihdella sekunneista tunteihin.

Teollisuuden joustohankkeet on toteutettava huolella ja pääasiallinen prosessi hyvin tuntien. Joustokapasiteetti riippuu monesta tekijästä. Joissakin tapauksissa jouston toteutus ei ole liiketoiminnan tai teknisen toiminnan kannalta mielekäs vaihtoehto. Kun ohjattavaan laitteeseen tai liittyy välivarasto tai muuten merkittävää hitautta, on potentiaali aina paremmin hyödynnettävissä. Esimerkiksi pumppaamot tai painilmajärjestelmät voivat olla tällaisia, kuten myös kylmävarastot. Lisäksi jos teollisen prosessin nopeus on helposti säädettävissä ilman että prosessi häiriintyy merkittävästi, se voi soveltua hyvin jouston tuottajaksi.

8.3 Asiantuntijaryhmän näkökulmia sektori-integraation edistämiseksi

Sektori-integraatio mielletään ensisijaisesti työkaluksi kohti ilmastopäämääriä, ei niinkään tavoitteeksi itsessään. Sektori-integraatio ymmärretään laajasti kattaen keskeiset sektorit ja niiden tekniset ratkaisut, mutta myös esimerkiksi hallintajärjestelmät, datarajapinnat, regulaation ja erilaiset markkinat.

Toiminta-ympäristön analyysia tuleekin tehdä laajasti, arvioida konkreettisesti, missä ja miten sektorikytkentöjä tapahtuu ja mitkä niiden ristikkäisvaikutukset ovat. Tätä kautta voidaan paremmin hahmottaa mahdolliset pullonkaulat, tuet, ohjauskeinot ja muut keskeiset kysymykset. Toimialojen

väliset kokonaisuudet ovat erittäin kiinnostavia, joskin haasteellisia mallinnettavia. Digitalisaatiolla voi olla keskeinen rooli toimialojen välisen integraation mahdollistajana.

8.3.1 Teollisuudella aktiivinen rooli energijärjestelmän murroksessa

Energiajärjestelmä on monella tapaa vahvassa murroksessa. Uusiutuvan energian osuus järjestelmässä kasvaa nopeasti. Samalla perinteisten tuotantomuotojen osuus pienenee. Edullinen uusiutuva energia muokkaa Suomen ja maailman energiakenttää voimakkaasti. Sen myötä esimerkiksi energian tuotantokustannukset laskevat ja joustavuuden tarve järjestelmässä lisääntyy. Samalla energian rooli kilpailukytekijänä ja yhteiskunnan kriittisenä infrastruktuurina korostuu. Energiajärjestelmän kustannustehokkuudesta ja luotettavuudesta on siis pidettävä huolta samalla kun järjestelmä muuttuu puhtaammaksi.

Energia-alalta ja teollisuudelta odotetaan yhä nopeampaa kykyä reagoida muutoksiin ja hakea ennakkoluulottomasti ympäristöystävällisiä ja kustannustehokkaita tuotantoratkaisuja. Sektori-integraation alueella on Suomessa lukuisia hankkeita käynnissä. Erityisesti prosessien sähköistyminen nähdään keskeisenä keinona vähentää päästöjä, kuten myös toimialojen vähähiilitiekartat osoittavat. Sähköistyminen haastaa nykyistä energijärjestelmää jo pelkästään tuotannon ja siirron volyymien puolesta. Kulutusten kasvaessa korostuu myös tarve mallintaa energia-teollisuus -rajapintaa paremmin, pystyä ennustamaan ja ohjaamaan kuormituksia tarkemmin.

Teollisuuden joustoa on myös aktiivisemmin valjastettava tukemaan järjestelmää ja uusiutuvan energian käyttöönottoa. Joustojen hyödyntäminen tulee aina tehdä huolella ja toimialakohtaista osaamista hyödyntäen, koska Suomen teollisuudessa on monenlaisia sähkönkäyttäjiä.

8.3.2 Teollisuuden kilpailukyky perustuu uudistumiseen ja kustannuskilpailukykyyn

Isossa kuvassa teollisuuden näkökulmassa korostuu huoli kilpailukykyä ja teollisuuden mahdollisuuksista Suomessa. Kaikenkokoinen menestyvä teollisuus pystyy kyllä investoimaan ja vaikuttamaan omiin päästöihinsä matkalla vähähiilisyteen.

Teollisuuden ratkaisujen vaikuttavuuden arvioinnissa voidaan erottaa kolme keskeistä elementtiä: sektori-integraatio, sähköistäminen ja vetytalous laajemmin. Sektori-integraatio nähdään erityisesti tehostamisen ja häviöiden vähentämisen keinona. Prosessien sähköistämisen vaikutukset tapahtuvat ennen kaikkea paikallisen polttamisen vähentyessä olettaen että puhdasta sähköä on riittävästi käytettävissä. Vetytalouskysymys on laajempi ja kytkeytyy laajasti uusiin prosesseihin ja liiketoimintamahdollisuuksiin mm. P2X –ratkaisujen kautta.

Suomen teollisuus on monelta osin jo vähäpäästöistä. Kilpailu on globaalia ja monessa tapauksessa ulkomaiset toimijat saastuttavat enemmän mutta maksavat silti vähemmän päästöistään, saavuttaen siksi suoraa kilpailuetua. Hiilivuodon mahdollisuuksia, eli teollisuuden siirtymisen kohti löysemmän ilmastopolitiikan alueita, tulee välttää.

Kansallisella tasolla on tärkeää tukea oikeanlaista kehitystä ja mahdollistaa myös pilotteja ja demonstraatioita teollisuuden uudistamisessa. EU:n tarjoamia mahdollisuuksia tulisi myös hyödyntää laajasti tähän tarkoitukseen. Poliittisen ja regulaatio-ympäristön tulisi olla niin vakaa ja

ennustettava, että se osaltaan kannustaisi myös suuriin uusiin investointeihin. Tulee myös miettiä, miten eri toimijat hyötyvät päästövähennyksistä.

Jalanjäljen lisäksi on tärkeää keskustella kädenjäljestä: tulevaisuudessa puhtaasta sähköstä tulee itsessään raaka-aine, jolloin rajat energian ja raaka-aineiden välillä hämärtyvät. Tällöin hyötyjen jakautuminen ja sektorien välinen keskustelu on erityisen tärkeää. Esimerkiksi hukkalämpöjen hyödyntäminen yhdistää useaa eri sektoria.

Ilmastotavoitteen kannalta investointihankkeiden sujuva ympäristöluvitus on tärkeää. Suurten investointihankkeiden aikatauluun luvitusprosessien kesto vaikuttaa huomattavasti ja prosessien liiallinen hitaus voi vaikuttaa negatiivisesti mahdollisuuksiin saavuttaa asetetut tavoitteet.

8.3.3 Sektori-integraation edistämisessä tulee huomioida vahvasti kansainvälinen konteksti

Suomen roolin ja kehityksen osalta pidetään ensisijaisesti tärkeänä edetä EU:n linjaukset huomioiden, aktiivisesti osallistuen ja vaikuttaen. EU-tason strategiat esimerkiksi teollisuuden kehityksen osalta ovat hyvin keskeisiä. Toisaalta ratkaisumallit koetaan osin erilaisiksi, kun verrataan Suomen toimintaympäristöä ja Eurooppaa. Hiilineutraaliuden kannalta Suomella on jo hyvät lähtökohdat ja sitä kautta hyvät mahdollisuudet ottaa roolia EU-tasolla ja kehittää kansainvälisiä tuotteita ja toimintamalleja. Erityisesti energiaintensiivisen teollisuuden ratkaisuissa on nähtävissä mahdollisuuksia uusille globaaleille vientituotteille. Kotimaassa on pyrittävä varmistamaan, että markkina ja regulaatio eivät aseta esteitä tälle kehitykselle.

EU-kontekstissa vetytalouden edistäminen on merkittävässä roolissa, ja tuleva EU-tason energialainsäädäntö huomioinee vedyn eri tavoin. Vedyn luokittelu tuotantotavan tai päästöjen mukaan keskusteluttaa Euroopassa, keskustelua käydään esimerkiksi siitä, tulisiko vetyä tuottaa tulevaisuudessa uusiutuvalla sähköllä, uusiutuvalla ja ydinvoimasähköllä vai maakaasusta hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia hyödyntäen. Komission julkaisemassa EU:n vetystrategiassa eri tavoin tuotetulle vedylle on esitetty runsaasti mahdollisia terminologioita, jotka poikkeavat osin nykyisin käytetyistä termeistä. Keskustelun voi odottaa jatkuvan. Suomi on tähän asti painottanut kannoissaan vetytalouden yhteyttä ilmastotavoitteisiin sekä puhtaasti sähkön hyödyntämistä vedyn valmistuksessa. Suomi ei ole sulkenut tiettyä tapaa ulos. Keskustelu EU-tasolla jatkunee ja myös Suomessa vedyn tuotanto- ja hyödyntämistapoja koskevaa analyysiä kilpailukyvyyn ja päästöjen vähentämisen näkökulmasta on syytä jatkaa.

9 Teollisuuden sektori-integraatiota edistävät konseptit ja infrastruktuuri

9.1 Teollisuusprosessien sähköistäminen

Teollisuusprosessien päästöjen vähentäminen pohjautuu vahvasti laajaan sähköistymiseen. Visioissa lämmön, vedyn ja puhtaiden polttonesteiden tuotanto perustuu tulevaisuudessa puhtaaseen ja hinnaltaan kilpailukykyiseen sähkөөn. Esimerkiksi tuulivoimalla on merkittävä rooli skenaarioissa tämän osalta. Hiilivapaan sähkön riittävyys on kuitenkin merkittävä epävarmuustekijä näissä kehityspoluissa. Toisaalta sähkön käyttö pelkästään volyymin puolesta tulee kasvamaan niin, että se haastaa nykyisen sähköjärjestelmän kapasiteettia. Sähkön puhtauden ja kustannusten lisäksi on kaikissa olosuhteissa huolehdittava myös toimitusvarmuudesta ja luotettavuudesta, kattaen niin tuotannon kuin jakelunkin. Moderni yhteiskunta on entistäkin riippuvaisempi luotettavasta sähkön toimituksesta.

Tulevaisuuden sähköjärjestelmä on luonteeltaan entistäkin dynaamisempi ja haastavampi hallita. Se tulee hyödyntämään laajasti sähkön varastointia ja kulutustason joustoa osana verkon hallintaa. Teollisuuden kuormissa on näkemysten mukaan paljon hyödyntämätöntä joustopotentialiaa, jolla voidaan osaltaan parantaa järjestelmän toimitusvarmuutta, mutta myös tuottaa uusia ansaintamahdollisuuksia teollisuuslaitoksille. Toimiva joustomarkkinan voi olla myös kansallisen kilpailukykyyn tekijä, kun sähköstä saadaan luotettava ja hinnaltaan kilpailukykyinen raaka-aine. Lähtökohtaisesti kaikki joustopotentiali halutaan jatkossa käyttöön, mutta tämän tulee tapahtua markkinalähtöisesti. Teollisuuden joustojen tunnistaminen ja hyödyntäminen edellyttävät aina hyvää teollisuusprosessien ja toimintaympäristöjen ymmärrystä.

Siirtoverkkojen kapasiteetin riittävyys on tärkeää, jotta verkot mahdollistavat toimivat markkinat ja kannustavat investoimaan tuotantoon ja kulutukseen niiden oman kannattavuuden mukaan. Tavoiteltavaa on pitää Suomi jatkossakin yhtenä hinta-alueena, jolloin alueet ovat tasa-arvoisia sähkön hinnan näkökulmasta. Tästä näkökulmasta sähköjärjestelmän pitkän aikavälin suunnittelu onkin tärkeää ja samalla haastavaa: uuden tuotannon ja kulutuksen osalta on ennakoitava mihin ja milloin niitä tullaan asentamaan, millaisia niiden tuotanto- tai kulutusprofiilit ovat. Sähköverkon vahvistukset on suunniteltava näiden tietojen pohjalle.

Sektori-integraation osalta sähköverkon näkökulmasta on nähtävissä tiettyjä haasteita. Jouston tarve on suuri, mutta sen yleinen houkuttelevuus ja toimintamallit vielä heikolla tasolla. Vastaavasti tuotannon ja kulutuksen paremmalle ennustettavuudelle on suuri tarve. Yleisemmin tiedonvaihto ja yhteiset pelisäännöt varsinkin sektorirajojen yli toimittaessa tarvitsevat vielä kehitystä.

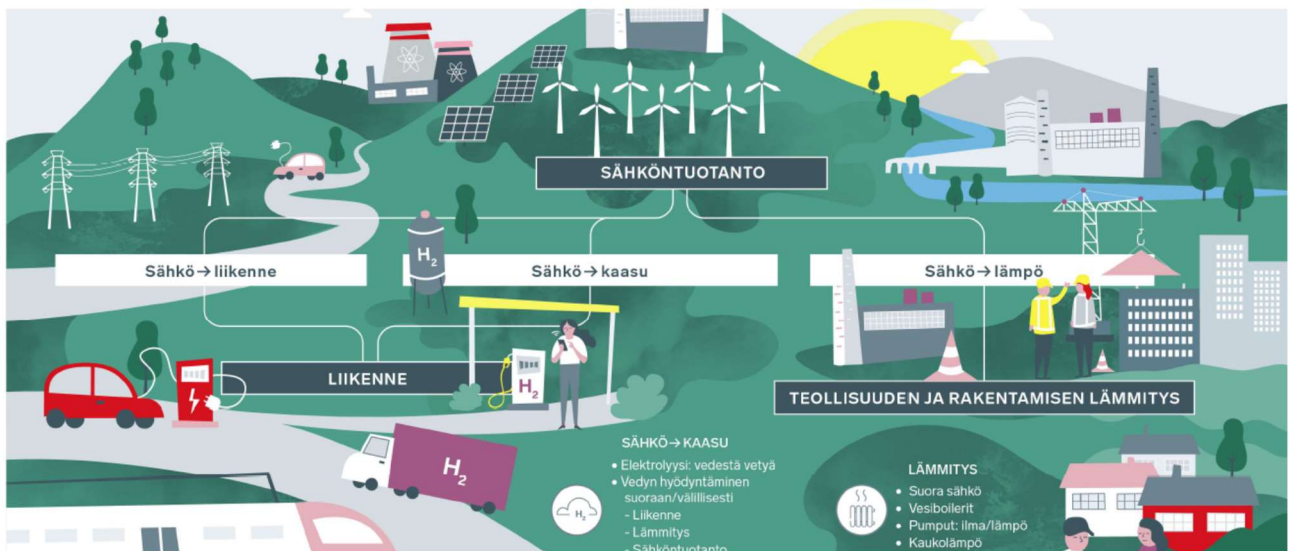
Jouston hyödyntäminen on kysymyksistä luultavasti keskeisin. Varsinkin oikeiden kannustimien tunnistaminen joustopotentialin hyödyntämiseksi edistäisi aiheen kehitystä. Esimerkiksi oikeat hinta-signaalit, oikeat tuotteet tai verotukselliset kannusteet voisivat toimia tässä mielessä. Toinen keskeinen kysymys on, miten muodostetaan järjestelmätason näkymä eri aikaväleillä huomioiden joustopotentiali. Toinen konkreettinen haaste on eri sektorien datan ja tiedonsiirron vaatimukset niin että ne mahdollistavat joustopotentialin käytön. Tähän liittyvät rajapinnat on rakennettava hyvissä ajoin kuntoon mahdollistamaan laajemmat joustomarkkinat. Käytännön kysymyksiä liittyy myös mm. energiavarastojen omistukseen.

Teollisuuden toimijoiden keskuudessa on tunnistettu tiettyjä haasteita sähköjärjestelmän näkökulmasta. Esimerkiksi sähkömarkkinalaki edellyttää erillistä yhtiötä paikallisena

sähkönjakelijana, kun alueella on useampia kuluttajia. Tämä voi hidastaa sektori-integraation toteutumista tapauksissa joissa tietyille yksiköille kannattaisi rakentaa oma verkko. Toisaalta teollisuusverkkojen rakentaminen on ollut jo pidempään mahdollista ja niihin on vakiintuneet käytännöt.

Näkemyksen mukaan pistemäinen tuotanto ja kulutus lisääntyvät jatkossa, eikä kantaverkko aina kata riittävästi parhaita tuotantoalueita ja suuria kuluttajia. Tämä voi aiheuttaa hidasteita suurille hankkeille. Teollisuustoimijat kaipaavat jouston hyödyntämiseksi sähköjärjestelmässä parempaa ymmärrystä mm. tehon mittakaavoista, säädön nopeudesta ja kestosta. Myös selkeys uusiutuvalla sähköllä tuotettujen tuotteiden regulaatiosta auttaisi joustojen hyödyntämisessä.

Tuotannosuunnittelua pyritään kehittämään myös joustavan sähkönhankinnan ja uusiutuvan vedyntuotannon ehdoilla. Joustot edellyttävät investointeja joihin olisi hyvä olla selkeitä tukimekanismeja.



Kuva 8: Energiaratkaisuja tulevaisuuden yhteiskunnassa (Lähde Fingrid)

9.2 Vähähiiliset kaasut osana tulevaisuuden kaasujärjestelmää

Kaasun siirtoverkkoja voidaan hyödyntää laajasti energiajärjestelmän murroksessa ja CO₂-päästöjen vähennyksessä. Esimerkiksi erilaisten vähähiilisten kaasujen (kuten biokaasu/biometaan, synteettiset kaasut, vety) siirto ja varastointi voi tapahtua olemassa olevissa kaasuverkoissa ja mahdollisissa uusissa vetyverkostoissa. Tulevaisuudessa siirretään pidempiä matkoja myös mahdollisesti muita kaasuja, kuten hiilidioksidia.

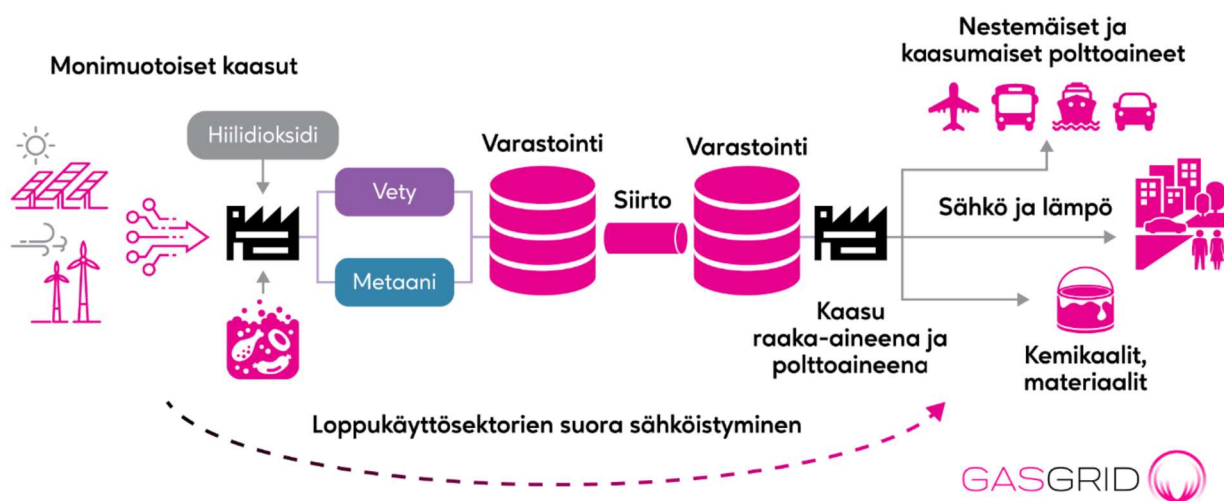
Komissio julkaisi lokakuussa 2020 metaanistrategian lokakuussa 2020. Strategiassa biokaasu nähdään keskeisenä keinona vähentää metaanipäästöjä esimerkiksi maataloussektorilla. Suomessa suunnitellaan biokaasun sisällyttämistä liikennepolttoaineiden jakeluvoitteiseen hallitusohjelman mukaisesti.

Siirtoverkkojen siirto- ja varastointikykyä hyödyntämällä kestävästi tuotettuja kaasuja voidaan hyödyntää merkittävästi nykyistä laajemmin. Energiajärjestelmän jouston ja tasapainotuksen osalta P2X ja kysyntäjousto voivat integroida kaasu- ja sähköverkoja ja toisaalta markkinoita.

Uusiutuvaa energiaa voidaan varastoida kaasuna, myös pidempiaikaisena kausivarastona. Suuremmissa mittakaavoissa tulee kehittää kaasun varastointia, pienemmässä mittakaavassa kaasuverkosto itsessään toimii rajallisena varastona.

Suomessa huomioitavaa on, että merkittävät tuulivoiman tuotantoalueet sijaitseva Länsi- ja Pohjois-Suomessa, kun taas energian kulutus painottuu Etelä-Suomeen. Pohjois-Suomessa suurteollisuus muodostaa paikallisia merkittäviä kulutuskohteita. Tulevaisuudessa tarvittaneenkin sekä kaasun- että sähkönsiirtoyhteyksiä näiden tarpeiden yhdistämisessä.

Yhteisvoimin tehtävä ekosysteemikehitys uusien ratkaisujen pilotointiin ja demonstrointiin voi vauhdittaa uusia ratkaisuja, sektori-integraation etenemistä sekä siirtymistä hiilineutraaliin yhteiskuntaan.



Kuva 9: Tulevaisuudessa kaasuverkostat voivat mahdollistaa erilaisten vähähiilisten kaasujen siirtoa ja varastointia, joka mahdollistaa teollisuuden sektori-integraatiota ja vähähiilisyyttä. (Lähde: Gasgrid)

Olemassa olevaa kaasuverkkoa on ylläpidettävä, kehitettävä ja laajennettava myös tulevaisuudessa sekä energiajärjestelmän tasapainotuksen että huoltovarmuuden näkökulmasta. Kaasun siirrossa korostuvat turvallisuus, luotettavuus ja kustannustehokkuus.

9.3 Vedyntuotanto ja hyödyntäminen teollisuudessa

Vety saa tällä hetkellä paljon huomiota keinona vähentää päästöjä ja erityisesti ratkaista keskeisten sektorien kuten teollisuus ja liikenne haasteita. Tällä hetkellä erityisesti Keski-Eurooppa ajaa vetyä vahvasti tulevaisuuden energiajärjestelmän ratkaisijaksi. Uusiutuvaa sähköä käyttämällä voidaan jatkossa tuottaa päästötöntä vetyä. Vetyratkaisut integroituvat vahvasti teollisuusprosesseihin, esimerkiksi metsäteollisuudessa on käynnissä mielenkiintoisia pilotteja ja terästeollisuudessa vetypelkistys voi vähentää päästöjä. Kemianteollisuudessa vetyä käytetään tietyissä prosesseissa, eräissä prosesseissa syntyy myös sivutuotteena vetyä, ja kemianteollisuuden vähähiilisyyteen vety kytkeytyy vahvasti. Vedyn tarve näissä prosesseissa on todella suuri. Tämänhetkisten

pilottilaitosten mittakaava ei ole riittävä laajamittaiseen vedyn käyttöön teollisuudessa, mutta prosessien nopeaan skaalaamiseen uskotaan laajalti.

EU:n vetystrategia on Suomen kannalta merkittävä ja kotimainen kehitys tulee kytkeytymään EU-tason toimiin. Komissio ennakoi vetystrategiassa vedyn osuuden nousevan energiataloudessa 2%:sta 13-14 %:iin vuoteen 2050 mennessä. EU:n vetystrategia pohjautuu oletukseen vedyntuotannon nopeasta lisääntymisestä, ja EU:n komissio ja EU-maat voivat edistää vedyn tuotantoa ja hyödyntämistä julkisilla rahoitusinstrumenteilla. Komissio edistää innovaatioita myös esimerkiksi vetyallianssin avulla, joka kokoaa eri toimijoita kehittämään vetyhankkeita.

Yleisemmin toimintaympäristö halutaan pitää mahdollistavana, esimerkiksi markkinasääntöjen ollessa sellaisia, että ne mahdollistavat nopean kehityksen. Kansainvälinen yhteistyö on keskeinen osana EU:n vetystrategiaa.

EU:n vetystrategiassa on esitetty myös kysyntää lisääviä toimia, liittyen esimerkiksi uusiutuvan tai vähähiilisen vedyn hyödyntämisen edistämiseen tai CCFD:n (Carbon Contract For Difference) pilotoinnilla.

EU:n vetystrategian toimeenpano ratkeaa konkreettisemmin tulevissa lainsäädäntöhankkeissa. Pyrkimyksiä voidaan kuitenkin alustavasti arvioida. Vetystrategian kautta EU pyrkinee mm. edistämään vedyn ja sen johdannaisten (P2X-ratkaisut) käyttöä liikenteessä. Valmisteltava Kestävän ja Älykkään Liikenteen Strategia tulee osaltaan tukemaan tätä kehitystä. Lisäksi EU etsii uusia tapoja tukea vedyn käyttöä mm. loppukäyttäjien tasolla Uusiutuvan Energian Direktiivin kautta. EU myös pyrkii kehittämään menetelmiä joilla voidaan arvioida vedyntuotantolaitteistojen elinkaaripäästöjä yhtenäisellä tavalla. Edelleen tarkoituksena on määritellä Euroopan-laajuiset kriteerit uusiutuvan ja vähähiilisen vedyn sertifiointille.

Suomi on yleisinä kantoinaan kannattanut uusiutuvan ja vähähiilisen vedyn käytön edistämistä uuden teknologian käyttöönoton keinoin. Suomi on myös kannattanut vähähiilisten teollisuustuotteiden tuotannon edistämistä ja todennut että toteutusvaihtoehtoja tulee selvittää tarkasti ennen uusien politiikkavälineiden käyttöönottoa tai pilotointia. Lisäksi Suomen näkökulmasta on tarpeen kehittää kestävästi tuotetusta vedystä valmistettavia, synteettisiin polttoaineisiin perustuvia teknologioita.

VTT on laatinut Business Finlandille selvityksen aiheena Kansallinen vetytiemäkartta. Työ- ja elinkeinoministeriö suunnittelee sisällyttävänsä vetyyn liittyviä linjauksia ilmasto- ja energiastrategiaan (2021). Esitettyjen näkemysten mukaan Suomen tulee olla aktiivinen asiassa myös pohjoismaisella ja EU-tasolla.

Näkemysten mukaan Suomessa tulisi osoittaa taloudellista tukea infrastruktuurille ja vetyprojekteille, jotka mahdollistavat vaikeasti sähköistettävien teollisten prosessien päästöttömyyttä vedyn avulla, kaikki päästövapaat tuotantomuodot mahdollistaen. Suomen tulisi myös edistää myös päästötöntä kaivosteollisuutta hyödyntäen CO₂-vapaata vetyä. Kokonaan uusia vedyn tuotantoon liittyviä kaupallisia konsepteja tulisi kehittää, esimerkkinä jätteestä vetyä.

Synteettisten polttoaineiden (ja/tai muiden synteettisten tuotteiden) edistämiseen liittyy useita eri kokonaisuuksia. Näitä ovat muun muassa kasvihuonekaasupäästövähennemien määrittely EU-lainsäädännössä, käsittely EU-lainsäädännössä kuten päästökaupassa ja uusiutuvan energian direktiivissä, verotusratkaisut, kysyntään vaikuttava mahdollinen sääntely (kuten jakeluvaihto)

ja teknologioiden pilotointi- ja demonstroitihankkeet. Suomen kansallinen päätösvalta ulottuu erityisesti kolmeen viimeksi mainittuun kokonaisuuteen, vaikka nämäkin liittyvät EU-kehikkoon. Synteettisten polttoaineiden tai muiden tuotteiden kysyntä voi vaikuttaa huomattavasti vedyn merkitykseen energiajärjestelmässä.

9.4 Teollisuuden hukkalämmöt käyttöön

Lämmön ja jäähdytyksen tuotanto ovat erittäisin oleellisia teknologioita Suomen kilpailukyvyn kannalta. Teollisuudella on perinteisesti merkittävä rooli bioenergiaan perustuvan lämmön tuottajana, ja teollisuus myy lämpöä kaukolämpöjärjestelmiin useilla paikkakunnilla. Metsäteollisuuden sivutuotepuuta hyödynnetään laajasti kaukolämmön tuotannossa eri yhtiöiden toimesta. Tällä hetkellä erityisen kiinnostuksen kohteena on teollisuuden ja muiden vastaavien toimijoiden, kuten datakeskusten tuottamien hukkalämpöjen/ylijäämälämpöjen hyödyntämismahdollisuudet kaukolämpöjärjestelmissä.

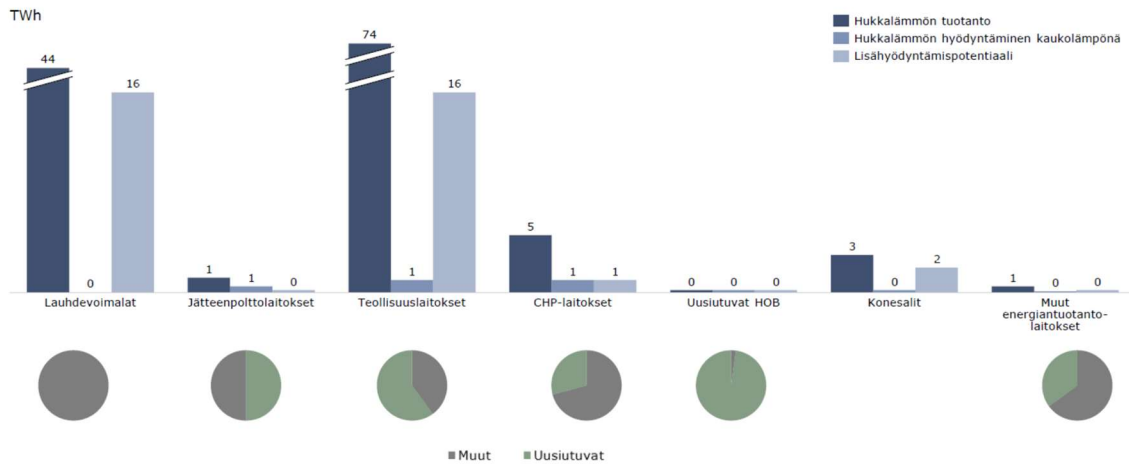
Hukkalämpöjen hyödyntämiseen liittyviä EU-direktiivejä ovat erityisesti energiatehokkuusdirektiivi (EED) ja uusiutuvan energian direktiivi (REDII). Energiatehokkuustyöryhmä arvioi (2019) EED:n 3 artiklan mukaisiksi säästöiksi teollisuuden ylijäämälämmöllä n. 1600 GWh/v vuonna 2030 ja EED:n 7 artiklan mukaisiksi säästöiksi velvoitekaudella 2021–2030 9TWh (kumuloitunut säästö). Uusiutuvan energian direktiivissä on asetettu lisäystavoite (2021-2030) uusiutuvalla energialla tuotetun kaukolämmön ja –jäähdytyksen osuuteen. Suomelle lisäystavoite on 0,55 %-yksikköä vuodessa, kunnes 60 % on täytetty. Vuonna 2019 jo 53 % kaukolämmöstä tuotettiin uusiutuvalla energialla ja hukkalämmöillä. Komissio tulee esittämään muutoksia sekä energiatehokkuusdirektiiviin että uusiutuvan energian direktiiviin kesällä 2021. Tässä kappaleessa on esitetty keskeisiä tuloksia EED artiklan 14 perusteella laaditun hukkalämpöjen hyödyntämistä koskevasta selvityksestä.

Varsinkin teollisuuden hukkalämpöön liittyy paljon hyödynnettävissä olevia mahdollisuuksia. Merkittävä osa teollisuuden energiasta päätyy hukkalämmöksi. Arvioiden mukaan teollisuuden hukkalämmöstä hyödynnetään nyt n. 1-2 % kaukolämmössä, mutta hyödyntämistä voitaisiin nostaa yli 20%.

Hukkalämpöjen tekniseen hyödynnettävyyteen liittyy kuitenkin paljon epävarmuuksia ja niiden arviointi on siksi haastavaa. On myös huomattava, että suuret teollisuusyksiköt ovat usein kaukana suurista kaupungeista ja kaukolämpöverkoista, jolloin niiden hukkalämmölle ei ole kuluttajaa. Teollisuuden hukkalämpöön pohjautuvilla lämmitysratkaisuilla on myös muita teknisiä haasteita. Kaukolämmön tuotanto ei saa vaarantaa teollisuusprosessia ja toisaalta kaukolämpö tarvitsee yleensä tasaista lämmön tuotantoa lämmityskaudella.

HUKKALÄMMÖN HYÖDYNTÄMISPOTENTIAALI

Suurin hukkalämmön hyödyntämispotentiaali on lauhdelaitoksissa ja teollisuuslaitoksissa



Kuva 10: Hukkalämmön hyödyntämiselle on potentiaalia (Lähde: AFRY)

Kun pääasiassa polttamiseen perustuva lämmöntuotanto vähenee, lämpöpumppuja ja sähkökattiloita tarvitaan laajamittaisesti kaukolämmön tuotannossa. Erilaisia geotermisiä ratkaisuja tullaan tarvitsemaan paljon eri sovellusalueilla. Myös datakeskusten ja konesalien hukkalämpöjen hyödyntäminen voi olla jatkossa merkittävä, kilpailukykyinen hiilivapaan lämmön lähde. Kaukolämpöjärjestelmä mahdollistaa osaltaan tuotantotapojen, varastoinnin ja lämmön tai kylmän toimituksen optimointia kokonaisuutena sähkömarkkinan tilanteen mukaan. Halvan sähkön aikana hyödynnetään paljon sähköistä lämmöntuotantoa ja varastointia, kalliin sähkön aikana muilla tavoilla.

Kiinteistökohtaisissa lämmitysratkaisuissa sektori-integraation edistäminen on hyvin rajallista, koska optimoitavia kohteita on vain yksi kiinteistö. Kiinteistökohtaiset lämpöpumput lisäävät usein sähkön kysyntää sähkön huippukysyntätilanteissa ja ovat siinä mielessä järjestelmän kannalta haastavia. Esimerkiksi maalämpökohteissa mitoituksen vuoksi huipputehot tehdään usein suoralla sähkölämmityksellä. Suuret datakeskus-investoinnit kytkeytyvät usein uuden tuulivoiman investointipäätöksiin. Houkuttelemalla suuria datakeskus-investointeja Suomella olisi mahdollista saada kansantalouden kannalta useita hyötyjä samanaikaisesti; hukkalämmöt kaukolämpöverkkoon, uusiutuvan energian investoinnit, mahdollinen joustavuus reservimarkkinalle, työpaikat ja verotulot.

Myös kaukolämpöverkkoa tulee ylläpitää, kehittää ja laajentaa kustannustehokkaasti, missä tukimekanismeilla voi myös olla vaikutuksensa.

10 Uuden liiketoiminnan kehittäminen ja rahoitus

10.1 Toimintaympäristölle asetettavat edellytykset kokonaisuutena

Sektori-integraatio tuo enemmän toimijoita yhteen uusilla tavoilla. Samalla kehitetään toimijoiden välistä tiedonvaihtoa ja käytännön rajapintoja. Tätä kautta syntyy uusia mahdollisuuksia ja liiketoimintamalleja, mutta myös kokonaan uusia riskejä ja turvallisuusnäkökulmia voi nousta esiin. Keskeistä on yhteisten ratkaisujen kehittäminen yhteismarkkinoille kilpailukyvyyn edistämiseksi. Tässä korostuu toimintaympäristön ja jatkohankkeiden rooli onnistuneen pilotoinnin jälkeen.

P2X -ratkaisujen kaupallisen kehittymisen kannalta keskeinen lähtökohta on halvan puhtaan sähkön saatavuus. Näkemysten mukaan tuulivoimakapasiteetti osaltaan varmistaa tätä, mutta myös verotusympäristön selkeytyksille on tarpeita esim. P2X -laitteistojen sähkönkäytön osalta. Myös polttoaineiden regulaatio, erityisesti synteettisten polttoaineiden tasa-arvoisuus muiden uusiutuvien polttoaineiden kanssa, vaikuttaa vahvasti. Jatkokehityksessä ratkaisevaa tulee olemaan se, miten teollisuuden P2X -ratkaisut skaalautuvat ja miten niiden kustannustehokkuus kehittyy mittakaavan mukana. Tästä ei ole vielä hyvää näkemystä mutta kokemukset muilta sektoreilta ovat kannustavia.

P2X -ratkaisujen kehittämisen aikajänne on pitkä, se voi olla yli 10 vuotta kun puhutaan suuren mittakaavan järjestelmäratkaisuista. Varsinaisen kehitystyön rinnalla mm. investoinnit, uusiutuvan sähkön tuotantokapasiteetti, sähkönsiirtokapasiteetti, vedynsiirto- ja varastointikapasiteetin mahdollinen kehitys, regulaatio ja lupa-asiat vaikuttavat kehitysnopeuteen. Laitteistojen hinta varsinkin pilotointivaiheessa edellyttääkin tukitoimia.

Tässä teemassa Suomen kilpailukykyä edistäviä tekijöitä ovat mm. hyvä tuulivoimapotentiaali, edullinen ja luotettava sähkö, biopohjaiset CO₂-lähteet, puhtaan veden saatavuus ja sektori-integraatio kaukolämmön kanssa.

10.2 Tutkimus- ja kehittämishankkeiden rahoitus

Vähähiiliratkaisujen ja älykkään energian tutkimusta on viime vuosina rahoitettu mm. liittyen Business Finlandin Älykäs Energia –ohjelman edistämiin toimiin. Suomeen on Business Finlandin rahoituksella synnytetty useita tutkimukseen perustuvia ekosysteemeitä ja kasvumoottoreita, jotka edistävät yhteiskunnan ja teollisuuden sähköistymistä. tiekartat vs tutkimusrahoitus.

Myös EU:n rahoitusta on kohdistunut näihin aiheisiin ja suomalaiset toimijat ovat saaneet ainakin kohtuullisen osuuden hankkeista. Komissio suuntaa Horizon 2020-tutkimusvarojen jäljellä olevista varoista merkittävän osan Green Deal aiheisiin, ja teemat ovat keskeisiä myös uuden Horizon Europe-ohjelman rahoituksen käytössä 2021-2027. Vallitsevassa vaiheessa siirrytään kohti kokonaisratkaisujen kehittämistä ja niiden tarjoamista globaaleille markkinoille.

Tutkimuksen ja kehittämiseen liittyviä hankkeita rahoitetaan myös muista lähteistä, kuten aluekehittämisvaroista (esim. EAKR) erityisesti Itä- ja Pohjois-Suomessa.

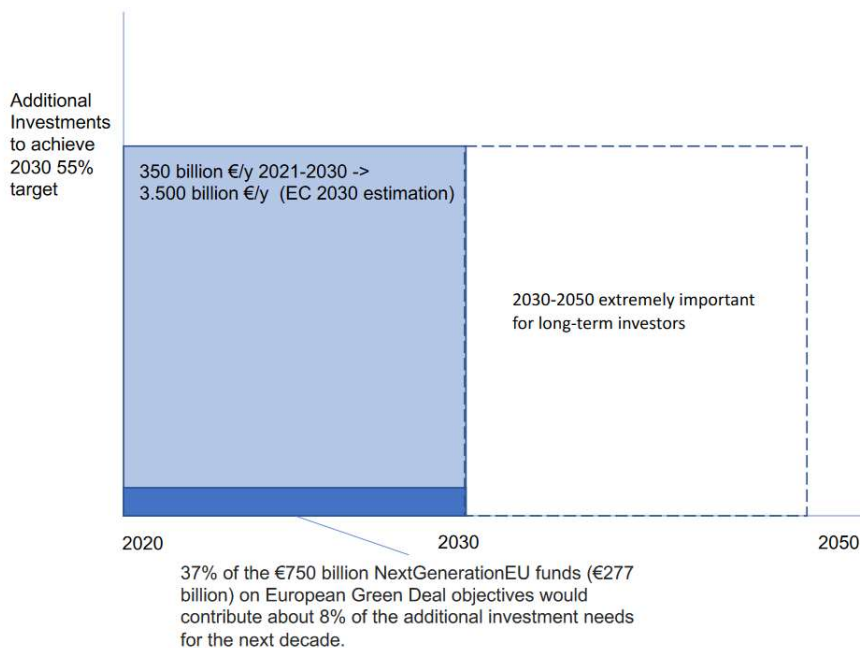
Koulutus ja innovaatioympäristöjen kehittäminen ovat myös tärkeitä aiheita. Tällä hetkellä tutkimuksen ja innovaatioiden rahoitus on kohtuullista, mutta tutkimusympäristöjen tai -alustojen ja demonstraatioiden rahoitus on ollut investointien osalta haastavaa.

10.3 Investointien rahoitus

Rahoitus on todella keskeisessä roolissa EU:n päästötavoitteiden toteutumisen kannalta. Nyt esitetyt skenaariot edellyttävät suuria investointeja. Esimerkiksi vuoden 2030 tavoitteisiin pääsemiseksi on arvioitu, että EU:n vuosittaiset investoinnit ovat vuosina 2021-2030 ovat noin 350 Mrd euroa, jolloin koko investointitarve vuoteen 2030 mennessä on noin 3500 Mrd euroa. On arvioitu, että NextGenerationEU -instrumentit European Green Deal -ohjelmassa kattaisivat noin 277 Mrd euroa, eli noin 8 % arvioidusta investointitarpeesta. Vuosina 2030-2050 tilanne voi olla vieläkin haastavampi. Tässä mielessä on selvää, että investointien rahoituksen tulee perustua yksityiseen pääomaan. Yhtä lailla on selvää, että valtiot tulevat osallistumaan moniin investointeihin osarahoittajana.

EU:ssa valtiontukisäännöt ovat perinteisesti rajoittaneet tiukasti rahoitusinstrumenttien käyttöä kaupallisen toiminnan tukemiseen reilun kilpailutilanteen mahdollistamiseksi sisämarkkinoilla. Vihreän kehityksen ohjelman toteutukseen liittyen valtiontukisääntöjä tullaan uudistamaan. Kuinka uudistus vaikuttaa EU:n jäsenvaltioiden mahdollisuuksiin rahoittaa vähähiili-investointeja, on toistaiseksi auki.

Myös Suomessa on tiekarttojen laatimisen yhteydessä, sekä kansallisen energia- ja ilmastosuunnitelman (NECP) laadinnan yhteydessä, esitetty arvioita investointitarpeista ilmastonutraaliuden saavuttamiseksi. Määrät ovat karkeita arvioita, mutta yhteistarpeet ylittävät joka tapauksessa selvästi 100 miljardia euroa.



Kuva 11: Vähähiiliratkaisuiden investointitarpeet Euroopassa ja Suomessa ovat erittäin suuria (Lähde Euroopan komissio)

Vähähiilikehitystä edistäviä instrumentteja ovat esimerkiksi investointituet. Pilottihankkeiden rahoitus on tärkeää ratkaisujen skaalaamiseksi ja myöskin ensimmäisten referenssien saavuttamiseksi. Ensimmäiset järjestelmätason pilotit ovat äärimmäisen pääomaintensiivisiä ja niiden toteuttamiseksi tulee löytää sopivia rahoittavia konsortioita. Kotimaisista instrumenteista

esimerkkinä voidaan mainita energiatuki ja EU-instrumenteista EU:n Innovaatorahasto. Suomessa on myös järjestetty ns. vety-IPCEI:n aihaku.

Varsinkin tarve demonstroida ratkaisuja lähellä niiden todellista mittakaavaa aiheuttaa haasteita. Isot yritykset siirtyvät herkästi demonstroimaan ratkaisujaan ulkomaille, mikä on kansainvälisyyden näkökulmasta positiivista kehitystä mutta katkaisee usein kotimaisen kehitysketjun kesken. Tukea tarvitaankin myös lähelle kaupallistumista.

Yksityisten rahoittajien näkökulmasta korostuvat tietyt kysymykset. Tuotteelle on oltava selkeä tarve ja markkina näköpiirissä, ja tuotteella on oltava edellytykset menestyä tällä markkinalla. Uusien tuotteiden kuten synteettiset polttoaineet tai P2X edistämiseen tarvitaankin selkeitä ja läpinäkyviä, ennustettavaa tarvetta luovia toimia. Rahoittajan näkökulmasta investoinnilla on myös oltava selkeä tuotto-odottama. Päästöjen kustannukset sinänsä johtavat kohti kannattavia investointeja, kunhan niiden kehitys on regulaation kautta riittävän ennustettavaa. Yksityiset investoinnit edellyttävät myös julkista tukea ratkaisujen kehittämiseen. Tästä näkökulmasta erityisesti kaupallistumisen ja markkinoille menon tukimuodot korostuvat.

10.4 Tuotantotuet ja kysyntään vaikuttaminen

10.4.1 CCFD

Useat teollisuudenalat toimivat globaalien kilpailun piirissä samalla kun prosessien muuttaminen vähäpäästöiseksi edellyttää suuria investointeja täysin uusiin ratkaisuihin kaupallisessa kokoluokassa. Samaan aikaan päästöoikeuden hinta ei ole erityisen korkea.

Näistä lähtökohdista radikaalit muutokset, kuten hiiliteräksen valmistuksen laajamittainen siirtäminen vetyynperustavaksi, on haastava toimenpide nykyisessä toimintaympäristössä. Tämän taustan pohjalta Euroopassa on selvitetty eräänlaista vedyn tai muun teollisen tuotteen syöttötariffia (sähkön tuotannon tuki-instrumentti, josta mm. Suomessa on kyetty luopumaan), eli CCFD:tä ("hiilen hintaerotuki"). CCFD:n mallissa määritellään päästötonnin hinta, jolla uusi ratkaisu on kannattava. Päästökaupan ETS-hinnan ollessa alle tämän määritellyn rajahinnan, CCFD-mekanismi korvaisi hintojen erotuksen.

Järjestelmä voisi tukea strategisia innovaatioprojekteja siten että valtio korvaisi päästöoikeuden hinnan ja tietyn teollisuustuotteen, kuten puhtaan vedyn kannattavuustason välisen päästöoikeuden hintaeron tuottajalle. Näin toimijan kannattaisi ottaa käyttöön teknologiaa, jonka käyttöönotto markkinaperustaisella päästöoikeuden hinnalla ei kannata. CCFD on hyvin teknologiakohtainen ja se voi soveltua tietyn ratkaisun käyttöönottoon markkinoilla kohdennetusti vähentämällä suuresti riskejä suuren kokoluokan uudelta hankkeelta.

Järjestelmän haasteina voisi olla esimerkiksi sen vaikutukset kilpailuun EU:n sisämarkkinoilla sekä kustannukset valtiolle tai kuluttajille tukimaksujen kohdennustavasta riippuen. Myös järjestelmän maantieteellisen ja toimialajakoon liittyvän laajuuden rajaamiseen liittyisi haasteita.

CCFD on mainittu pilotoinnin osalta EU:n vetystrategiassa ja se on esillä ainakin Saksan ja Ranskan kansallisissa vetystrategioissa.

10.4.2 Muut ratkaisut, kuten jakeluelvoitteet

Suomessa nestemäisten biopolttoaineiden jakeluelvoite on ollut käytössä jo pidempään ja esimerkiksi synteettisten polttoaineiden jakeluelvoite voitaisiin mahdollisesti toteuttaa samantyyppisesti. Myös kaasumaisten liikennepolttoaineiden jakeluelvoitteet ovat todennäköisiä Suomessa tulevaisuudessa tehtyihin linjauksiin perustuen.

Muita kulutusta edistäviä ratkaisuja voivat olla esimerkiksi julkisiin hankintoihin liittyvä sääntely tai kulutettujen tuotteiden elinkaaren perustuva sääntely (embedded emissions).

11 Kasvihuonekaasupäästöjen hinnoitteluun liittyvä sääntely

Päästöjen hinnoittelu, eli kasvihuonekaasupäästöjen hinnoitteluun liittyvä sääntely vaikuttaa vahvasti kehitykseen ja uusien toimintamallien muodostamiseen. Esimerkiksi sektori-integraation, P2X:n ja synteettisten polttoaineiden osalta kehitetään täysin uusia konsepteja, joissa on uusia toimijoita mukana ja arvoketjut rakentuvat uudella tavalla. Nykyinen regulaatio ei välttämättä aina vastaa uuden kehityksen tarpeita. Haasteet liittyvät usein siihen miten uusia materiaaleja tai prosesseja tulkitaan olemassa olevassa kehityksessä, tai miten eri vaihtoehtoja käsitellään tasapuolisesti erilaisissa arvioinneissa ja suunnitelmissa. Erilainen sääntely ja kriteerit eri sektoreilla (päästökauppa, taakanjako, LULUCF) ja näiden rajojen ylittäminen tai muutokset voivat olla keskeisiä kannusteisiin vaikuttavia tekijöitä.

11.1 Päästökauppa

Päästökaupakauden 2021-2030 toimeenpano on parhaillaan käynnissä. Samalla merkittäviä kysymyksiä päästökaupan osalta asioita on auki tällä hetkellä komission syksyllä 2020 antamien tiedonantojen valossa, joissa ehdotetaan vuoden 2030 päästötavoitteiden merkittävää kiristämistä ja alustavasti merkittäviä muutoksia sääntelyyn.

Nykyinen päästövähennystavoite tähtää 43% vähennykseen vuoteen 2030 mennessä, vuoden 2005 toimiessa vertailukohtana. Päästökatto laskee vuosittain 2,2% vuosina 2021-2030. Päästökattoa ollaan kuitenkin kiristämässä tulevaisuudessa. Nykyinen Huomioiden kiristyvät tavoitteet komissio on tuonut esiin päästökaton vuotuisen laskunopeuden edelleen kiristämistä, lisäksi voitaisiin toteuttaa kertaluontoinen alennus päästökattoon. Näillä asioilla on yhteys myös markkinavakauseräntöön (MSR), jonka periaatteita myös arvioidaan uudelleen vuonna 2021.

Päästökauppaan suunnitellaan myös laajennuksia. Yhtenä vaihtoehtona komissio on esittänyt kaikkien fossiilisten polttoaineiden polton integrointia päästökauppaan. Komissio on ehdottamassa joka tapauksessa ainakin EU-jäsenvaltioiden välisen meriliikenteen päästöjen sääntelyä päästökaupalla. Toteutustavat ovat vielä pitkälti auki, mutta ne voisivat sisältää esimerkiksi enemmän velvoitteita polttoaineiden jakelijoille, verrattuna nykytilanteeseen jossa velvoitteet tulevat pääosin päästöjen tuottajille.

Teollisuuden näkökulmasta nykyinen päästökauppa ei pääosin kannusta hiilidioksidin talteenottoon ja käyttöön (CCU). Erilaisia juridisia kehitysideoita CCU:n edistämiseksi on komissiossa harkittu, mutta konkretiaan ei ole toistaiseksi edetty pois lukien CCU:n edistäminen hankerahoituksella (avustukset) EU:n innovaatorahaston kautta. Innovaatorahaston varat ovat päästöoikeuksien huutokauppatuloja ja rahaston sääntely perustuu päästökauppasääntelyyn. Pidemmällä aikavälillä vaihtoehtoisia lainsäädäntötyökaluja voisivat olla esim. sertifioidut poistumat tai päästökauppadirektiivin uudistus vuonna 2021.

Päästökauppa ei myöskään tunnista ns. negatiivisia päästöjä, eräänlaista teollista hiilinieluvaihtoehtoa, eli bioenergiaan liitettyä hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia (BECCS). BECCS voisi tarjota mahdollisuuksia suomalaisille biotaloustoimijoille. Komissio on tiedonannossaan linjannut että se selvittää lainsäädäntökehityksen luomista hiilipäästöjen poistoon perustuvaan sertifiointijärjestelmään perustuen. Järjestelmä perustuisi komission mukaan selkeään, läpinäkyvään ja luotettavaan poistumien laskentaan ja todentamiseen. Ratkaisun toimeenpano, mikäli sellaiseen edetään, olisi todennäköisesti aikaa vievä prosessi. EU:n innovaatorahasto rahoittaa BECCS-hankkeita ja ottaa ne huomioon hakemusten pisteytyksen innovaatio-osiossa.

Komissio suunnittelee EU:n päästökaupan kehittämistä, mutta teollisuuden kannalta hiilidioksidin talteenottoon, käyttöön ja varastointiin liittyvien linjauksien muuttuminen lainsäädännöksi vie huomattavan ajan. Tätä ennen teknologioiden kehitystä voidaan edistää investointeja edistävien avustusten keinoin.

11.2 Hiilitullijärjestelmä

Teollisuuden päästöjä vähennykset edellyttävät investointeja puhtaampiin tuotantoprosesseihin. Samalla saastuttavampi valmistus voi saada kilpailuetua ja tuotantoa voi siirtyä maihin, joissa ilmastonmuutoksen hillintää koskeva sääntely on väljempää. Tuloksena voi olla ns. hiilivuotoa. Yhtenä keinona hiilivuodon estämiseksi on pohdittu hiilitulleja. Hiilitullijärjestelmässä huomioitaisiin tuotteen valmistuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt ja niistä maksettaisiin EU:n ulkorajalla tullimaksu. Keskustelu hiilitulleista on noussut esiin myös komission käynnistämän vihreän kehityksen ohjelman ja koronaelvytyspaketin yhteydessä. ETLA:n, SYKE:n, HY:n ja MIT:n tutkimusraportti aiheesta julkaistiin lokakuussa 2020, ja tässä kappaleessa nostetaan esiin eräitä havaintoja raportin sekä asiantuntijaryhmän raportista käymän keskustelun perusteella.

Viimeaikaisten analyysien mukaan hiilitullijärjestelmän voi toteuttaa monella tavalla ja se voi sisältää lukuisia haasteita. Haasteet voivat olla luonteeltaan teknisiä, hallinnollisia, oikeudellisia tai poliittisia. Ne voivat usein liittyä esimerkiksi päästötilastojen keruuseen ja hallintaan sekä kauppasuhteisiin. Analyysissa esitetään, että kunnianhimoinen hiilitullijärjestelmä olisi luultavasti liian raskas käyttöönotettava, ja pidetään todennäköisempänä rajattua hiilitullimekanismin käyttöönottoa esimerkiksi pilotoimalla sitä rajatussa määrässä päästöintensiivisiä vientituotteita. Rajattu pilotointi olisi paremmin toteutettavissa, mutta vaikutuksiltaan melko vähäinen. Se voisi kuitenkin edistää kehitystä kohti laajemman järjestelmän käyttöönottoa.

Teollisuuden toimijoiden näkökulmasta hiilivuodon mahdollisuus aiheuttaa paljon huolta ja näyttäytyy epäreiluna kilpailuasetelmana. Suomalainen teollisuus on jo hyvin edistynyt, mutta se ei saa puhtaasta tuotannosta vastaavaa kilpailuetua. Hiilivuotoriskin rajaamiseksi on olemassa muitakin vaihtoehtoja kuin hiilitulli. Näitä ratkaisuja ovat esimerkiksi jo olemassa olevat keinot päästökaupan kustannusten osittaisesta kompensoinnista, päästöoikeuksien ilmaisjako ja päästöjen vähentämistä mahdollistavat kansalliset tukimuodot. Myös kauppapoliittisia työkaluja on jo käytössä eräille tuotteille. Hiilitullijärjestelmän käyttöönottoa tulisi punnita suhteessa vaihtoehtoihin. Alustavasti keskusteluissa olleet mallit voivat aiheuttaa suomalaiselle teollisuudelle haasteita ilman toivottua vaikuttavuutta.

11.3 Energiaverotus ja sektori-integraatio

Energiaverotuksen perusasetukset teollisuuden sektori-integraation osalta perustuvat energiaverodirektiiviin ja kansalliseen energiaverolainsäädäntöön.

Energiaverodirektiivissä (2003/96/EY) on määritelty mm. verotettavat tuotteet, vähimmäisverotasot ja veron rakenne. Lähtökohtana direktiivissä toimii määriteltyjen energiatuotteiden ja niitä korvaavien tuotteiden (moottorikäytössä kaikki tuotteet, lämmityksessä kaikki hiilivedyt) ja sähkön verottaminen vain kerran. Sähköntuotannon polttoaineet ovat energiaverodirektiivin säännöksen perusteella verottomia, vero kannetaan aina lopputuotteesta eli sähköstä. Tämä mahdollistaa kuluttajille ja elinkeinoelämälle eri verotasot niin polttoaineiden kuin sähkön osalta. Direktiivissä verotus ei sinänsä perustu energiasisältöön tai CO₂-päästöön, vaan energian määrään ja laatuun.

Vety ei toistaiseksi ole direktiivissä veronalaiseksi tuotteeksi määritelty tuote, mutta voi tulla sellaiseksi korvaavuusperiaatteen mukaan moottoripolttoaineena tai lämmityksessä.

Komissio on mahdollisesti antamassa direktiivin uudistamisesityksen kesään 2021 mennessä. Monet sektori-integraatioon liittyvät energiaverokysymykset voivat ratketa, kun direktiivin muutokset on lopullisesti hyväksytty (n. 2022-23) ja tulevat voimaan (n. 2023-25).

Kansallisessa energiaverolainsäädännössä määritellään sähkölle alennettu veroluokka II tietyillä alueilla (teollisuus, kaivostoiminta, yli 5 MW konesalit ja maatalous). Tämä vero laskee vuoden 2021 alusta arvoon 0,05 snt/kWh, joka on ns. EU-minimi sähköverolle. Energiaintensiivisten yritysten veropalautus poistuu vuonna 2025 ja järjestelmän alasajo tapahtuu vuosina 2021-2024. Tämä alasajo toteutetaan mahdollisimman tasaisesti ja siten, että suurimpien kärsijöiden verorasitus nousisi takapainotteisesti. Muina muutoksina yhteistuotannolta poistuu 0,9 –kerroin, energiasisältöveron alennus säilyy arvossa 7,63 €/MWh. Lämmityspolttoaineiden energiasisältöveroa nostetaan 2,7 €/MWh, turpeelle ja mäntyöljylle vastaava korotus sekä turpeen lattiahintajärjestelmä.

Hukkalämpöjen hyödyntämisen osalta lämpöpumppuja osana CHP:ta on selvitetty. Toistaiseksi hallitusohjelmakirjausta koskien kaukolämpöverkkoon kytkettyjen lämpöpumppujen ja konesalien siirtämistä sähköveroluokkaan II selvitetään. Myös geotermisen energian roolia selvitetään tässä yhteydessä.

Näiden muutosten osalta on selvitettävänä ympäristö-, energia-, teollisuuspolitiikan näkökohdista tarkoituksen mukainen rakenne sekä EU-oikeudellinen hyväksyttävyyden, kapasiteetti ja tekninen toteutettavuus. Muutokset on tarkoitus saada voimaan vuonna 2022.

P2X -ratkaisujen osalta energiaverotuksessa on odotettavissa tiettyjä muutoksia. Teollisuudessa kulutetun sähkön vero on tarkoitus laskea EU-minimiin 2021. Energiaverotuksen uudistamista selvittäneessä työryhmässä linjattiin, että vedyn valmistus elektrolyysissä kuuluisi tämän sähköveroluokan II piiriin. On huomattavaa, että vedyllä ei energiaverodirektiivin eikä kansallisen lainsäädännön mukaankaan ole veroa. Energiaverodirektiivin uudistuksen yhteydessä siitä kuitenkin voi tulla veronalainen energiatuote. Suomen nykyistä energiasisältöön ja elinkaarihiilidioksidipäästön perustuvaa veromallia voitaisiin lähtökohtaisesti soveltaa vedyn verotukseen.

Nykyisenkin energiaverodirektiivin mukaan kaikkia tuotteita, joita käytetään moottoripolttoaineena ja kaikkia hiilivetyjä joita käytetään lämmitykseen, on verotettava vastaavan polttoaineen mukaisesti. Toisaalta jos vedyllä olisi vero ja sitä käytettäisiin esim. kemikaalien valmistukseen ei siitä tarvitse suorittaa veroa, sillä se olisi verotonta käyttöä raaka- tai apuaineena.

Yhteenvedona veroasioista voidaan todeta, että EU-tasolla energiaverodirektiiviin uudistaminen ratkaisee keskeiset kysymykset vedyn ja P2X-ratkaisuihin liittyvistä kysymyksistä. Kansallisesti sähköllä on alhainen verotaso, millä on vaikutuksia esimerkiksi vedyn valmistukseen ja erilaisiin hukkalämpötilanteisiin. Kansallinen veromalli, joka huomioi polttoaineen energiasisällön ja elinkaarenaikaisen hiilidioksidipäästön, toimii tarvittaessa synteettisten polttoaineiden verotuksessakin. Vety on uusi tuote energiaverotuksessa niin EU-tasolla kuin kansallisestikin. Avoimia kysymyksiä on paljon, ja osaan niistä löytyy ratkaisu nykysääntelyssä, kun taas osa vaatii sääntelyn selventämistä. Sekä kansallista että EU-työtä varten tarvitaan tietoa prosesseista,

epäselvyyksistä ja epäloogisuuksista, jotta voidaan kehittää niin kansallista kuin EU-tason energiaverolainsäädäntöä.

Teollisuuden näkemyksissä on korostettu mm. että energiaverotuksen tulisi aina tarjota yrityksille riittäviä kannustimia siirtyä CO₂-vapaaseen tuotantoon. Energiaverodirektiivin tulisi tunnistaa P2X teknologiat ja mahdollistaa jäsenvaltioiden myöntää niille helpommin vapautuksia ja alennuksia energiaverotuksessa. Toisaalta energiaverodirektiivi mahdollistaa jo nykyisellään uusiutuvilla tuotantomuodoilla tuotetun sähkön vapauttamisen ja alentamisen sähköverotuksessa. Näiden kannustinmahdollisuuksien laajentamista kattamaan myös muut päästöttömät tuotantomuodot tulisi harkita.

Erialaisten hiilivetyjen (sähköstä kaasuksi-ratkaisut, sähköpolttonesteet, muut sähköstä tuotteiksi ratkaisut) tuotannon kannalta lopputuotteen verotason selkiyttäminen on useiden toimijoiden toiveena. On myös esitetty, että eräitä muita kulutustyyppisiä tulisi siirtää sähköveroluokkaan II. Osa sähköveroluokan I toiminnoista, kuten logistiikkakeskukset, ovat luonteeltaan teollisuustoiminnan kaltaisia.

Yleisesti veroympäristön tulisi olla pitkäjänteinen ja ennakoitava jotta se mahdollistaa investoinnit vetyteknologioiden kehitykseen. Verotuksen pitäisi aina ohjata liiketoimintaa siirtymään hiilineutraaliuteen, eikä luoda esteitä liiketoiminnoille tai uusille teknologioille. Yleisesti koko toimintaympäristön tulee olla tasapuolinen ja sääntelyn johdonmukaista, ennakoitavaa ja läpinäkyvää myös verotuksen osalta.

12 Yhteenveto – tärkeät mahdollisuudet ja haasteet

Keskeinen haaste on pienentää merkittävästi globaalin kilpailun piirissä olevan teollisuuden hiilijalanjälkeä suurten investointien avulla samalla viennin kilpailukyky säilyttäen, ja ilmastokädenjälkeä kasvattaen. Rahoitusta T&K:lle ja kaupalliselle toiminnalle on kohtuullisesti saatavilla, mutta riskien jakoa tarvitaan julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyönä uusien merkittävän kokoluokan vähähiiliratkaisuiden käyttöönoton edistämiseksi.

Teollisuuden sektori-integraatiota edistävät hankkeet perustuvat usein suuriin investointeihin ja prosessien sähköistykseen. Investointipäätösten toteuttamista vaikeuttaa EU:n ilmasto- ja energiapolitiikan heikko ennustettavuus, sillä komissio on avaamassa kaiken keskeisen lainsäädännön lähiaikoina. Tämä voi johtaa merkittäviin muutoksiin toimintaympäristössä ja vaikuttaa keskeisesti investointiedellytyksiin. EU-lainsäädännön sisältö ja johdonmukaisuus jatkossa on keskeisessä roolissa investointien mahdollistamiseksi puhtaaseen sähköntuotantoon ja vähähiilisiin teollisuusprosesseihin.

Sektori-integraatio edellyttää hyvin merkittäviä investointeja puhtaan sähkön tuotantoon sekä koko järjestelmän toimitusvarmuuden kehittämistä. Koska tuotanto ja kulutus harvoin tapahtuu ihan lähekkäin, tarvitaan riittävää infrastruktuuria. Tämä toisaalta edellyttää suunnitelmallisuutta ja tietoa etukäteen tulevista merkittävistä tuotanto- ja käyttöhankkeista. Edelläkävijöitä - sekä vetäjiä ja työntäjiä – tarvitaan, jotta saadaan investoinnit liikkeelle. Haasteena on myös yhdistää merkittävät investointitarpeet kaikkien markkinaosapuolen kannalta sähkön kilpailukykyiseen kokonaishintaan.

Vety ja hiilidioksidin talteenotto eivät yksinään luo uuden liiketoiminnan kivijalkaa Suomeen, mutta niistä valmistetut sähköpolttoaineet ja muut tuotteet voivat näin tehdä. Päästövähennysten tulkinta käytännössä, edistämistoimet ja tulkintojen selkeys etupainotteisesti nopeuttavat kykyä investointipäätöksiin.

Power-to-X ratkaisuilla viitataan usein sähköpolttoaineisiin. Suomessa on edelleen runsaasti tilaa kehittää vaihtoehtoja A:sta Ö:hön, eli sähköstä voidaan tulevaisuudessa tehdä monia eri tuotteita kokonaan uusilla tavoilla.

Alla on esitetty haasteiden ja mahdollisuuksien yhteenveto

Haasteet

- EU-lainsäädännön muutokset aiheuttavat huomattavaa epävarmuutta investoinneille.
- Uusien teknologioiden demonstroinnin ja kaupallisen käytön rahoitus
- Laaja sähköistymisen haaste – toimitusvarmuus, kustannustehokkaan infrastruktuurin ja sähkön riittävyys, uuden kysynnän ja tuotannon aikataulu, määrä ja sijaintikysymykset
- EU-lainsäädäntö ei edistä hiilidioksidin uusia käyttö- ja varastointitapoja ja negatiivisia päästöjä (esim. BECCS)
- Päästövähennämät ja tuoteverotus vedyn ja P2X-ratkaisuiden osalta
- Investointien luvitushaasteet
- Hyötyjen jakautuminen integraatoratkaisuista ei aina edistävää
- Hiilivuoto-tilanteiden välttäminen

Mahdollisuudet

- Aktiivinen tutkimuskenttä –kehitteillä on sektori-integraatiota edistäviä innovaatioita ja investointeja

- Sähköistyminen ja vety teollisuusprosesseissa
- Uusien arvoketjujen kehittäminen (esim. vety, power-to-X, digitaaliset energiaratkaisut) ja kannustavan, innovaatiomyönteisen toimintaympäristön luominen näille
- Teollisuudessa mahdollisuuksia joustopotentialien hyödyntämiselle
- Teollisuuden ja datakeskusten hukkalämpöjen hyödyntäminen
- EU-lainsäädännön muutosten vaikutusten arviointi ja rahoituksen saatavuuteen ja toimintaympäristömuutoksiin vaikuttaminen
- Älykkäät digitalisaatioratkaisut eri sektoreiden rajapinnoilla

OSA III: Sektori-integraatio kaupungeissa ja alueilla asiantuntijaryhmän yhteenvetoraportti

Asiantuntijaryhmä käsitteli energiasektoreiden integraatioita kaupunkeihin ja alueisiin liittyen huomioiden älykkään energiankäytön edistäminen. Asiantuntijaryhmä käsitteli sähkö-lämpöintegraatiota rakennuksissa mukaan lukien hukkalämpöjen hyödyntäminen rakennetussa ympäristössä. Ryhmän tuli huomioida jo tehty työ ns. älyverkkotyöryhmässä ja eri alojen vähähiilitiekartoissa.

13 Taustaa sektori-integraatiosta kaupungeissa ja alueilla

Kaupunkien ja alueiden kokonaistarkastelu sektori-integraation kannalta edistää parhaimmillaan hiilineutraaliustavoitetta nopeammin kuin yksittäisten kiinteistöjen optimointi erikseen, mikä toisaalta sekin on tärkeää, sillä kaikkia keinoja tarvitaan tavoitteiden saavuttamiseksi. Muutosnopeutta kuitenkin hidastaa joukko esteitä. Kaupungit ja alueet -asiantuntijaryhmä on kartoittanut haasteita, ja ne esitetään alla sektori-integraation tarjoamien mahdollisuuksien lisäksi. Haasteet voidaan karkeasti jakaa teknis-taloudellisiin (käytännössä taloudellinen kannattavuus, verotuksen ja tukien taso jne.) sekä sääntelyyn liittyviin (lupaprosessit, lainsäädäntö ja muu sääntely, verotuksen kohdistaminen jne.) haasteisiin. Näiden lisäksi haasteita liittyy energian käyttäjien ja muiden toimijoiden valmiuteen ottaa käyttöön uusia toimintatapoja ja teknologioita. Sektori-integraatio vaatinee yhä enemmän systeemisen ymmärryksen lisäämistä koko yhteiskunnassa. Myös uusia osaamistarpeita nousee esiin kuten myös joidenkin nykyisten osaamisten ja kyvykkyyksien syventämistä. Näitä sektori-integraation vaatimia osaamistarpeita tulisikin kartoittaa kokonaisvaltaisesti.

Asiantuntijaryhmä haluaa myös nostaa esiin tavoitteisiin ja toimiin liittyvät ajalliset haasteet. Uusia toimia mietittäessä (esim. politiikkatoimet) tulisi muiden vaikuttavuusarviointien ohessa keskittyä myös ajallisen vaikuttavuuden arviointiin ja tehdä se realistisesti. Ajalliset haasteet liittyvät vahvasti alueellisiin eroihin. Aluekenttä on hyvin heterogeeninen. Osa kunnista ja kaupungeista on asettanut kunnianhimoiset vähähiilisyystavoitteet, kun taas toiset kunnat, erityisesti taantuvilla alueilla, ovat taloudellisesti vaikeassa tilanteessa. Tällaisilla kunnilla on haasteita tehdä investointeja, sillä suurimmalla osalla kuntia tilinpäätöksen vuosikate ei riitä poistoihin. Riittämättömien tulojen takia moni kunta joutuu jo pelkästään korvausinvestoinneissa turvautumaan lainaan tai omaisuuden realisointiin. Samaa muutosvauhtia ei voida olettaa suurilta kaupungeilta ja haja-asutusalueilta, erityisesti taantuvilla alueilla.

Alueellinen erilaisuus tuottaa haasteita erityisesti ylemmän tason strategioiden tekemisessä ja niiden jalkauttamisessa. Tällä hetkellä on arvioita esimerkiksi kaukolämmön ja erillislämmityksen keskimääräisten päästöjen kehittymisestä valtakunnallisesti, mutta yhtä selvää kuvaa ei ole olemassa alueittain. Tällä voi olla merkittäväkin vaikutus paikallisten toimijoiden sektori-integraatioon liittyviin mahdollisuuksiin tehdä päätöksiä. Kappale 14 (sektori-integraatio osana kaupunkien lämmitysratkaisuja) käsittelee sektori-integraatiota lähinnä kaukolämmön näkökulmassa, kun taas muissa kappaleissa keskitytään enemmän kiinteistötasoon, joka pätee myös haja-asutusalueille ja kaukolämmön ulottumattomiin.

14 Sektori-integraatio alueilla ja aluekehityksessä

14.1 Mahdollisuudet

Sektorin-integraation mahdollisuudet kaupungeissa ja alueilla ovat laajat, sillä energiaverkkojen integraation lisäksi energiaa voidaan varastoida mm. rakennuksiin. Kaupunkien ja alueiden tarkasteleminen kokonaisuutena mahdollistaa kokonaisvaltaisemman sektorin-integraation kautta tapahtuvan ilmastotavoitteiden edistämisen kuin yksittäisten kiinteistöjen tasolla. Vielä parempiin tuloksiin päästään, mikäli johdonmukaista energiasuunnittelua päästään toteuttamaan jo aluekehitysvaiheessa. Alueet mahdollistavat myös uusien toimijoiden yhteistyön sekä uusien liiketoimintamallien syntyminen (esimerkiksi uusi alueellinen energiajärjestelmä). Tällainen ajattelu on myös linjassa lokakuussa 2020 julkaistun EU:n Renovation Wave -tiedonannon kanssa, joka on osa EU:n vihreän kehityksen ohjelmaa (Green Deal).

14.2 Haasteet

Haasteita aluekehityksen kannalta ovat kansallisten tavoitteiden jalkauttaminen kuntiin, suunnitteluvaiheessa erilaisten vaihtoehtojen suuri määrä ja alueellisesti mahdollisesti yhtenäisten energiastrategioiden ja linjausten puuttuminen. Energiastrategiat osaltaan edistävät ylemmän tason tavoitteiden (esim. alueen hiilineutraalius) käytäntöön vientiä (miten tietyn alueen energiasuunnittelu tulee käytännössä toteuttaa) niin uudis- kuin täydennysrakentamisessa. Ne saattaisivat toimia myös jonkinnäköisenä ensiaskeleena siirtymisessä aluekeskeiseen johtamistapaan, jonka puuttumisen voidaan niin ikään katsoa olevan yksi selkeä este sektorin-integraation nykyistä laajamittaisemmalle toteutumiselle. Toisaalta haasteena on myös se, että kaikilla kunnilla ei ole yhtä hyviä rahoitusmahdollisuuksia ja resursseja käytössä.

Uudentyyppisten ilmiöiden, kuten sektorin-integraation yhteydessä, aihepiirin hahmottaminen, tarvittavien osaamisten ja kyvykkyyksien kehittäminen on olennaista. Sekä eri ammattikuntien että kuluttajien osaamisen kehittäminen oikeassa järjestyksessä sekä oikea-aikaisesti muodostavat erittäin tärkeän ja merkittävän haasteen. Uusia alueita tai pelkästään yksittäisiä useaan sidosryhmään kytköksissä olevia hankkeita suunniteltaessa on usein vaikeaa saada riittävän laaja-alainen ryhmä saman suunnittelupöydän ääreen. Sen lisäksi eri toimijoilla on erilaisia päätöksentekomenettelyjä ja investointimahdollisuuksia. Lisäksi tulisi panostaa kaikkien päätöksentekijöiden osaamisen kehittämiseen – myös niiden, jotka eivät ole alan varsinaisia ammattilaisia (kuten taloyhtiöt ja tavalliset kuluttajat) – sekä miettiä, mistä saadaan resursseja uusien vasta kaupallistumassa olevien hankkeiden toteuttamiseen.

Kuntatason yhtenäisen energiastrategian avulla saatettaisiin myös pystyä vaikuttamaan julkisten hankintojen perusteisiin (kuten sähkönhankintaan ja rakennusten energiaratkaisuihin). Hajautuneen päätösvallan takia kuitenkin laajoja alueita koskevien kokonaisvaltaisten tavoitteiden osalta tulisi varmistaa, että strategiat keskittyvät vain tavoitteiden yhtenäistämiseen eivätkä suosi tiettyjä teknologioita tai jopa rajaa joitain teknologioita ulos.

Sektori-integraation kannalta tärkeiden lämpöpumppujen ja aurinkoenergian osalta haasteena on myös nykyisin toisinaan melko hajanaiset ja kunnasta riippuvat kaavoitus- ja luvituskäytännöt. Maankäytön ja rakennuslain uudistus on käynnissä. Tavoitteena on, että hallituksen esitys uudeksi maankäyttö- ja rakennuslaiksi valmistuu vuoden 2021 loppuun mennessä.

Haasteena voidaan nähdä myös nykyisen energiainfran pysyvyys. Jos kaukolämpöverkko tai kaasun jakeluverkko rapistuu, se menetetään ja samalla menetetään mahdollisuus monipuolisten lämpölähteiden hyödyntämiseen ja mm. biokaasun käyttöön. Nyt ehkä samalla kun energiaverkkojen tärkeys osana sektori-integraatiota tiedostetaan erinomaisesti, ne samalla otetaan vähän itsestään selvyyksinä.

15 Sektori-integraatio osana kaupunkien keskitettyjä lämmitysratkaisuja

Rakennusten lämmitykseen kuluu noin neljäsosa energian loppukäytöstä Suomessa. Yleisin lämmitystapa on kaukolämpö. Noin puolet suomalaisista asuu kaukolämmitetyissä taloissa ja uudisrakennuksissa kaukolämpö kasvattaa suosiotaan. Suoran sähkölämmityksen osuus uudisrakennuksissa on laskemassa, mutta sähköön perustuvan lämmityksen osuus on edelleen suuri ja kasvaa tulevaisuudessa merkittävästi lämpöpumppujen yleistymisen myötä.

Sähköntuotanto on Suomessa jo suurimmaksi osaksi päästötöntä, kun taas kaukolämmön osalta vastaava osuus on vasta karkeasti noin puolet. Kaukolämmön vähähiilistymisen edistämiseksi niin kutsuttu polttoon perustumaton lämmöntuotanto ml. hukkalämpöjen hyödyntäminen tarjoaa hyviä mahdollisuuksia uusiksi lämmönlähteiksi sekä edistämään energiatehokkuutta, ja sen osuuden arvioidaan kasvavan jo seuraavan kymmenen vuoden kuluessa merkittävästi.

15.1 Mahdollisuudet

Toistaiseksi kaupallisin suuren mittakaavan polttoon perustumaton teknologia lämmityksen päästöjen vähentämiseksi on lämmön tuottaminen erilaisilla lämpöpumpuilla. Lämmönlähteitä on lukuisia erilaisten toimintojen (jäteveden ja teollisuusprosessien, datakeskusten, liike- ja toimistorakennusten, julkisten rakennusten) lauhteen hyödyntämisestä ympäristön lämmön (maa- ja geoterminen lämpö, ympäröivä ilma, merivesi, aurinko jne.) hyödyntämiseen. Lämmönlähteet eroavat paitsi lähteen myös laadun suhteen huomattavasti toisistaan. Tämä vaikuttaa voimakkaasti tuotetun lämmön kustannukseen ja siten investoinnin kannattavuuteen. Monissa paikoissa hyvää lämmönlähdettä (vakaa ja suhteellisen korkealämpötilainen) ei ole saatavilla. Kuitenkin geoterminen lämpö tarjoaa Suomessakin runsaasti lämmityspotentiaalia. Lämmön tuottaminen lämpöpumpun avulla keskisyvästä (noin 2 km syvyydestä) porareistä on toimivaksi osoitettua ja kaupallistumassa olevaa, vaikkakin vielä verrattain kallista, teknologiaa. Muita vaihtoehtoja ovat ympäröivän ilman sekä meriveden käyttäminen lämmönlähteinä.

Lämpöpumput tarjoavat suureen mittakaavaan skaalattavan mahdollisuuden lämmön tuottamiseksi sekä mahdollistavat sektori-integraatioon liittyviä synergiaetuja, kuten lämmitysjärjestelmän joustomahdollisuudet ja varastointimahdollisuudet. Energian varastointi lämpönä (mm. kiinteistöihin, käyttöveteen, kaukolämpöjärjestelmään, vesivarastoihin) tulee erityisesti kysymykseen silloin, jos kotimaisen vaihtelevan uusiutuvan sähköntuotannon lisääntyessä tulevaisuudessa alkaa esiintyä lämmön tuotantoon hinnaltaan kilpailukykyisen sähkön (sähkön hintavaihtelusta johtuvia) ajanjaksoja säännöllisesti. Varastointi – etenkin yleistymässä olevat suuremman kokoluokan maanalaiset lämpövarastot – tuovat uusia mahdollisuuksia lämmönsaataavuuden varmistamiseen kovimmillakin pakkasilla. Muutenkin huoltovarmuuden näkökulmasta sektori-integraatio tuo etuja varastoinnin lisäksi. Monenlaisiin eri ratkaisuihin tukeutumalla voidaan vähentää johonkin tiettyyn teknologiaan liittyvää riskiä. Toisin sanoen tiukassa paikassa kuntien ja alueiden ei tarvitsi tukeutua lämmöntuotannossa vain polttoöljyyn.

Myös investoinniltaan edullisemmat sähkökattilat tulevat kysymykseen ajanjaksoina, kun edullista sähköä on saatavilla. Edullisemman sähkön hyödyntäminen lämmityksessä ja siten sähköjärjestelmän vakauttaminen/tasapainottaminen suuren tuotannon aikana tuo omalta osaltaan

joustoa myös sähköjärjestelmään. Lisäksi kaukolämpöverkkojen menolämpötilojen alentaminen parantaisi lämpöpumppujen hyötysuhdetta. Mahdollisuudet kaukolämpöverkon menolämpötilan alentamiselle riippuvat paikallisista olosuhteista. Syntyvä säästö usein riittäisi kattamaan verkoston lisääntyvät pumppauskustannukset, ellei verkko ole todella ahdas. Pumppauksen lisääminen ei kuitenkaan välttämättä takaa, että asiakkaat saavat tarvitsemansa lämmön. Vanhimmissa rakennuksissa voidaan myös joutua lämmitysverkon saneerauksiin, kun patterit on mitoitettu jopa 90/70 celsiusasteeseen. Kyse ei siis ole vain kustannuksista, vaan siitä, että asiakkaille voidaan toimittaa tarvittava lämpö myös kovimmilla pakkasilla. Energiaverkot mahdollistavat eri energiamuotojen hyödyntämisen ja mahdollistavat monipuolisen valikoiman lämpölähteitä, vakaata lämmönsaataavuutta sekä rakennusten/käyttäjien integroitumista energijärjestelmään.

Yksi pitemmän aikavälin vaihtoehto kaukolämmöntuotannossa on kaukolämpöä tai kaukolämpöä ja sähköä tuottavat pienydinreaktorit (Small Modular Reactors, SMR), jotka olisivat teknisesti toimiva ja vakaan tuotannon mahdollistava ratkaisu polttoon perustuvien vaihtoehtojen korvaamiseksi. SMR-ratkaisujen osalta ei kuitenkaan voida vielä puhua kaupallisesta teknologiasta. VTT on kehittämässä omaa pelkkää kuumaa vettä tuottavaa pienreaktoriaan, mikä loisi päästöjen vähentämisen lisäksi myös mahdollisuuden kotimaisen valmistamisen lisäämiseen. Alustavissa selvityksissä SMR-kaukolämmön tuotantokustannuksiksi on esitetty 15–30 EUR/MWh². Vaihteluväli on melko suuri, sillä lopullinen kustannus riippuu voimakkaasti projektien koosta ja reaktorityypistä. Rakennuskustannukset laskevat, mikäli reaktoreita alettaisiin valmistaa ja toimittaa suuremmassa mittakaavassa eli sarjatuotantona. Käyttökustannuksiin vaikuttaa merkittävästi myös reaktorin vaatima käyttöhenkilökunta. Lisäksi on väläytetty mahdollisuutta kelluvista ja vetyä valmistavista pienreaktoreista, joiden valmistamisessa suomalainen telakkateollisuus voisi olla merkittävässä roolissa.

Myös suuren mittakaavan (esim. kymmeniä tuhansia neliöitä) aurinkokaukolämmön tuotanto yhdessä ison kokoluokan lämpövaraston kanssa keskitettyinä ratkaisuinä kaukolämpöverkoissa loisi mahdollisuuksia polttoon perustumattomien teknologioiden lisäämiseksi sekä edistäisi aurinkolämmön hyödyntämistä, mikä koetaan kiinteistöpuolella usein huomattavasti aurinkosähköä vaivalloisemmaksi.

15.2 Haasteet

Teknis-taloudelliset haasteet

Lämpöpumput ja lämpövarastot on todettu teknisesti toimiviksi ratkaisuiksi. Suurin haaste niiden yleistymiselle onkin taloudellinen kannattavuus (keskitetyssä tuotannossa) joka on yleensä hyvä, mikäli tarjolla on riittävän laadukas lämmönlähde ja samalla tuotetaan myös kylmää. Näin ei kuitenkaan aina ole. Polttoon perustumattomien ratkaisujen osuuden merkittävä nostaminen vaatisi myös kalliimpien lämmönlähteiden hyödyntämistä. Ympäristön lämmön (maa- ja geoterminen lämpö, ympäröivän ilman sekä merivesien lämpö) hyödyntämisen potentiaali on suuri mutta hyödyntäminen tällä hetkellä kallista energiatuesta huolimatta. Haasteena on myös vähäinen käyttökokemus ja markkinoihin liittyvä epävarmuus. Epävarmuus johtuu pitkälti siitä, että markkinoiden kehitys on vasta alkuvaiheessa ja investointien takaisin maksu epävarmaa. Markkinoille tarvitaan lisää erityyppisiä palveluita, mikä onnistuu taloudellisten hyötyjen kautta. Tämä näkyy hyvin siinä, että näitä hankkeita ovat toteuttaneet toistaiseksi vain isoimmat

² Think Atom 2019 Nuclear District Heating in Finland

energiayhtiöt ja niitä on määrällisesti vielä vähän. Onkin tarpeen miettiä, riittääkö kaavailtu sähköveron alennus kaukolämpöä tuottaville lämpöpumpuille (mahdollisesti myös sähkökattiloille ja mm. pumppauksessa käytetylle sähkölle?) yksistään, vai tulisiko myös esimerkiksi tariffipohjaisen tai edulliseen rahoitukseen perustuvan tukijärjestelmän kustannukset arvioida suhteessa hyötyihin.

Asiantuntijaryhmässä tuotiin esiin näkemyksiä, ettei nykyinen energiatukeen kuuluva investointituki välttämättä riitä vauhdittamaan polttoon perustumattomien lämmöntuotantovaihtoehtojen yleistymistä tarpeeksi nopeasti, kun otetaan huomioon vuoden 2035 hiilineutraaliustavoite sekä metsäteollisuuden raaka-aineen saatavuuden varmistaminen (kuitupuun polttoon päätyminen estäminen). Erityisesti pienemmillä lämmöntuottajilla on merkittäviä vaikeuksia tehdä investointeja, joiden takaisinmaksuajat ovat pitkiä. Hidasteena on myös mahdollinen riski uuden teknologian toimivuudessa. Toisaalta hiilineutraalisuuden näkökulmasta tällä ei ole suurta merkitystä, koska pääosa pienistä kaukolämpöyhtiöistä tuottaa jo nyt pääosan lämmöstä biomassalla. Jos suuremmat kaukolämpöyhtiöt korvaavat fossiiliset polttoaineet pääsääntöisesti ei-polttavalla lämmöntuotannolla, biomassan tarve ei kasva.

Pienreaktoreiden kohdalla taloudellinen kannattavuus riippuu enemmänkin projektin toteuttamiskustannuksista, jotka laskevat alhaiselle tasolle vasta, kun niitä päästään toteuttamaan enemmän kuin vain yksittäistapauksina.

Teknologioiden sääntelyyn liittyvät haasteet

Asiantuntijaryhmä katsoo lämpöpumppuihin ja -varastoihin liittyvien haasteiden olevan lähinnä teknis-taloudellisia. Toisaalta haasteeksi voidaan myös nähdä kannattavuutta parantavien poliittisten linjausten toteuttamisen hitaus – valmisteilla oleva sähköveron alennus tulisikin toteuttaa niin pian kuin mahdollista. Lisäksi energian muuntamisen, siirtämisen ja varastoinnin osalta on huolehdittava, ettei moninkertaista verotusta synny, vaan verotus kohdistuisi veroperiaatteiden mukaisesti energian loppukäyttöön. Tilannetta ollaan korjaamassa sähköakkujen osalta, mutta tarkastelu tulee laajentaa kaikkeen, esimerkiksi myös vetypohjaiseen, varastointiin.

Pienreaktoreiden tapauksessa lainsäädäntöön liittyvät haasteet ovat ilmeiset. Lainsäädäntöä ollaan muuttamassa huomioimaan myös pienreaktorit, mutta haasteena on sen kesto ilmastotavoitteiden saavuttamisen kannalta. Nykyinen lupaprosessi koetaan niin jäykäksi, että useiden reaktorilupien hakemista kerralla ei pidetä realistisena, sillä pieniäkään muutoksia kokonaisuuteen ei jälkikäteen sallita. Tämä ei kuitenkaan mahdollista oppimiskäyrän maksimointia ja reaktoreiden sarjatuotantoa.

16 Lämmön talteenoton ja aurinkoenergian hyödyntäminen kiinteistöissä

16.1 Mahdollisuudet

Viime vuosina tapahtuneen lämpöpumppujen voimakkaan kehityksen myötä lämmön talteenotto myös esimerkiksi teollisuutta pienemmässä mittakaavassa (yksittäisen kohteen kannalta) sekä haastavimmista lämpövirroista asuin-, kauppa- ja palvelukiinteistöissä on muuttunut aiempaa kannattavammaksi. Esimerkiksi poistoilmalämpöpumppujen takaisinmaksu aika on nykyään alle kymmenen vuotta, mikäli huippumurin tilavuusvirta on riittävän suuri, vaikkei lämpöä myytäisikään kesäaikaan. Se on usein myös kaukolämmön rinnalla kannattavampi ratkaisu verrattuna siirtymiseen kokonaan pois kaukolämmöstä. Rakennusten poistoilman lisäksi etenkin kaupan ja palveluiden aloilla syntyy runsaasti vielä hyödyntämätöntä ja talteen otettavaksi kelpaavaa lämpöä esimerkiksi jäähdytyksen yhteydessä (kuten elintarvikkeiden jäähdytys). Ala arvioikin, että tällaisen talteenoton avulla voitaisiin tuottaa jopa kauppojen lämmöntarvetta vastaava määrä lämpöä. Tapauskohtaisesti tulee kuitenkin tarkastella, onko lämpö järkevämpää johtaa kaukolämpöverkkoon.

Myös aurinkosähkö ja -lämpö tarjoavat mahdollisuuksia hajautetussa tuotannossa. Aurinkosähkön suosio todennäköisesti kasvaa taloyhtiöissä energiayhteisöt mahdollistavan hyvityslaskentaa koskevan lainsäädännön tullessa voimaan. Älyverkkotyöryhmän työn tuloksena syntyneitä lainsäädäntöä voidaankin pitää hyvänä esimerkkinä mahdollisuuksia luovasta ennakoivasta sääntelystä. Aurinkolämpö ei ole nykyisellään vielä läheskään niin suosittua kuin aurinkosähkö. Aurinkokeräimet voisivat esimerkiksi mahdollistaa lämpimän käyttöveden lämmitykseen tarvittavan lämmön korvaamista kesäisin. Myös osa yöajan lämmityksestä voitaisiin korvata varaamalla lämpöä talon rakenteisiin silloin, kun päivän ja yön lämpötilaerot alkavat kasvaa huomattavasti mutta aurinkolämpöä vielä riittää. Lisäksi rakennusintegraation (aurinkotiili, -lasi jne.) odotetaan yleistyvän tulevaisuudessa, mikä luo mahdollisuuksia aurinkoenergian keräämiseen hyödynnettävän pinta-alan lisäämiseen kiinteistöissä.

16.2 Haasteet

Kiinteistökohtaisen lämmön talteenoton yleistymistä rajoittaa eniten projektien kannattavuus, sillä lämpöpumput ovat jo vakiintunutta tekniikkaa ja asennuksia on tehty merkittäviä määriä. Asiantuntijaryhmän mielestä olisikin syytä selvittää, minkälaisia hyötyjä (hiilineutraaliustavoitteen näkökulmasta) esimerkiksi kauppojen kylmälaitteiden lämmön talteenottoon käytettyjen lämpöpumppujen sisällyttäminen alempaan sähköveroluokkaan toisi suhteessa valtiolle syntyvään lisäkustannukseen.

Aurinkopaneelitkin ovat vakiintunutta tekniikkaa, ja niiden yleistymistä rajoittaa niin ikään pitkäikäisy takaisinmaksuaika. Lisäksi kerrostalopaneelien yleistymisen yksi hidaste on se, että niiden investointi jää sekä energiatuen että kotitalousvähennyksen ulkopuolelle. Rakennusintegroidut ratkaisut vaativat puolestaan lisäselvityksiä ja selkeää viestintää esimerkiksi paloturvallisuuden kannalta, mitä varten onkin käynnissä jo projekti. Toisaalta aurinkopaneeliin liittyvän sääntelyn koetaan vaihtelevan voimakkaastikin kunnittain, mikä vaikeuttaa asennuksia joissain kohteissa

riippuen kuntakohtaisesta sääntelystä. Aurinkolämmön yleistymistä puolestaan vaikeuttaa se, ettei sen tuotteistaminen ole vielä yhtä pitkällä kuin aurinkopaneelien, minkä vuoksi kuluttajat eivät koe aurinkolämpöjärjestelmää yhtä helppokäyttöiseksi.

17 Kysyntäjousto ja älykkäät ratkaisut

17.1 Mahdollisuudet

Kysyntäjoustopon mahdollisuudet ovat olleet esillä ja julkisessa keskustelussa pitkään, sekä sähkön että kaukolämmön osalta. Kysyntäjousto on tässä keskustelussa kuitenkin usein nähty jo tehtyjen energiaratkaisujen päälle saatavana lisähyötynä, jossa esimerkiksi rakennusten massaa käytetään energian varastona. Esimerkiksi kaukolämmön puolella tällaista vertailua tehtäessä kysyntäjousto häviää taloudellisessa kannattavuudessa yksinkertaiselle lämpökäytölle.

Kun kysyntäjoustopon katsotaan koko järjestelmän näkökulmasta, yhdenvertaisena investointivaihtoehtona muille energian tuotannon ja jakelun investoinneille, ovat mahdollisuudet merkittäviä. Energian tuotannossa kysyntäjoustopon voidaan nähdä vaihtoehtona huipputehokapasiteetin rakentamiselle, johon liittyy suuria kustannuksia. Tuotannon vieressä olevaan akkuun verrattuna kysyntäjoustopon mahdollisuus on sen laaja maantieteellinen hajautuminen, mikä mahdollistaa alueellisten pullonkaulojen ratkaisemisen. Tähän liittyvät mahdollisuudet korostuvat tulevaisuudessa erityisesti energian jakelussa – kuinka saadaan oikea määrä energiaa oikeaan paikkaan oikeaan aikaan.

Kysyntäjoustopon suurin mahdollisuus voi kuitenkin olla sen tuoma näkyvyys kiinteistö-massoihin ja niiden tapoihin kuluttaa energiaa. Kun kiinteistöön rakennetaan mahdollisuus tehdä kysyntäjoustopon, ei sen käyttäytymistä tarvitse enää samalla tavalla ennustaa, vaan kulutus tunnetaan paremmin. Laajassa mittakaavassa tämä edesauttaa koko energiajärjestelmän optimointia. Lisäksi kysyntäjoustopon tehtäessä ymmärretään kiinteistöjen energiankäyttöön liittyvät mahdolliset ongelmat. On hyvinkin mahdollista, että esimerkiksi Helsingin kokoisessa kaukolämpöverkossa vain hyvin rajallinen määrä kiinteistöistä aiheuttaa merkittäviä vaatimuksia energian tuotannolle ja jakelulle. Kun tällaiset kysynnän pisteet verkosta tunnetaan ja tiedetään, voidaan energiajärjestelmän investointeja tehtäessä punnita, kumpi on järkevämpää – investoida lisäkapasiteettiin vai investoida itse kiinteistöihin kapasiteettivaatimusten vähentämiseksi. Kysyntäjoustopon ja vastaavien digitaalisten palvelujen myötä lisääntyvä kiinteistön olosuhdetietoisuus mahdollistaa aiempaa paremmin myös suoraan asukkaille tai rakennusten käyttäjille tarjottavat palvelut. Näitä on esimerkiksi tarkempi näkyvyys ja vaikutusmahdollisuus tilojen lämpötilaan tai sisäilmaolosuhteisiin.

Niin sanotut älykkäät kodit mahdollistavat monenlaisen energiansäästöön kiinteistötasolla, kunhan ohjausjärjestelmä on helppokäyttöinen. Älykkäällä lämmityksen ohjauksella voidaan säästää lämmitysenergian kulutuksessa järjestelmän pitäessä rakennuksen sisälämpötilan automaattisesti halutulla tasolla. Ilmanvaihtojärjestelmän automaattisella säädöllä voidaan sisäilman epäpuhtaudet poistaa tehokkaasti ja tarpeen mukaan. Tällä hetkellä tuetaan voimakkaasti aurinkopaneeleita ja sähköautojen latausta kiinteistötasolla, mutta monessa tapauksessa älykkään taloautomaatiojärjestelmän takaisinmaksu-aika on näitä lyhyempi syntyvän energiansäästöön kautta.

17.2 Haasteet

Yksi kysyntäjoustopon toteutumisen haasteista on hyödynjako ja sen taustalla erityisesti hyödyn määrän mittaaminen. Toinen nykyisiin lähestymistapoihin liittyvä haaste on se, että niissä käsitellään ainoana energiamuotona sähköä. Kolmas haaste on löytää ratkaisut, joista kaikille osapuolille - energian tuottaja, energian välittäjä, energiankuluttaja- ja palveluiden tuottaja - löytyy

kannattava rooli. Yhteiskunnan kannalta optimaalinen ratkaisu vaatii sektori-integraatiota – kiinteistöihin, energian tuotantoon ja käyttöön liittyvien lakien ja säännösten tarkempaa tarkastelua. Jos näin ei tehdä, on riskinä että osapuolet jatkavat oman osaoptiminsa hakemista ja järjestelmätasolla joudutaan tekemään merkittävästi vaadittua suurempia investointeja asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi.

Näin ollen on selvää, että yksikään toimija ei lähde mukaan, ellei koe saavansa hyötyä. Kuluttajille arjen sujuvuus on kaikista tärkein tekijä, jolloin suurta kiinnostusta kysyntäjouksoon ei useinkaan ole (pl. kuluttajat, jotka haluavat aidosti osallistua ilmastohaasteen ratkaisuun), mikäli sen saavuttaminen koetaan arkea hankaloittavaksi ja säästö ei ole merkittävä

Palvelujen tuottajien näkökulmasta kysyntäjouksoon keskittyvän ekosysteemin perustaminen on keino, jossa valtiolla voisi olla rooli sen perustajana - esim. TEM:n vetämä työryhmä, joka jatkaisi sektori-integraatiotyöryhmän työtä tarkemmalle tasolle.

Haasteena onkin löytää toimijoita, jotka pystyisivät yhdistämään eri osapuolet siten, että kaikille syntyy hyötyjä, riskien jako on läpinäkyvästi sovittu osapuolten välillä eikä loppukuluttajille aiheudu merkittävää vaivaa. Valmistelussa olevat lakiesitykset mm. joustopalveluiden tarjoajien (aggregaattorien³) markkina-aseman selkeyttämiseksi sekä energiayhteisöjen toiminnan mahdollistamiseksi vastannevat tähän haasteeseen ainakin jossain määrin.

Tällä hetkellä sähkön kysyntäjouksoon liittyvien palvelujen tarjonta kotitalouskuluttajille ja taloyhtiöille on vasta kasvamassa ja kehittymässä, ja osa palveluista on maksullisia tai hyödyt niistä jäävät pieniksi.

Osin tämä johtuu siitä, että loppukäyttäjän sähkön hinnasta suurin osa on sähkönsiirtoa ja veroja, jolloin kulutusajankohdan siirtäminen ei merkittävästi vaikuta kuluttajan maksamaan kokonaishintaan. Tällä hetkellä siirtohintaan pystyy vaikuttamaan ainoastaan kokonaiskulutuksen kautta (eikä silläkään sähkönsiirron perusmaksuun) toisin kuin kaukolämpöpuolella, jossa perusmaksu yhä useammin määräytyy todellisten teho- tai vesivirtamittausten perusteella. Ratkaisuksi älyverkkotyöryhmä on jo esittänyt teho- ja vesivirtamittausten hinnoittelua sähköpuolelle. Energiahinnan osalta päivää edeltävän markkinan hinta on yleisin kysyntäjouksoon kannustava viitehinta, joka ohjaa kuluttajia ajoittamaan sähkönkäyttöään markkinoiden kannalta järkevällä tavalla. Jatkossa hintaohjaus voi tulla myös reaaliaikaisemmilta markkinoilta, vaikkapa asiakkaan palvelutarjoajan kautta ja avulla. Toisaalta mikäli asiakas valitsee kiinteähintaisen sähkösopimuksen, ohjausvaikutusta ei synny. Tällä hetkellä ei ole olemassa lisäkannustimia, jotka ohjaisivat asiakkaita vaihtamaan kiinteähintaiset sopimukset aikaperusteiseen hinnoitteluun. Informaatio-ohjausta tarvitaan, jotta tuotteet saadaan tutuiksi kuluttajille ja sitä kautta poistettua niihin liittyviä huolia.

Myös kuluttajien ja taloyhtiöiden tietämyksen parantamiselle nähdään selkeä tarve. Esimerkiksi EU:n GDPR-lainsäädäntö voi aiheuttaa ongelmia liittyen olosuhdepalveluiden tuottamiseen. Lämmön kysyntäjouksoon toteuttaminen edellyttää asiakkaan näkökulmasta, että sisäilmaolosuhteet säilyvät hyvinä. Tämän varmistamiseksi tarvitaan huoneistoista sisäilman lämpötilamittauksia. Kysyntäjouksoa tarjoava palveluntuottaja tarvitsee laillisen käsittelyperusteen lämpötilojen käsittelyyn. Vakiintunutta, varmaa tulkintaa GDPR:stä ei vielä tämän osalta ole. Aihe nousi esille

³ Aggregaattori tarkoittaa markkinaosapuolta, joka yhdistää useiden eri asiakkaiden kulutusta, tuotantoa tai varastoja suuremmaksi kokonaisuudeksi ja huolehtii teknisestä toteutuksesta käydäkseen kauppaa näillä resursseilla sähkön eri markkinapaikoilla. Tällä tavoin myös pienen asiakkaan osallistuminen sähkömarkkinoille mahdollistuu.

esimerkiksi ilmastoviisaat taloyhtiöt -projektissa. Projektissa tuotettiin taloyhtiöille GDPR-ohjeistus, joka perustuu vahvaan yksityisyyden suojaan MyData-periaatteiden mukaisesti. Valittu menettely voi kuitenkin olla hidasteena tai esteenä kysyntäjoustopalvelun laajalle hyödyntämiselle ja asettaa esteitä tasapuoliselle kilpailulle palvelun tarjonnassa. Ylipäättään haasteena on luvan saaminen ja yhtenäisten raamien luominen mittausdatalle, joka on asiakkaan omistamaa mutta myös keskeinen edellytys digitalisaation ja älykkään ohjaamisen edistämiseksi.

Mahdollisesti merkittävin haaste kotien älykkäälle ohjaukselle on kuitenkin yhtenäisten taloautomaatioon ja älykkääseen ohjaukseen liittyvien suunnittelutapojen puuttuminen, mikä näkyy esimerkiksi siinä, että mittaus- ja ohjausrajapinnat eivät ole yhtenäisiä eivätkä avoimia. Haasteena on myös se, että aina ei ole selvää, kenen tulisi vastata projektin kokonaisuudesta tai että kokonaisuudesta vastaavan talotekniikan tuntemus on heikkoa. Näiden ratkaiseminen saattaisi auttaa myös muihin haasteisiin, kuten siihen, että nykyään mm. aurinkopaneelien asennusten yhteydessä ei juurikaan asenneta älyohjausjärjestelmiä esim. taseoptimointiin sekä siihen, että taloautomaatioprojekteissa työn kustannusosuus on suuri verrattuna laitteisiin. Toisaalta asiantuntijaryhmä ei myöskään katso, että kaikki suunnitteluperiaatteet tulisi lukita tietyn standardin sisälle, vaan optimitilanteessa saataisiin aikaan yhtenäinen kehikko ohjausjärjestelmälle, jonka rajapinnat säilyisivät kuitenkin avoimina laajennuksia varten.

Sähkösuunnittelu koetaan tietyillä alueilla liikaa osaratkaisuihin keskittyväksi talotekniikan kokonaisnäkökulma unohtaen. Siinä ei useinkaan huomioida kokonaisuutta ja kohteen yksilöllisiä tarpeita tai sitä, miten rakennuksen energiakäyttö kehittyy tulevaisuudessa. Myöskään tehon hallintaa ei käsitellä missään tavoitteena, mikä johtaa helposti siihen, että suunnittelu ja mitoitus tehdään varman päälle. Hyvän suuntauksen katsotaan pysähtyneen melko lailla taannoisen sähkölämmityksen maineen kärsimisen myötä, minkä koetaan edelleen jarruttavan kiinteistöjen sähkönkäytön kokonaisoptimointia (siihen ei esimerkiksi kannusteta tukien muodossa). Lisäksi taloyhtiöiden päätösten hitaus on haaste liiketoiminnan kannalta verrattuna omakotitaloihin sekä etenkin isoihin liikekiinteistöihin, joiden toiminta on yleensä käyttökustannuslähtöistä.

18 Sähköautojen lataus ja liikenne

18.1 Mahdollisuudet

Vaikka sähköautojen akkuja ei voida (ainakaan vielä pitkään aikaan) pitää verkostotasolla kovinkaan merkittävänä kapasiteettina, ennustetaan niiden silti olevan vielä pitkään merkittävin sähkövarasto sähkön varastoinnin korkeiden kustannusten vuoksi. Tällä hetkellä sähköautoja käytetään lähes ainoastaan vehicle-to-home (akku puretaan ja ladataan yhteydessä ainoastaan kiinteistöön) eikä vehicle-to-grid (akku ladataan ja puretaan myös sähköverkkoon) -mielessä, jolloin ne tuovat enemmän lisäarvoa kiinteistölle etenkin yhdistettynä aikahinnoiteltuun sähkösopimukseen.

Sähköautojen latausjärjestelmien hankkiminen luo mahdollisuuksia myös koko kiinteistötason ohjausjärjestelmän suunnittelulle ja käyttöönotolle. Tällainen järjestelmä on suuremmissa kiinteistöissä välttämätön, mutta pienemmässäkin se voisi ohjata ja ajoittaa kiinteistön sähkönkulutusta kustannustehokkaasti (aikahinnoitelluissa tai spot-hintaan perustuvissa sähkösopimuksissa) mukaan lukien sähköauton lataamisen ajoitus.

18.2 Haasteet

Sähköautojen lataukseen liittyvä sääntely koetaan hajanaiseksi ja tarpeettoman raskaaksi esimerkiksi mittausvaatimusten suhteen. Yksittäisen latauspisteen mittausvaatimusten tulisi olla huomattavasti väljempiä kuin suurempien kokonaisuuksien tai energiantuotannon.

Asiantuntijaryhmä katsoo, että sähköautojen yleistymisen edistämiseksi kotilatausinfraan tulisi panostaa, sillä kotilatausmahdollisuus on usein ratkaiseva tekijä sähköauton hankinnassa. Toisaalta käytön helppouden kannalta myös julkiset ja työpaikkojen latauspisteet ovat tärkeässä asemassa. Usein latauksen mahdollistamisen pullonkaulana ovat tehorajoitukset liittyen olemassa oleviin sähköjärjestelmiin ja niissä olevien sähkökomponenttien mitoittamiseen. Suunnittelu muuttuisi selkeämmäksi, mikäli sähköyhtiöt tarjoaisivat erillisiä sähköliittymiä ainoastaan lataamista varten, kuten Energiategollisuus on jäseniä jo ohjeistanutkin.

19 Taloudelliset ohjaukeinit ja investointien rahoitus

19.1 Mahdollisuudet

Tulevaisuudessa on entistä tärkeämpää julkisen ja yksityisen rahoituksen yhdistäminen vaikuttavien investointien aikaansaamiseksi.

Uudet teknologiat ja hankkeet sisältävät usein ns. teknologiariskin, joka aiheuttaa merkittäviä haasteita rahoituksen saamiselle. On tyypillistä, että pankki tai muu rahoittaja ei hyväksy hanketta, jota se ei katso kaupalliseksi teknologiaksi. Lisäksi tämän hetken haasteena on se, että monet rahoittajat ovat tottuneet suuriin hankkeisiin, mutta uusiutuvien energialähteiden yleistymisen myötä hankkeiden koko pienenee ja lukumäärä kasvaa. Rahoituksen saamisessa on myös haasteita, jotka vaihtelevat alueellisesti. Viime aikoina on ollut nähtävissä, että muuttotappioalueilla rahoituksen saaminen kiinteistöjen parantamiseksi on mahdollisesti vaikeutumassa merkittävästikin. Usein saattaakin käydä niin, että sinänsä elinkaarikustannuksiltaan kannattava investointi jää toteutumatta esimerkiksi kunnallisessa energiayhtiössä, jolla ei ole rahoitusta toteuttaa vaadittavaa kenties merkittävää alkuinvestointia. Tämä on seurausta sellaisten rahoitusmallien puutteesta, jotka eivät vaatisi investointirahoitusta. Keinoja asian parantamiseksi voisivat olla esimerkiksi valtion suorat tai osittaiset takaukset, uudet rahoitusinstrumentit, kuten valtion myöntämä matalampikorkoinen laina tai vastaavaan pyrkivät rahastot.

Demo- ja pilotoitirahoitus tulisi pitää korkean luokan prioriteettina uusien ratkaisujen edistämiseksi. Tähän liittyen myös julkisen sektorin olisi sitouduttava hankkimaan uusia innovaatioita, jotta niille saataisiin referenssejä ja sitä kautta mahdollisuuksia vientiin. Tätä hankaloittaa kuitenkin esimerkiksi edellä mainittujen pienreaktoreiden osalta se, että EU:kaan ei ole täysin teknologianeutraali (esimerkkinä rahoitusasiat).

Asiantuntijaryhmässä tuotiin esiin näkemyksiä, että verotus ja päästökauppa ovat monesti selkeämpiä ja tietyissä tilanteissa myös tasapuolisempia ohjaukeinoja kuluttajien kannalta kuin erilaiset tuet, jotka koetaan usein monimutkaisiksi ja niiden muodostama kokonaisuus hankalasti ymmärrettäväksi kuluttajien näkökulmasta. Tällöin niiden hakeminen vaatii huomattavaa perehtyneisyyttä, mikä johtaa helposti tilanteeseen, jossa tuet eivät jakaudu tasaisesti tai tarkoituksenmukaisesti. Tuista päätettäessä olisi myös huolellisesti pohdittava mahdollista vaikutusta markkinoihin (vapaan kilpailun vääristyminen tai tietyn teknologian suosiminen).

Myös tukiin liittyvän neuvonnan saatavuutta pidetään hajanaisena ja käsittelyaikoja usein pitkinä. Lisäksi viestinnän merkitys koetaan tärkeäksi. Useamman julkisen tahon pitäisi toistaa samaa viestiä, mikä loisi mahdollisuuksia lisätä tavallistenkin kuluttajien tietoisuutta.

19.2 Haasteet

Toisaalta verotuksen kohdentaminen ei ole aina helppoa ja luo omat haasteensa. Yhtenä haasteena on varmistaa, ettei kaksin- tai jopa moninkertaista verotusta synny ja että vain loppukäyttöä verotetaan energian muuntoprosesseissa, jotka ovat oleellisia sektori-integraation toteutumiseksi. Päästöjen suoran ja nykyistä merkittävämmän verottamisen haasteena puolestaan ovat oikeudenmukaisuuskysymykset. Tällainen järjestely kohdistuisi suhteellisesti voimakkaammin

pienituloisiin. Asiantuntijaryhmä kuitenkin kokee, että tämänhetkisistä tietyissä tilanteissa fossiilisiin polttoaineisiin kohdistuvista laskennallisista verotuista pitäisi pyrkiä eroon.

Lisäksi verotuksen – kuten muunkin energiapolitiikan – tulisi olla pitkäjänteistä ja johdonmukaista. Asiantuntijaryhmä kokee, että energiaverotusta on viime aikoina uudistettu ainoastaan ”pala palalta”, eikä selkeää kokonaisuutta ja pitkälle ulottuvaa suunnitelmaa ole toistaiseksi nähtävissä, mikä aiheuttaa haasteita toiminnan ja etenkin investointien suunnittelussa. Isoa muutosta pidetään kuitenkin todennäköisenä, sillä fossiilisten polttoaineiden käytön vähentyminen vähentää myös verotuloja.

–

Liite: Työryhmän ja asiantuntijaryhmien jäsenet ja kuullut henkilöt

Sektori-integraatiotyöryhmä

Puheenjohtaja

Juho Korteniemi, työ- ja elinkeinoministeriö

Varapuheenjohtaja

Elina Hautakangas, työ- ja elinkeinoministeriö

Jäsenet

Tatu Pahkala, työ- ja elinkeinoministeriö

Petri Hirvonen, työ- ja elinkeinoministeriö

Jyrki Alkio, työ- ja elinkeinoministeriö

Riikka Siljander ympäristöministeriö, varajäsen Pekka Kalliomäki, ympäristöministeriö

Johanna von Knorring, valtionvarainministeriö

Maria Holmi, liikenne- ja viestintäministeriö

Heikki Granholm, maa- ja metsätalousministeriö, varajäsen Tatu Liimatainen, maa- ja metsätalousministeriö

Asiantuntijasihteeri

Kari Mäki, Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy

Lisäksi sektori-Integraatiotyöryhmä on kuullut Juhani Tirkkosta työ- ja elinkeinoministeriöstä.

Energiajärjestelmien integraatio -asiantuntijaryhmä

Puheenjohtaja Tatu Pahkala työ- ja elinkeinoministeriö

Sihteeri Timo Partanen Energiavirasto

Varsinaiset jäsenet:

Heini Tirri-Kokkonen Huoltovarmuuskeskus

Jussi Matilainen Fingrid Oyj

Sara Kärki Gasgrid Finland Oy

Petteri Haveri Energiateollisuus ry

Martti Kätkä Teknologiateollisuus ry

Sami Nikander Kemianteollisuus ry

Tuomas Tikka Metsäteollisuus ry,

Lauri Muranen SAK

Asiantuntijaryhmä kokoontui viisi kertaa kuuli ulkopuolisina asiantuntijoina seuraavat henkilöt:

Jari Ihonen/VTT

Tiina Koljonen/VTT

Jukka Räsänen/Neste

Nikita Semkin/Afry,

Janne Rauhamäki/Helen

Anne Larilahti, Pasi Keski-Karhu/Finnair,

Esa Kurkela/VTT,

Kalle Patomeri ja Matias Siponen/Vantaan energia

Gregor Pett/Uniper.

Sektorin-integraatio teollisuudessa-asiantuntijaryhmä

Puheenjohtaja Juho Korteniemi, työ- ja elinkeinoministeriö
 Asiantuntijasihteeri Kari Mäki, VTT
 Helena Saren, Business Finland
 Matti Kahra, EK
 Jukka Makkonen, Energiateollisuus ry
 Helena Soimakallio, Teknologiateollisuus ry
 Harri Leppänen, SSAB/Metallinjalostajat
 Rasmus Pinomaa, Kemianteollisuus ry
 Tuomas Tikka, Metsäteollisuus ry
 Pasi Kuokkanen, ELFI
 Anssi Kainulainen, MTK
 Timo Vihavainen, Energiavirasto
 Tomi Kiuru, Motiva
 Antti Malste, Teollisuusliitto
 Sara Kärki, Gas Grid Finland Oy
 Timo Ritonummi, työ- ja elinkeinoministeriö
 Tuula Savola, työ- ja elinkeinoministeriö
 Jyrki Alkio, työ- ja elinkeinoministeriö

Asiantuntijaryhmä kokoontui seitsemän kertaa ja kuuli seuraavat henkilöt:

Pia Salokoski, Clic Innovation
 Ilkka Hannula, VTT
 Jarmo Partanen, LUT
 Helena Saren, BF
 Jyrki Alkio, työ- ja elinkeinoministeriö
 Mika Aho, ST1
 Jukka Räsänen, Neste
 Staffan Sandblom, Fortum
 Sebastian Johansen, Fortum
 Saara Kujala, Wärtsilä
 Kalle Patomeri, Vantaan Energia
 Mikko Paloneva, työ- ja elinkeinoministeriö
 Tero Kuusi, ETLA
 Oliver Sartor, Agora Energiewende
 Kimmo Järvinen, Teknologiateollisuus ry/Suomen Metallinjalostajat
 Harri Leppänen, SSAB
 Mia Nores, Outokumpu
 Jouni Keronen, Climate Leadership Coalition
 Leo Parkkonen, valtionvarainministeriö
 Johanna von Knorring-Rosenlew, valtionvarainministeriö
 Sara Kärki, Gasgrid Finland Oy
 Jussi Matilainen, Fingrid Oyj
 Mikko Halonen, SOK
 Jenni Patronen, AFRY

Sektori-integraatio kaupungeissa ja alueilla -asiantuntijaryhmä

Puheenjohtaja Petri Hirvonen, työ- ja elinkeinoministeriö
 Asiantuntijasihteeri Anna Sahiluoma, Motiva
 Outi Vilen, työ- ja elinkeinoministeriö
 Pia Kotro, työ- ja elinkeinoministeriö
 Pekka Kalliomäki, ympäristöministeriö
 Tiina Sekki, Energiavirasto
 Päivi Laitila, Motiva
 Janne Tähtikunnas, Omakotiliitto
 Petri Pylsy, Suomen Kiinteistöliitto
 Vesa Peltola, Kuntaliitto
 Sirpa Leino, Energiateollisuus
 Jussi Hirvonen, Suomen Lämpöpumppuyhdistys
 Tapio Tuomi, Suomen Lähienergialiitto
 Pekka Vuorinen, Rakennusteollisuus
 Mikko Somersalmi, RAKLI
 Tiina Rytty, Ammattiliitto PRO

Asiantuntijaryhmä kokoontui seitsemän kertaa ja kuuli seuraavat henkilöt:

Robert Weiss, VTT
 Rauli Partanen, Think Atom;
 Armi Temmes, Smart Energy Transition –hanke
 Janne Kerttula, Energiateollisuus
 Timo Piispa, Fortum
 Eero Puurunen ja Nicholas Stewart, Sitowise
 Berndt Schalin, Flexens
 Marita Laukkanen, VATT
 Tuomo Niemelä, Granlund
 Markus Anderssen, Naps Solar
 Eva Heiskanen, Kuluttajatutkimuslaitos
 Jyrki Kauppinen, ympäristöministeriö
 Tatu Pahkala, työ- ja elinkeinoministeriö
 Aki Toivanen, Vanguard Consulting
 Jukka Aho, Leanheat
 Veikka Pirhonen, Vibeco
 Pirkko Harsia, TTY
 Marja Ola, Kaupan liitto
 Antti Kokkonen, Kesko
 Matti Loukkola, SOK
 Simo Siitonen, LIDL
 Ville Väre, Virta Ltd
 Atro Andersson, liikenne- ja viestintäministeriö