



# VEPE

**Vetytalous Etelä-Pohjanmaalla**  
**Hydrogen economy in South Ostrobothnia**

## Vetytalouden nykytila-analyysi

Visa Siekinen

28.11.2024  
Ryhmähanke R-01357

### VETYTALOUDEEN NYKYTILA-ANALYYSI TIIVISTELMÄ

Vetytalous nousee usein esiin, kun puhutaan vihreästä siirtymästä ja siihen liittyvistä investointisuunnitelmista. Suomalaisen mediakentän palstoilla alaa on arvioitu huomattavan optimistisin arvioin. Vetytuotantoa on pidetty ”öljyn kaltaisena rahasampona”, ”kymmenen kertaa isompana juttuna kuin Nokiaa”, ja on sanottu, että ”suomalaisten edessä on hieno mahdollisuus rikastua” (Enqvist, 2023; Karismo, 2024; Mattila, 2024). On korkea aika pohtia, että löytyykö näille väitteille katetta. Sen osalta aiheet lähestytään sekä haasteen, että mahdollisuuden yhtälöstä Vetytalous Etelä-Pohjanmaalla hankkeen ensimmäisessä selvityksessä, jossa perehdytään vetytalouden nykytilaan sekä maakunnan että laajemman viitekehikon muodossa.

Puheista, mediatilasta, ja suurista hankesuunnitelmista huolimatta ala ei edisty toivottua vauhtia. Vuoden 2024 syyskuun loppuun mennessä eli yhdeksän kuukauden aikana on asennettu vain 205 MW elektrolyysereitä maailmanlaajuisesti, vaikka investointipäätöksiä on tehty vuodelle 3500 MW edestä (IEA, 2024b, s. 66). Elektrolyysereitä pitäisi asentaa noin 30 000 MW vuodessa, jotta pelkästään Euroopan Unionin komission asettama tavoite 20 Mt puhtaan vedyntarpeen osalta voisi täytyä 2030 mennessä kuuden vuoden aikana. Elektrolyysereitä asennettiin Euroopassa viime vuonna 73 MW (IEA, 2024c, s.23).

VEPE hankkeen ensimmäisen työvaiheen selvityksessä arvioidaan vetytaloutta sekä sen paikallisten sidosryhmäverkostojen, että kansallisen ja kansainvälisen kehittymisen osalta. Vedylle on tarvetta puhtaassa energiajärjestelmässä kuten monet selvitykset osoittavat, mutta ennustemäärät tavoitetasosta ovat tulleet alaspäin viime vuosina. Suurin tarve löytyy harmaan vedyn sovelluksista kuten ammoniakista ja lannoitteista, jossa iso osa päästöintensiivisestä harmaasta vedystä nykyään käytetään. Sen lisäksi vedyllä on syntymässä markkina raudan vetytelkistämässä, missä suora sähköistyminen ei käy vielä täysin ratkaisuksi sekä osittain meri- ja lentoliikenteessä. Näiden markkinoiden kehitystä sivutaan selvityksessä ottaen huomioon sen, miten ne liittyvät Etelä-Pohjanmaahan.

Yksi suurimmista hidastavista tekijöistä puhtaan vetyalan kehityksellä on tämän selvityksen, ja monen muun tuoreen analyysin kuten (Tengler 2024; IEA 2024b ja TNO, 2024), että vetytuotannonkustannustaso on ja sen osalta erityisesti elektrolyysisysteemin investointikustannus on 4-5-kertainen 2020-luvun alun selvityksiin nähden. Systeemikustannuksen lisäksi tuotantokustannus on jopa 8-kertainen harmaaseen vetyyn verrattuna ja yli 4-kertainen 2 euron tavoitekilohintaan nähden (Martin, 2024b; Laurikko ym., 2020). Yhtälöä edelleen vaikeuttaa se, että tuotantokustannusten kehitys tulevaisuudessa on myös hitaampaa kuin aiemmat arviot (Burchardt ym., 2023). Kustannustason taso tarkoittaa sitä, että esimerkiksi Suomen vetytuotannon tavoitetasoa saavuttaminen voi tulla huomattavan kalliiksi julkisen tuen osalta kuten tämän selvityksen viidennessä kappaleessa esitetään.

Etelä-Pohjanmaan vetytaloussuunnitelmat ovat sidoksissa tähän laajempaan puhtaan vetyalan kehitykseen kansallisesti ja kansainvälisesti. Vaisusta kehityksestä huolimatta Etelä-Pohjanmaa omaa puhtaaseen vetyyn liittyvään tuotantoon ja kulutukseen arvoketjuun liittyviä tärkeitä kilpailutekijöitä, joiden hyödyntämistä on hyvä syy pohtia ja etukäteen mallintaa. Sähkön tarvittaessa nopeasti skaalautuva kapasiteetti voi mahdollistaa vetytuotannon paikallisesti ja kantaverkon sähköverkon pullonkaulat voivat edistää tämän yhtälön toteutumista edelleen alueellisesti. Alueella olevat puhtaat sähkötuotantosuunnitelmat riittäisivät parhaimmillaan jopa muutamaan suureen terästehtaan.

Vetytalouden nykytila analyysin lisäksi tässä yhteydessä julkaistaan myöhemmin erillisenä selvityksenä Vetytuotannon elinkaarikustannusarvio, mikä edelleen pohjustaa hankkeen seuraavia vaiheita ja vetyalan tärkeimpien mahdollisuuksien kartoittamista Etelä-Pohjanmaan osalta.

## HYDROGEN ECONOMY CURRENT STATE ANALYSIS- EXECUTIVE SUMMARY

Hydrogen Economy is often publicly debated when conversation delves around investments into so called green- or energy transition. Finnish media has covered the topic with remarkable positive estimates. Hydrogen industry and the related hydrogen economy has been said to be: “A similar money machine like oil “Ten times bigger thing than Nokia”, and that “Ahead of Finns lies a wonderful opportunity to get rich.” (Enqvist, 2023; Karismo, 2024; Mattila, 2024). It is a time to evaluate whether these arguments are based on the reality. This is a first report in the Hydrogen Economy in the South Ostrobothnia project (VEPE) in which we approach the current state of hydrogen economy from both opportunity and challenge that we are facing.

Despite the conversation, media attraction and large development plans, clean hydrogen industry does not progress in a desired pace. Until the end of September 2024, which means nine months, only 205 MW of electrolyzers has been installed globally even though investment decisions imply that 3500 MW should be installed during 2024 (IEA, 2024b, s. 66). There's a need to install 30 000 MW of electrolyser in a year, every year, six years, until 2030 to reach the European Union goal of 20 Mt of clean hydrogen demand by the end of 2030. Only 73 MW of electrolyzers were installed last year in Europe (IEA, 2024c, s.23).

In this first report of the VEPE project hydrogen economy current situation is analyzed based on the local stakeholders, but also national and international context is assessed. There is a need for hydrogen in the clean net zero energy economy like many studies before have shown, but the target amount of hydrogen has decreased considerably only in the last couple of years. The biggest need for clean hydrogen can be found from today's grey hydrogen applications such as ammonium and fertilizers in which most of the emission dirty grey hydrogen is used. On top of that, there is an emerging market forming in a direct iron ore reduction in which electricity cannot be the only input and hydrogen is required. Also, maritime and air transportation are likely applications where hydrogen will be used. Development of these markets is assessed in relation to South Ostrobothnia.

One of the biggest slowdown factors in clean hydrogen industry based on this study, and many others including (Tengler 2024; IEA 2024b ja TNO, 2024), is the higher than expected levelized cost of hydrogen. In particular, the investment costs are 4-5 times higher than studies indicated at the beginning of 2020s. Partly in relation to investment cost, the levelized cost of clean hydrogen is even 8 times higher than grey hydrogen and over 4 times more than the goal of reaching of 2 euros per kg (Martin, 2024b; Laurikko et al., 2020). The situation is made even more complicated by the fact that the decreasing cost development will be much slower than previously thought (Burchardt et al., 2023). The higher levelized cost means that Finnish government plans will require much more public financial support than has been decided which is described in the fifth chapter of this report.

South Ostrobothnia hydrogen economy plans are closely tight into this wider clean hydrogen development macro-economic national and international context. Despite the slow development, South Ostrobothnia has many competitive factors that can be utilized in hydrogen production. Electricity generation development projects can be quickly implemented, and the bottlenecks of the national electricity grid can further improve the strategical location of the South Ostrobothnia. There're enough electricity generation projects to meet the demand of two large scale green steel factories.

In relation to this current state analysis, an additional levelized cost of hydrogen analysis is published later which further strengthens the analytical potential of the later stages of this project and improves the analysis of hydrogen industry opportunities in Finland and in South Ostrobothnia.



## Sisällys

<b>Kuva-, kuvaaja-, karttakuva- ja taulukkoluetelo</b>	<b>6</b>
<b>1 Johdanto Vetytalous Etelä-Pohjanmaalla hankkeeseen ja vetyyn</b>	<b>8</b>
1.1 Vetytalouden historiasta lyhyesti	9
1.2 Vetytalouden määritelmä. Mitä vetytalous tarkoittaa?	9
1.3 Vetyalan energiaselvitykset ja vedyn tarve	11
1.4 Euroopan Unionin vetytuotantotavoitteet	14
1.5 Suomen asettamat vetytuotantotavoitteet	15
1.6 VEPE-hankkeen vaiheet ja työpakettien lyhyt kuvaus	16
<b>2 Vetyalan nykytilanne ja Etelä-Pohjanmaa</b>	<b>17</b>
2.1 Vedyn käyttö Suomessa	17
2.2 Hanketilanne Etelä-Pohjanmaalla	18
2.3 Vetyalan investointikustannustilanne Suomessa ja laajemmin	18
2.4 Vetyhankkeiden arvonlisäyspotentialiaali ja työllisyys	22
<b>3 Sidosryhmien tunnistaminen</b>	<b>24</b>
3.1 Naapurimaakuntien vetyselvitykset ja suunnitelmat	26
3.1.1 Keski-Pohjanmaa	26
3.1.2 Keski-Suomi	27
3.1.3 Pirkanmaa	28
3.1.4 Satakunta	29
3.1.5 Pohjanmaa	30
3.1.6 Etelä-Pohjanmaa	31
3.1.7 Vetyhankkeiden tilanne naapurimaakunnissa	31
3.1.8 Maakunta-analyysin yhteenveto	33
3.2 Etelä-Pohjanmaan energiatalouden kehittyminen ja sidosryhmät	34
3.2.1 Aurinkovoiman kehittyminen Etelä-Pohjanmaalla	42
3.2.2 Teollisen aurinko- ja tuulivoiman kannattavuus Suomessa	43
3.2.3 Tärkeimpien energiaan liittyvien sidosryhmien esittely	44
3.3 Maatalous ja ruoka-ala	47
3.3.1 Lannoitteet ja lannoitetuotanto	47



3.3.2	Maatalous- ja ruoka-alan energiantarve Etelä-Pohjanmaalla	49
3.3.3	Elintarvikealan energiantarve Etelä-Pohjanmaalla	51
3.4	Logistiikka-ala ja liikenne	52
3.4.1	Merenkulku- ja lentoliikenne	54
3.5	Muut sidosryhmät vedyn kannalta	56
3.5.1	Raudan vetytelkistämisen mahdollisuus Etelä-Pohjanmaalla	58
3.6	Julkiset sidosryhmät	61
<b>4</b>	<b>Tärkeimmät vetyyn liittyvät suunnitelmat ja tavoitteet</b>	<b>63</b>
4.1	Sähköverkko- ja vedynsiirtosuunnitelmat Etelä-Pohjanmaan alueella	63
4.2	Sähkön kantaverkon kehityssuunnitelmat	63
4.3	Gasgridin vedynsiirtoverkkosuunnitelmat	65
<b>5</b>	<b>Vetytuotannon tarpeet: Investoinnit, infrastruktuuri, osaaminen ja tuet</b>	<b>68</b>
5.1	Investoinnit ja infrastruktuuri	68
5.2	Vetytuotannon saarekemalli	69
5.3	Vedyn tuotannon ja vedyn jatkojalosteiden logistiikka	69
5.4	Osaaminen	70
5.5	Vetytuotannon julkinen tukirakenne	73
5.6	Tukipolitiikan tarve ja vertaus muihin energiatukiin	73
<b>6</b>	<b>Vetytalous Etelä-Pohjanmaalla ja nykytila-analyysin yhteenveto</b>	<b>79</b>
6.1	Selvityksen suositukset ja ohjeet hankkeen seuraaville työvaiheille	81
	<b>Lähteet</b>	<b>83</b>

## Kuva-, kuvaaja-, karttakuva- ja taulukkoluetelo

### Kuvaajat

Kuvaaja 1. Mitä vetytalous tarkoittaa? Viitekehys terminologian ymmärtämiseksi. ....	11
Kuvaaja 2. Maailman vetytarve päästöttömissä energijärjestelmä skenaarioissa ja arvioiden alentuminen kahden-kolmen vuoden aikana. ....	12
Kuvaaja 3. Vedyn käyttökohteet IEA:n päivitetystä nettonolla skenaariossa 2050. ....	14
Kuvaaja 4. Vetytuotantoennusteiden tavoitteiden ja eri sähköntuotanto kehityshankkeiden keskimääräisen tuotannon vertailua mittakaavan ymmärtämisen takia. ....	15
Kuvaaja 5. Toteutuneet investointikustannukset aitojen hankkeiden osalta ja odotusarvo eri selvityksissä vuosien 2020-2030 välillä. ....	21
Kuvaaja 6. Kristiinankaupungin CPC-Finland vetytuotantolaitoksen investointiarvio ja sen vertautuminen siihen, mitä investointitaso tulisi olla muiden arvioiden perusteella. ....	33
Kuvaaja 7. Etelä-Pohjanmaan alueen sähkön tuotannon huipputehon kehittyminen 2010-2023 sekä ennus-te 2024-2026. ....	35
Kuvaaja 8. Tuulivoimahankeyritykset Etelä-Pohjanmaan alueella ja hankkeiden vaiheet yksinkertaistetusti. ....	40
Kuvaaja 9. Sähkön nimellinen tuotantoteho, rakenteilla olevat hankkeet sekä täysin luvitetut ja suunniteilla olevat hankkeet. ....	41
Kuvaaja 10. Aurinkovoimahankehitysyritykset Etelä-Pohjanmaalla. ....	43
Kuvaaja 11. Maa- ja puutarhatalouden energiankulutuksen jakauma Etelä-Pohjanmaalla 2020 (Palkia & Manninen, 2024). Muokattu suuruusjärjestykseen. ....	50
Kuvaaja 12. Elintarvikealan energiankäyttö Etelä-Pohjanmaalla 2019 (Ramboll, 2021). ....	51
Kuvaaja 13. Teräs- ja rautatuotannon päästöt ovat yksi suurimmista päästölähteistä sekä Suomessa, että maailmalla. ....	59
Kuvaaja 14. Vetytalouden työllisyysvaikutusarvio vertailu EK & Gaia (2024) ja Vetyklusteri (2023) välillä. ....	72
Kuvaaja 15. Tuulivoiman syöttötariffimaksut 2011-2023 ja arvio tulevista maksuista. ....	74
Kuvaaja 16. Vetytuotannon markkinahinnan kehitys elinkaarikustannuslaskelman avulla ja tavoite hintatason välinen erotus. ....	76
Kuvaaja 17. Tuulivoimatariffin toteutunut ja oletettu kustannus 2011-2030. Vetytuotantotavoitteiden tarvitsema tuen määrä julkisten tavoitteiden mukaan 2025-2035. ....	77

### Karttakuvat

Karttakuva 1. Vedyn käyttö Suomessa (Laurikko ym., 2020, s. 23). ....	17
Karttakuva 2. Sidosryhmien luokittelu ja Etelä-Pohjanmaan tärkeimmät sidosryhmät vetytalouteen liittyen, joita hankkeessa selvitetään erikseen. ....	25
Karttakuva 3. Maakuntien vetyselvityshankkeet. ....	26
Karttakuva 4. Nykyiset sähköntuotantolaitokset ja tuulivoimapuistot Etelä-Pohjanmaalla voimalaitosten rakennusvuosikymmenen (värisävy) ja koon mukaan. Huom. ympyrän koko kuvaa voimalaitosalueen huipputehoa eikä pinta-alaa. Huipputuotantoteho on yhteensä 1068 MW. ....	36
Karttakuva 5. Nykyiset sähköntuotantolaitokset vuosikymmenen mukaan, rakenteilla olevat tuulivoimat ja täysin luvitetut. Rakenteilla 325 MW ja täysin luvitettuja tuulivoimapuistoja 821 MW. Yhteensä 2214 MW. ....	37

Karttakuva 6. Kaikki Etelä-Pohjanmaan toiminnassa olevat sähköntuotantolaitokset, tuulivoimahankkeet ja tuulivoimahankesuunnitelmat. Huipputuotantoteho maksimiarvojen mukaan 6160 MW.....	39
Karttakuva 7. Etelä-Pohjanmaalla toimivat, rakenteilla olevat, täysin luvitetut ja esiselvitysvaiheessa olevat aurinko-voimapuistot ja niiden kokoluokka.....	42
Karttakuva 8. Fingridin kantaverkko ja voimajohtohankkeet Etelä-Pohjanmaan alueella (Fingrid, 2023b).....	64
Karttakuva 9. Gasgridin alustava vedynsiirtoverkoston reittisuunnitelma 17.4.2024 (Gasgrid, 2024d) .....	66

### Kuvat

Kuva 1. EPV Energia rakentaa 100 MW aurinkovoimapuistoa Lapuan Heininnevan vanhan turvesuon alueella. Kuva: Vesa Hätilä.....	45
Kuva 2. Kuva Atrian Nurmon tehtaasta, jonka yhteydessä yksi Suomen suurimmista aurinkovoimaloista, mikä tuottaa noin 8% tehtaan sähkön vuosikulutuksesta (Rintamaa, 2021).....	52
Kuva 3. Keitele Groupin Alajärven saha on Pohjanmaan suurin teollinen tukin käyttäjä. Merkittävä osa puumateriaalista jalostetaan yhtiön Keiteleen tuotantolaitoksella liimapuuksi ja myydään edelleen yhtiön pää-markkina-alueelle Japaniin (Keitele Group, 2023) .....	57
Kuva 4. SSAB:n omistamalla Ruukki Construction Groupilla on kolme tehdasta Etelä-Pohjanmaalla. (Vimpelissä, Alajärvellä ja Peräseinäjoella). Kuva Alajärven tehtaalta. ....	61

### Taulukot

Taulukko 1. Taulukko 1. Liikennesovellusten vedyn käytön todennäköisyys ja luokittelu vedyn mahdollisuuden mukaan. (Liebreich, 2023b: Vetytikapuut). *Ammoniakkina tai metanolina; **E-polttoaineena tai biopolttoaineena.....	53
Taulukko 2. EU:n ReFuelEU sitovien synteettisten polttoaineiden vaatimustason vaikutus e-kerosiin ja samalla puhtaan vedyn tuotannon määrään. *laskelmat pohjautuen (Transport & Environment, 2024 & Concave, 2022) .....	55

## 1 Johdanto Vetytalous Etelä-Pohjanmaalla hankkeeseen ja vetyyn

Vetytalous Etelä-Pohjanmaalla (VEPE) on hanke, jossa selvitetään vetytalouden mahdollisuuksia Etelä-Pohjanmaalla. Se on jatkumoa alueella tehdyille muille selvityksille kuten VEP-hankkeelle, jossa selvitetään vetytalouden mahdollisuuksia Etelä-Pohjanmaan ruokaketjussa sekä muille energiaselvityksille. Energiaselvityksistä ja ruokaketju-huomion kohteesta poiketen VEPE:n tarkoituksena on käsitellä puhtaasti vedyn tuotantoa ja sen mahdollisuuksia laaja-alaisemmin arvoketjujen ja ekosysteemien näkökulmasta. VEPE hankkeen ensimmäisen työpaketin raportti pitää sisällään vetytuotannon ja tarpeen nykytilan, sidosryhmien kartoituksen, vetyyn liittyvien suunnitelmien ja vetytalouden tarpeiden analyysin. Samassa yhteydessä, mutta erillisenä selvityksenä julkaistaan myös vetytuotannon elinkaarikustannusarvioanalyysi, minkä tarkoituksena on jäsentää vetytalouden nykyistä ja tulevaa tilaa, ja myöhemmin siihen liittyvää arvoketjutyötä. Sitä voidaan pitää päivitettyinä vertailutietona vetyyn liittyville suunnitelmille ja niiden toteutumisen mahdollisuuden edellytyksille.

Ennen vetytalouden nykytila- ja sidosryhmäanalyysia tässä selvityksessä käsitellään, mitä vetytaloudella tarkoitetaan ja miten se voidaan määrittää tämän selvityksen tasolla. Selvityksen ensimmäisessä osiossa käsitellään lyhyesti vetytalouden historiaa, määritelmää sekä myös vetytuotannon kansainvälisiä, että kansallisia tavoitteita, ja rajoitteita. Nämä täsmennykset viitoittavat Etelä-Pohjanmaan vetytaloussuunnitelmien tilaa, joten on hyvä aloittaa siitä, missä olemme nyt ja minne olemme mahdollisesti menossa laajemmän ympäristön osalta. Sen suhteen on syytä ottaa huomioon eri näkemykset, joita puhtaasti vedyn tuotannon lisääntymisen suhteen on ja miten ne liittyvät Suomeen ja tarkemmin ottaen Etelä-Pohjanmaan. Olennaista hankkeen onnistumisen kannalta on, että pystymme määrittämään ne vetytalouden arvoketjun osa-alueet, jotka ovat paikallisesti kannattavimpia ja todennäköisimmin toteutuvia.

Vetytalouden määrittäminen on tärkeää, koska tulevaisuuden ennusteet vedyn merkityksestä vaihtelevat kaiken kattavasta puhtaasta polttoaineesta pienempään rooliin teollisuuden osaprosessien puhdistajana. Samoin vaihtelee myös vedyn ja niin sanotun vetytalouden vaikutus sidosryhmiin, joita tässä hankkeen ensimmäisen työpaketin raportissa käsitellään. Aikaprospektiivi on myös syytä ottaa huomioon, niin historian, nykyhetken kuin lähitulevaisuuden suhteen, sillä nimenmukaista vetytaloutta sen kansainvälisen markkinapotentiaalin mielessä ei ole vielä paljosta puheesta huolimatta olemassa.

Vetyä käytetään maailmalla sekä myös huomattava määrä Suomessa prosessiteollisuuden kaasuna. Sen nykyisestä käytöstä vain noin 1% on niin sanotusti puhdasta ja loppu osa tuottaa jopa 3% maailman kasvihuonepäästöistä (IEA, 2024b, s. 9). Puhtaalle vedylle on tarvetta. On tärkeää yrittää ymmärtää, onko kyse paikallisesta vai laajemmasta tarpeesta, jotta Etelä-Pohjanmaan vetytaloussuunnitelmilla on parempi mahdollisuus oikeasti toteutua. Tämä ymmärrys voi tuottaa paikallista arvonlisää, kun huomio kiinnitetään Etelä-Pohjanmaan kannalta olennaisimpiin arvoketjun osa-alueisiin.

VEPE hankkeen hankesuunnitelman mukaan selvitystyö on jaettu osioihin, joita myös tämä ensimmäinen selvitys noudattaa. Ensimmäisessä työpaketissa, johon tämä selvitys ja vedyntuotantokustannusanalyysi liittyvät, tutkitaan vetytalouden nykytilannetta Etelä-Pohjanmaalla. Toisessa ja kolmannessa työpaketissa suunnitellaan vetyyn liittyvää ekosysteemiä ja selvitetään arvoketjujen kannattavuutta. Hankkeen neljännessä ja viimeisessä vaiheessa näiden aiempien selvitysten sekä sidosryhmätapaamisten ja työpajojen avulla muodostetaan Etelä-Pohjanmaan vetytalouden toimintasuunnitelma.



### 1.1 Vetytalouden historiasta lyhyesti

Vety ei ole alkuaineena uusi tuttavuus energiataloudessa tai prosessiteollisuudessa, vaan sitä on käytetty teollisissa ja kemiallisissa prosesseissa aina 1800-luvulta alkaen. Puhtaan vedyn valmistustapa eli elektrolyysi on vanha keksintö ja sen toimintaperiaate todennettiin vuonna 1800 William Nicholsonin ja Anthony Carlislen toimesta, kun he lisäsivät sähkövirtaa veteen hajottaen vesimolekyylin vedyksi ja hapeksi. Sveitsiläinen kemisti Christian Friedrich Schoenbein keksi polttokennoreaktion 1839 eli vedyn ja hapen yhdistämisen, josta syntyy vettä ja energiaa, joka sittemmin todennettiin käytännössä ”kaasuakuna” vuonna 1845. Kuuluisa seikkailukirjailija Jules Verne visioi jo vuonna 1874, *The Mysterious Island* kirjassaan (International Hydrogen Association, 2024):

” Vettä tullaan jonain päivänä käyttämään polttoaineena. Vety ja happi, josta se muodostaa, yksin käytettynä tai yhdessä tarjoavat ehtymättömän lämmön ja valon lähteen, voimakkuudella, mihin hiili ei pysty.” - Jules Verne, 1874.

Tätä voitaneen pitää yhtenä vetytalouden ensimmäisenä visiona. Siitä on nyt aikaa 150 vuotta.

Uusiutuvan sähköntuotannon ylijäämäenergian hyödyntäminen vetynä esitettiin tiettävästi ensimmäisen kerran 1920-luvulla Brittiläisen tutkijakirjailija J.B.S. Haldenen toimesta. Nasa on käyttänyt neste-mäistä vetyä rakettipolttoaineena 1950-luvun lopulta alkaen. 1970-luvulla OPEC:in öljysaarron takia noussut öljyn hinta sai pohtimaan uusia energiavaihtoehtoja ja polttokennojen kehittäminen käytännön vaihtoehtoja varten alkoi. Ensimmäinen vetytalousmessu pidettiin 1974 Miamissa.

1977 perustettiin Kansainvälinen energiajärjestö (International Energy Agency (IEA) vastaamaan öljy-markkinan muutoksiin ja heidän tutkimuksensa pitivät sisällään myös vetyteknologioita. Sen jälkeen varsinkin 1980- ja 1990 luvun vaihteessa on kiihtyvään tahtiin perustettu vetyalan järjestöjä ja eri maiden kansallisia tutkimusprojekteja. (International Hydrogen Association, 2024)

Vety on 1990-luvulla tullut usein esiin yhtenä vaihtoehtona autojen päästöjen vähentämiseen ja mm. 1992 Yhdystvaltojen presidentti Bill Clintonin kaudella käynnistyi autonvalmistajien ja hallinnon yhteinen tutkimushanke tähän liittyen. Mercedes-Benz julkaisi ensimmäisen polttokennokäyttöisen auton 1994 ja ensimmäiset vetytankkausasemat avattiin Saksassa Hampuriin ja Muncheniin 1999 Royal Dutch/ Shell yrityksen toimesta.

Historia auttaa ymmärtämään, mikä on vetytalous termin tausta. Selvityksen seuraavat osat, miksi siitä puhutaan edelleen.

### 1.2 Vetytalouden määritelmä. Mitä vetytalous tarkoittaa?

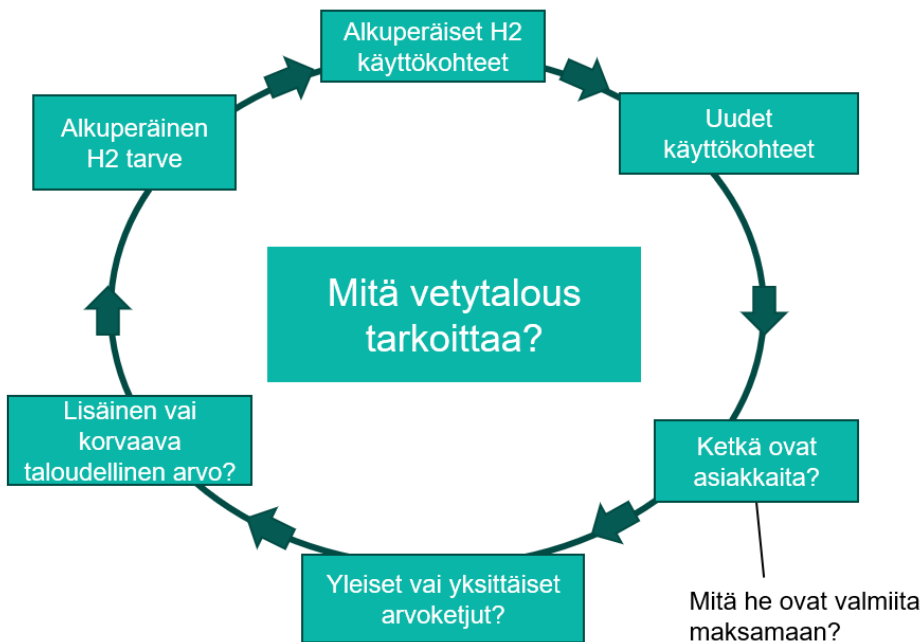
Vetytalouden termiä käytetään usein, kun viitataan tulevaisuuden energiajärjestelmään, jossa vety on olennainen osa energiataloutta ja muodostaa oman vaihdantaan perustuvan taloudellisen kokonaisuuden. Fortumin vetykehityksen päällikkö Staffan Standblom (2023) viittaa blogikirjoituksessa, kuinka ”puhtaalla sähköllä tuotetulla vedyllä voidaan korvata fossiilisia polttoaineita ja raaka-aineita teollisuudessa, liikenteessä ja energia-alalla. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisun vuodelta 2022 ”Vetytalous- mahdollisuudet ja rajoitteet”, johtopäätöksissä sanotaan: ”Vetytalous nousee pitkällä aikavälillä kiinteäksi osaksi kehittyneiden hiilineutraalien yhteiskuntien energiajärjestelmiä, teollisuutta, liikennettä ja taloutta.” (Sivill ym., 2022, s. 207). Fortumin tavoin valtioneuvoston selvitys näkee vedylle suurimman potentiaalin sekä teollisuudessa, että liikenteessä.



Lausunnot ovat vahvan puoltavia vetytalouden ja vedyn laajemman käytön puolesta, mutta käytännön esimerkit puhtaan vedyntuotannon edistymisestä antavat vielä odottaa itseään. Puhtaalle vedylle on kyllä tarvetta, mutta kehitys on ollut hitaampaa kuin tavoitteissa on esitetty. Harmaata vetyä, mikä tuotetaan lähinnä maakaasusta erottamalla, käytetään noin 97 megatonnia (Mt) vuodessa ja se aiheuttaa jopa kolme prosenttia (3%) maailmaa lämmittävistä kasvihuonepäästöistä (IEA, 2023b & IEA, 2024b). Osa tästä tarpeesta korvaantuu sillä, että fossiilisten polttoaineiden jalostustarve vähenee, mutta esimerkiksi ammoniakkin tuotanto lannoitteeksi on maailman ruokatuotannon kannalta välttämätöntä ja metanolia tarvitaan monissa kemianteollisuuden prosesseissa.

Puhtaan vetytuotannon skaalautuminen on ollut 2020-luvun osalta tähän mennessä äärimmäisen hidasta. Maailman elektrolyysikapasiteetti eli vedyntuotantomuoto, jossa vettä pilkotaan sähkövirralla vedyksi ja hapeksi ja mikä voidaan toteuttaa puhtaiden sähkölähteiden avulla, kasvoi 600 megawattia (MW) vuonna 2023, mikä riittää noin 0,04 Mt vedyn tuottamiseen (IEA, 2024c, s. 23). Tätä tahtia menisi 2500 vuotta, että harmaa eli nykyään päästöjä aiheuttava vetytuotanto korvataan puhtaaseen sähköön ja elektrolyysiin perustuvalla tekniikalla. Tuoreet tiedot tammi-syyskuun 2024 osalta kertovat, että elektrolyysereita on asennettu vuonna 2024 vieläkin vähemmän ja vain 205 MW (IEA, 2024b). On pitkä matka siihen, että puhtaasta vedystä tulee olennainen osa energia- ja talousjärjestelmää ja varsinkin siihen, että se korvaisi muita olennaisia energijärjestelmän osia vetytalouden laajimman viitekehyksen näkökulmasta.

Tämän VEPE-hankkeen ensimmäisen työpaketin ja sen tuloksena syntyvän selvityksen tarkoituksena ei ole selvittää, miksi vetytalous etenee hitaasti, mutta se on toisaalta olennainen osa myös vetyyn liittyviä suunnitelmia Etelä-Pohjanmaalla. Näitä teemoja sivutaan VEPE-hankkeen edetessä ottaen huomioon investointien kustannustason, hankkeiden energiatehokkuuden ja laajemman arvoketjuanalyysin infrastruktuurin ja laitteiston osalta. Etelä-Pohjanmaan alueen elinkeinojen kannalta on olennaista, että samalla, kun puhutaan vedyntuotannon ja arvoketjujen mahdollisuudesta osataan tarkemmin määrittää, mitä se tarkoittaa ja mitä aloja se koskee. VEPE hanke on onnistunut, jos Etelä-Pohjanmaan maakunnan alue saa tästä selvityksestä uutta pontta potentiaalisten vetytaloushankkeiden edistämiseen ottaen huomioon myös muut energiatalouden ratkaisut ja niiden potentiaali suhteessa vetytalouden mahdollisuuksiin.



**Kuvaaja 1. Mitä vetytalous tarkoittaa? Viitekehys terminologian ymmärtämiseksi.**

Kun puhutaan vetytaloudesta, sitä määrittämisen apuna voidaan käyttää tarkentavia kysymyksiä kuten esimerkiksi (Kuvaaja 1.):

- Alkuperäinen vedyn tarve?
- Alkuperäinen vedyn käyttökohte?
- Uusi vedyn käyttökohte, mikä johtaa kysymykseen ketkä ovat asiakkaat?
- Onko kyseessä, yleisen vai yksittäisen tason arvoketju?
- Lisäinen vai korvaava merkitys olemassa olevalle taloudelle ja energiataloudelle erityisesti?

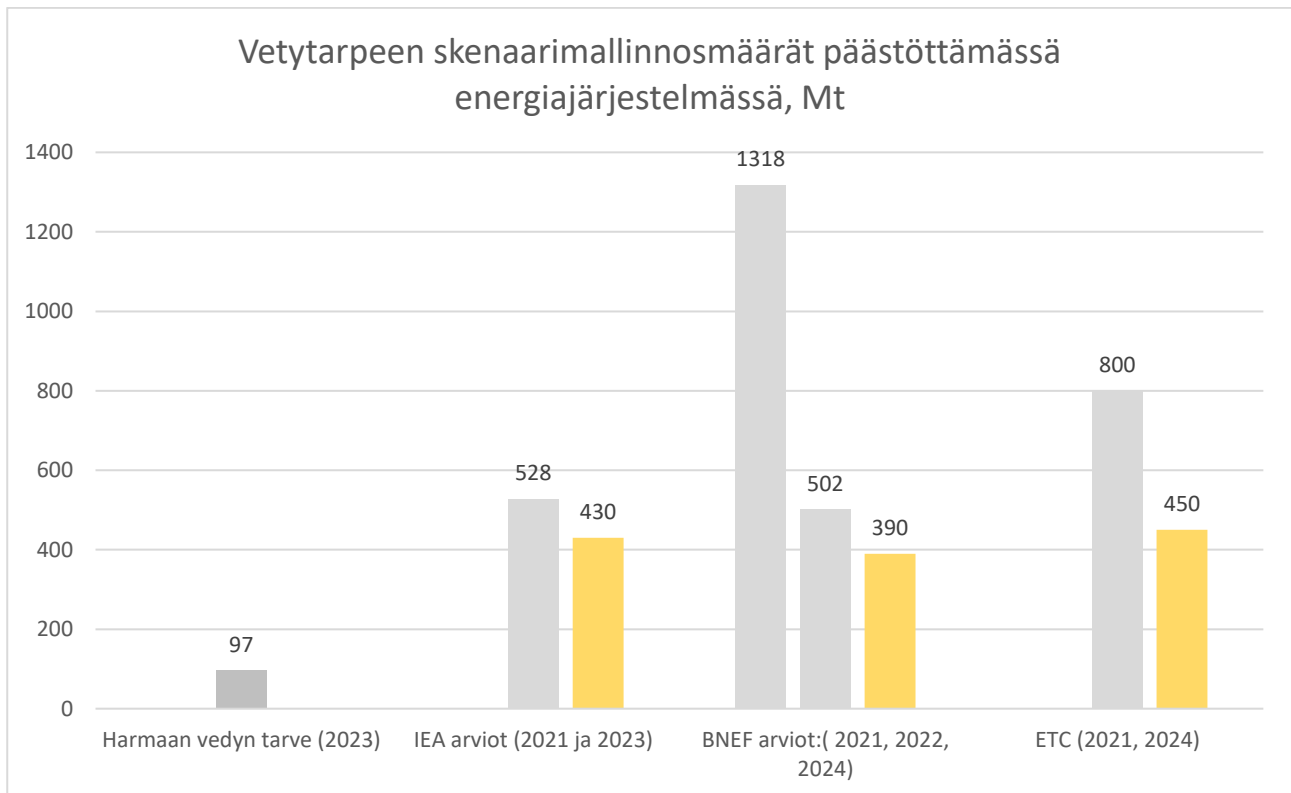
Tämän johdantokappaleen tarkoitus on toimia herättelevänä pohdintana vetytalouden terminologiaan ja sen merkitykseen, kun puhutaan puhtaasta vedyn tuotannosta ja sen käyttökohteista.

### 1.3 Vetyalan energiaselvitykset ja vedyn tarve

Vedyn tarvetta nyt ja tulevaisuudessa on arvioitu useissa selvityksissä, ja ne ovat yleensä myös olleet olennainen osa energiamallinnuksia päästöttömän tulevan yhteiskuntarakenteen osalta. Niistä mainitsemisen arvoiset ja kenties merkittävimmät ovat kansainvälisten tutkimuslaitosten kuten International Energy Agency:n eli kansainvälisen energijärjestön (IEA:n) ja BloombergNEF (BNEF) tekemiä. Tässä yhteydessä esille tuodaan myös Energy Transition Commission (ETC) arvio, koska heidän arvioissaan on havaittavissa vedyntarpeen suhteen samanlainen trendi muiden tapaan. IEA:n merkitys korostuu ainoana kansainvälisenä tutkimuslaitoksena, jossa mukana on suurin osa maailman kehittyneistä maista Kiinaa lukuun ottamatta, mutta myös muut energiamallinnukset ovat luonteeltaan kattavia ja kokonaisvaltaisia.

Kuten aiemmin mainittiin, niin vetyä käytetään maailmassa noin 97 Mt vuodessa, mutta elektrolyysi kapasiteetti oli vuoden 2023 lopussa vain 1400 MW (IEA, 2024b, s. 66). Sillä tuotantokapasiteetilla voidaan tuottaa noin 0,1 Mt vetyä eli vain 0,1% nykyisestä tarpeesta. Loppu osa siitä vähäisestä määrästä puhdasta vetyä on niin sanottua sinistä vetyä, mikä tuotetaan yleensä nykyisen tapaan maakaasusta erottamalla, mutta hiilidioksidi otetaan talteen ja varastoidaan.

Tulevasta vedyn tarpeesta on esitetty paljon arvioita ja ne vaihtelevat jonkin verran selvitysten mukaan. IEA päivitettyssä nettonolla eli ”Net Zero” skenaarion päivityssuunnitelmassa maailma tarvitsee 430 Mt vetyä vuonna 2050. Siitä puhdasta on 420 Mt, josta suurin osa teollisuuteen, liikenteeseen ja sähkön tuottamiseen (IEA, 2023c; Kuvaaja 3). Arviomäärä on tullut kahdessa vuodessa alaspäin 20% verrattuna heidän alkuperäiseen suunnitelmaan ja sen 528 Mt tasoon (IEA, 2021). IEA:n nettonolla suunnitelma kuvaa siis teknologisesti maailman energiajärjestelmää, mikä olisi täysin päästötön ja tapaa, miten siihen voidaan päästä. Muut tahot ovat tehneet vastaavia arvioita ja niiden kehityssuunta on samankaltainen.



**Kuvaaja 2. Maailman vetytarve päästöttömissä energiajärjestelmä skenaarioissa ja arvioiden alentuminen kahden-kolmen vuoden aikana.**

BloombergNEF (BNEF) päätyi heidän tuoreessa New Energy Outlook 2024 arviossa, että vedyn tarve on 390 Mt 2050 mennessä (BNEF, 2024b). Kaksi vuotta aiemmin he arvioivat tarpeen olevan vielä 502 Mt ja sitä ennen jopa 1312 Mt vuonna 2021 tehdyssä arviossa, joten kehityssuunta on samankaltainen, mutta huomattavasti radikaalimpi (Alisawi, 2024). BloombergNEF vetytutkimuksen pääjohtaja, Martin Tengler mainitsee ennusteiden alaspäin muokkaamisen syynä sen, että:

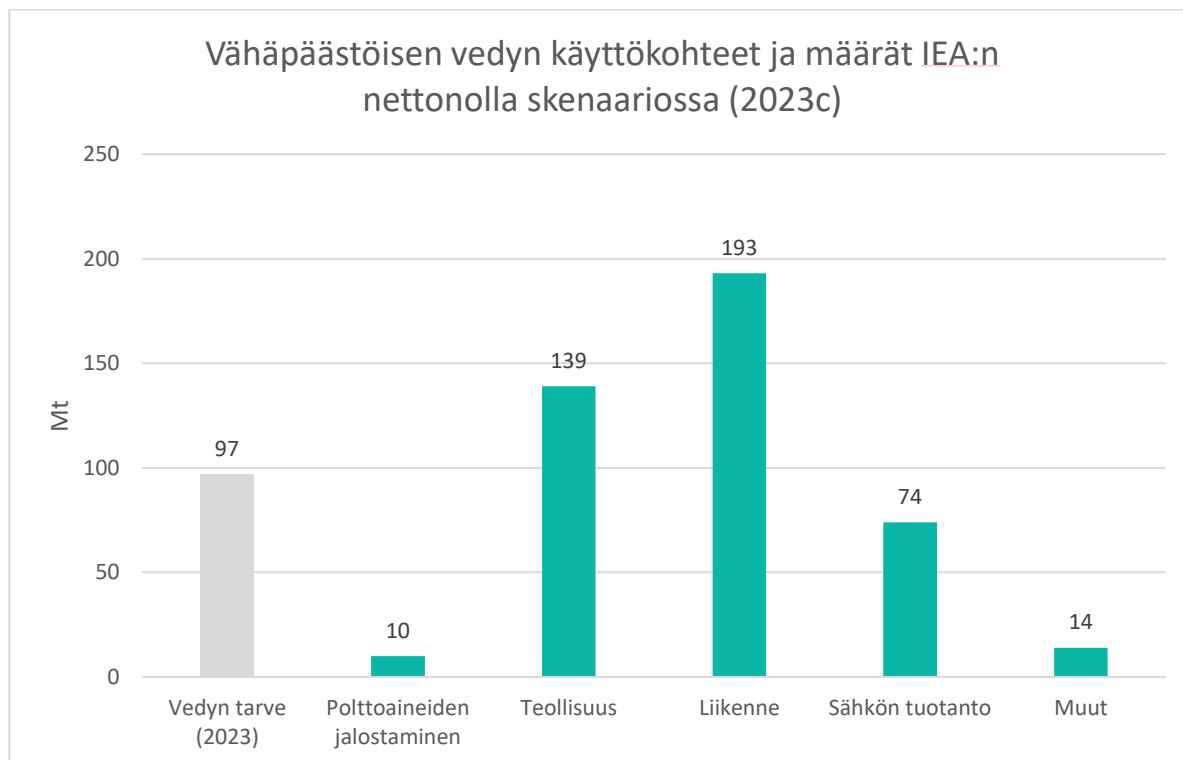
”Elektrolyysisysteemien kustannustaso on ollut paljon korkeampi kuin me ajattelimme ja suurimmalla osalla meistä on paljon vähemmän aggressiivisia arvioita elektrolyysereiden kustannustason laskusta ajan mittaan.” (Martin, 2024e).

ETC eli Energy Transition Commission on BNEF:n ja IEA:n tapaan tullut huomattavasti alaspäin vetytarvearvioissaan ja heidän puheenjohtaja Adair Turner tuo esille, että: ”jos vedyn tuotantokustannusarviot jatkavat kasvuaan, yhä useampi aiemmin vaikeasti sähköistettävissä oleva ala tulee näkemään nopeaa kehitystä uusien sähköisten teknologioiden osalta.” (Martin, 2024e). Hän nostaa esille myös sen, että sähkö voi korvata fossiiliset polttoaineet myös jopa 1000 celsiusasteen lämpötilaa vaativassa teollisuudessa, mitä on aiemmin pidetty vaikeammin sähköistettävänä teollisuuslämmön alueena.

Turnernin kanssa samaa mieltä on myös Agoran ja mm. Fraunhofer ISI:n tuore analyysi, mikä esittää, että yli 90% Euroopan teollisuuden energiantarpeesta voitaisiin suoraan sähköistää 2035 mennessä (Agora ym., 2024). Tiettyjen korkeaa lämpötilaa vaativien teollisuusprosessien osalta se on mahdollista nykyään saatavilla olevalla tekniikalla, mutta joidenkin teknologioiden osalta tarvitaan vielä kehitystä ja prosesseja joudutaan todennäköisesti muuttamaan, jotta ne voidaan sähköistää. Vetytarvearvioissa on siis edelleen paljon mahdollisuuksia kehittyä suuntaan tai toiseen riippuen siitä, miten päästöttömät teknologiat kehittyvät itsessään ja suhteessa toisiinsa. Suunta on kaikkien arvioiden osalta ollut kuitenkin sama viimeiset vuodet.

BNEF:n, IEA:n ja ETC:n arviot ovat yhteneväisiä siltä osin, että puhdasta vetyä tarvitaan hyvin suurella todennäköisyydellä lannoitteissa, kemikaaliteollisuudessa, teräksen valmistuksessa ja sähköpolttoaineissa lento- ja laivaliikenteen osalta. Suurin käyttökohde vedylle BNEF:n nettonolla-energiaskenaariorissa on rautamalmin pelkistäminen, mikä heidän mukaansa tarvitsee 99 Mt vetyä eli enemmän kuin vedyn tarve tällä hetkellä yhteensä (BNEF, 2024). IEA:n arviossa tämä on osa teollisuuden vetytarvetta, mikä on arvioitu 139 Mt kokoiseksi (Kuvaaja 3). Liikenteen osalta on huomattava se, että esimerkiksi BNEF (Alisawi, 2024) ennustaa lentoliikenteessä synteettisen polttoaineen osuuden nousevan noin 30% kaikesta tarvittavasta polttoaineesta. Loppuosa lentopolttoaineista tuotetaan bioperäisistä lähteistä heidän ennusteessaan. Toisin sanoen, vaikka sähkö ei ole mahdollisuus kaiken liikenteen osalta, niin se ei tarkoita sitä, että vety on vailla kilpailua. Biopolttoaineet ovat mahdollinen korvike, mutta niiden osalta saatavuus on yhtä olennainen kysymys kuten myös vedyn kannalta.

Todennäköistä, että vetytarvearviossa tullaan vieläkin alaspäin, kun huomioidaan, mitä kaikkea voidaan sähköistää teollisuudessa ja mikä on biopolttoaineiden rooli vaikeasti sähköistettävien kulku-  
neuvojen osalta. Silti jää vielä Etelä-Pohjanmaankin kannalta tärkeitä aloja, joiden osalta vetypotentiaal mahdollisuuksia on syytä selvittää



Kuvaaja 3. Vedyn käyttökohteet IEA:n päivitetystä nettonolla skenaariossa 2050.

## 1.4 Euroopan Unionin vetytuotantotavoitteet

Euroopan Unioni (EU) on Suomen ja sitä kautta myös Etelä-Pohjanmaan vetytalouden osalta merkitsevä valtaa käyttävä toimija. Euroopan komissio eli EU:ssa parlamenttista hallintavaltaa käyttävät taho on asettanut tavoitteekseen osana REPowerEU suunnitelmaa 2022, että EU tuottaa unionin sisällä 10 megatonnia (Mt) puhdasta vetyä ja toiset 10 Mt puhdasta vetyä tuodaan maanosan ulkopuolelta 2030 mennessä (Euroopan Komissio, 2022). Tavoite on huomattavan kunnianhimoisen ottaen huomioon, että viimeisenä viitenä vuotena (2019-2023) Euroopan Unionin elektrolyysikapasiteetti on lisääntynyt vain 191 megawattia (MW), mikä tarkoittaa vetymäärän tuotannon suhteen noin 0,016 Mt vetyä (IEA, 2024). Tarkemmin ottaen se on siis vain 0,11% tavoitetuotantomäärästä 2030 ja toisin sanoen 99,9% tuotannosta pitäisi käynnistyä seuraavan viiden vuoden aikana. Seuraavina vuosina on odotettavissa suunnitelmien mukaan tuotannon voimakasta kasvua, mutta monet analyysitahot suhtautuvat Euroopan komission esittämään tavoitteeseen kriittisesti mukaan lukien Euroopan Unionin tilintarkastustuomioistuimien, joka mainitsee, että: ”tavoite vaatii faktantarkistuksen” ja, että ”tavoitteet ovat liian kunnianhimoisia.” (European Court of Auditors (ECA), 2024, s. 5).

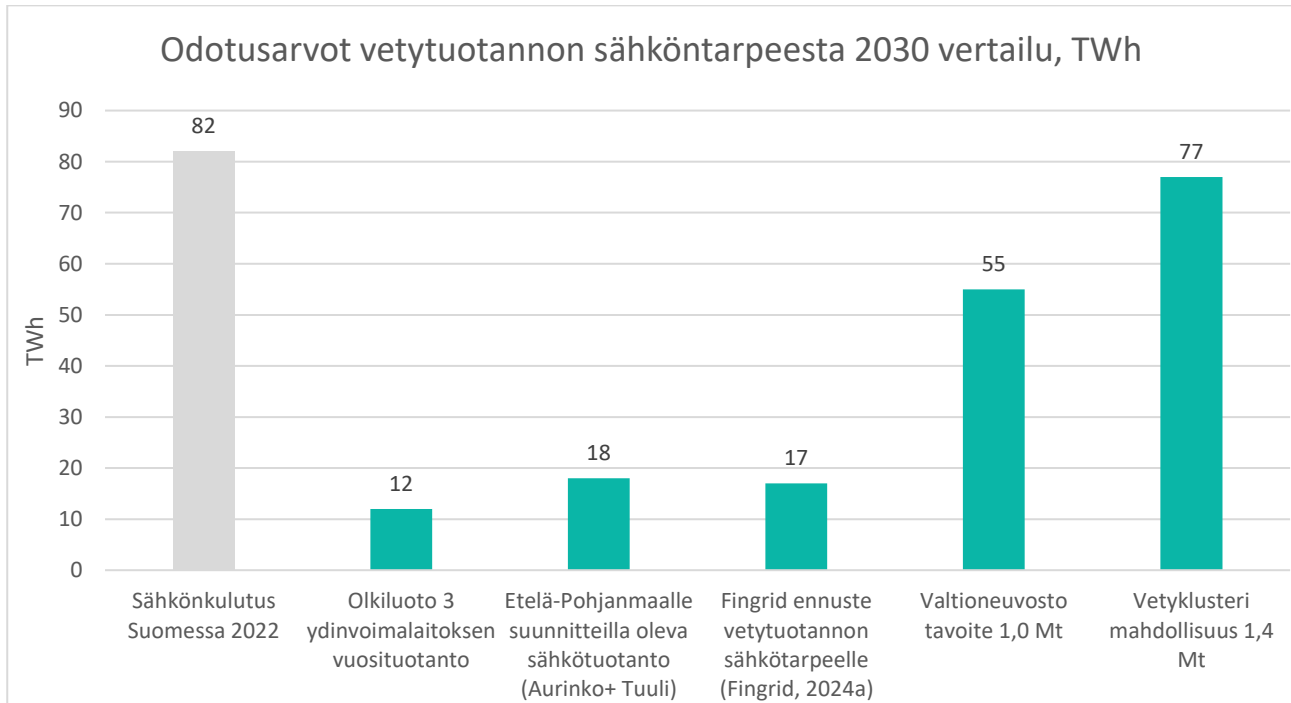
BloombergNEF tuoreen 2030 arvion mukaan Eurooppa tuottaa 2,4 Mt vähäpäästöistä vetyä vuonna 2030 (Tengler, 2024). Se on yli 70% vähemmän kuin EU:n komission asettama sisäinen tavoite. Hydrogen Supply Outlook 2024 (BNEF, 2024) arvioissa koko maailman vähäpäästöinen vetytuotanto on vain 16,4 Mt, joten edes koko maailman puhdas vetytuotanto ei riitä sen mukaan kattamaan Euroopan Unionin havittelemaa 20 Mt vähäpäästöisen vedyn markkinatavoitetta 2030 mennessä (BNEF, 2024).

## 1.5 Suomen asettamat vetytuotantotavoitteet

Suomen valtioneuvosto eli kerran neljässä vuodessa eduskunnan asettama hallitus on esittänyt periaatepäätöksen ja tavoitteen olla Euroopan johtava vedyntuottaja 2030 mennessä (Valtioneuvosto, 2023). Johtavan aseman lisäksi valtioneuvosto asetti tavoitteeksi tuottaa 10% EU:n vihreästä vedystä, mikä esitettiin helmikuussa 2023 (Valtioneuvosto, 2023). Hallituksen vaihtuessa uuteen kesällä 2023, sama tavoitetaso on säilynyt myös uudessa hallitusohjelmassa. Hallitusohjelmassa mainitaan: ”Suomi tähtää 10 prosentin osuuteen EU:n puhtaan vedyn tuotannosta ja vähintään samaan osuuteen vedyn jatkokäytöstä.” (Valtioneuvosto, 2023b, luku 7.2).

Vetyklusterin eli Suomen vetyalan edustusjärjestön vetytalousstrategia raportin yhteydessä on määritetty vieläkin suurempi tavoite ja, että Suomi voisi tuottaa 14% Euroopan päästöttömästä vedystä 2030 mennessä viitaten Euroopan Unionin 10 megatonnin (Mt) RePowerEU vetytuotantotavoitteeseen (Vetyklusteri, 2023, s.9). Tavoitteena on olla ratkaisevassa asemassa vetytalouden arvoketjun palvelu- ja teknologiarakenteessa.

Neljätoistaprosenttia Euroopan puhtaasta vedystä tarkoittaa 1,4 Mt vetyä, minkä tuottamiseen tarvitaan noin 77 terawattituntia (TWh) sähköä olettaen, että yksi vetykilo tarvitsee 55 kWh sähköä elektrolyysiprosessissa (XAMK, 2023). Todellisuudessa tarve on enemmän, kun otetaan huomioon myös vetytuotantolaitoksen muu virrantarve ja sen vaihtelu, mutta tätä arvoa käytetään yleisesti. Suomessa käytettiin 80 TWh sähköä vuonna 2023, joten 77 TWh lisäystarve tarkoittaa Suomen koko sähköntarpeen ja sen paikallisen tuotannon kaksinkertaistamista viidessä vuodessa, jotta Vetyklusterin esittämää vety määrää varten on tarpeeksi sähköä saatavilla (Energiateollisuus ry, 2024).



Kuvaaja 4. Vetytuotantoennusteiden tavoitteiden ja eri sähköntuotanto kehityshankkeiden keskimääräisen tuotannon vertailua mittakaavan ymmärtämisen takia.

Olkiluoto 3 (OL3) ydinvoimalan rakennustyöt aloitettiin 2005 ja valmista tuli 2023 eli 18 vuoden jälkeen. Olkiluoto kolme on maailman suurin ydinvoimala ja tuottaa vuodessa noin 12 TWh sähköä (TVO, 2024). Se on silti vain 20% sähkömäärästä, mikä tarvittaisiin, mikä tarvittaisiin viidessä vuodessa vetyklusterin esittämän mahdollisuuden täyttämiseen. Ydinvoimaa tarvittaisiin siis viiden OL3 verran viidessä vuodessa. Tavoitteet on tästä syystä rakennettu lähinnä uusiutuvien energiamuotojen kasvun varaan, joiden rakentaminen on periaatteessa mahdollista nopeammin kuin ydinvoiman.

Suomessa oli 2020 vuoden alussa 2017 megawattia (MW) tuulivoimaa ja se on kasvanut kolmessa vuodessa 2020-2023 huomattavan vauhdikkaasti ollen 2023 vuoden alussa jo 5207 MW (Energiateollisuus ry, 2021 & 2024). Tuorein tuulivoimakapasiteetti tieto on 7898 MW (Fingrid, 2024d). Tuulivoimatuotanto kasvoi samanaikaisesti kuitenkin vain 6,7 TWh vertaillen vuoden 2020 ja 2023 tuulivoimatuotantoa. Kyseessä voi osittain olla vuosien välinen vaihtelu tuulisuudessa, mutta vastaava kolmen vuoden aikana tapahtunut tuulisähkön lisäys tarvittaisiin noin 10-kertaisena 5-6 vuodessa, jotta vetyklusterin esittämään tavoitteeseen päästäisiin vetytuotannon osalta. Tehtävä vaikuttaa huomattavan haastavalta.

Sähkötuotannon tavoitteen täyttymistä, mikä voi mahdollistaa vetytuotannon, ei helpota se, että Fingridin mukaan yksi potentiaalisimman tuulivoima- ja vetytuotantoalueista eli länsirannikon sähköverkko kapasiteetti on täyttynyt. Verkkoon jo hyväksytyjen sähköntuotantohankkeiden lisäksi ei oteta lisää hankkeita ennen 2027-2028, jolloin sähköverkko kapasiteetti on luvassa helpotusta uusien yhteyksien avulla (Pantsu, 2022).

Elektrolyysitehossa mitattuna 1,4 Mt vetymäärä vaatii noin 12,5 GW (12 500 MW) elektrolyysereita 70% käyttöasteella. Se on yhtä paljon sähkötarpeen hetkellistä tehoa lisää kuin Suomen nykyinen kulutus kovimmilla talvipakkasilla. Suomen ensimmäinen 20 MW teollisen mittakaavan elektrolyyserilaitteisto ja vetytuotantolaitos on rakentumassa Harjavaltaan ja sen pitäisi valmistua vuoden 2024 aikana. Näitä Harjavallan kokoisia vetyhankkeita tarvitaan siis yli 620 kappaletta, jotta vetyklusterin esittämä mahdollisuus toteutuisi. Suomen hallituksen hallitusohjelmaan kirjattu tavoite 10% osuudesta Euroopan Unionin vetytavoitetta varten tarkoittaa, että Harjavallan kokoluokan laitoksia tarvitaan 440 kappaletta eli 7 kpl joka kuukausi 2030 asti.

Etelä-Pohjanmaan vetytaloussuunnitelman osalta nämä tavoitetasot on syytä huomioida, mutta samalla myös pohtia, mikä on maakunnan näkökulmasta todennäköistä toteutua. Fingridin (2024b) esittämä arvio 17 TWh vetytuotannon sähköntarpeesta 2030, antaa osviittaa paremmin siitä, mikä on oikeasti mahdollista, mutta sitäkin voi pitää huomattavan kunnianhimoisena tavoitteena. Se vaatii koko maailman 2023 vuoden loppuun mennessä asennetun elektrolyysikapasiteetin kaksinkertaisena.

### 1.6 VEPE-hankkeen vaiheet ja työpakettien lyhyt kuvaus

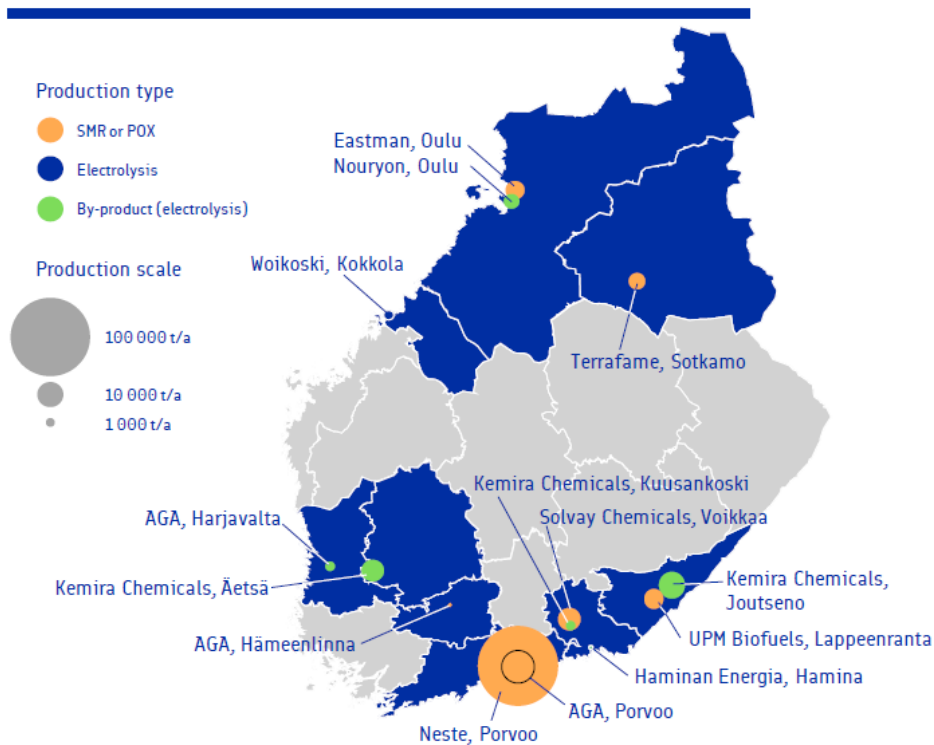
Vetytalous Etelä-Pohjanmaalla (VEPE) hanke kokonaisuus koostuu neljästä työpaketista, joista tämä selvitys on sen ensimmäinen vaiheen tuotos. Se luo tarvittavat taustatietoja ja pohjaa hankkeen seuraaville vaiheille hankesuunnitelman ohjeistuksen mukaan. Ensimmäisen työpaketin tärkein tehtävä on määrittää vetytalouden nykytila ja sen kannalta olennaiset toimijat Etelä-Pohjanmaalla. Vaikka maakunnassa ei ole vetyyn liittyviä hankkeita liikkeellä, niin vetyalan potentiaali on useiden tahojen tiedossa, mikä on noussut esille sidosryhmien kanssa käydyissä keskusteluissa. Hankkeen seuraavissa vaiheissa kuten ekosysteemis suunnitelmassa ja arvoketjujen määrittämisessä perehdytään vetytuotannon kannattavuuteen tarkemmin ja yritetään määrittää Etelä-Pohjanmaan kannalta olennaisimmat suunnitelmat, joita vedyn suhteen kannattaa toteuttaa.



## 2 Vetyalan nykytilanne ja Etelä-Pohjanmaa

VEPE hankkeen ensimmäisen selvityksen toisessa kappaleessa käsitellään vedyn tarvetta Suomessa ja tehdään sen perusteella myös alustava arvio, kuinka paljon elektrolyysitehoa tarvitaan tämän tarpeen täyttämiseksi. Sen jälkeen käsitellään vetyalan investointikustannustilannetta, mikä on viime aikoina noussut kansainvälisiin otsikoihin ja merkitsee myös paljon alan kehittymisen osalta Suomessa. Investointisummat ovat nykyisen projektitiedon pohjalta arvioiden moninkertaisia siihen, mitä selvityksissä arvioitiin muutama vuosi sitten, mikä asettaa haasteita hankkeiden toteutuksen suhteen. Tässä yhteydessä käydään lyhyesti läpi, mitä tämä investointikustannustilanne näyttää suomalaisten arvioiden ja toteutuneiden kustannusten näkökulmasta. Sen lisäksi tässä vaiheessa käydään läpi hanketilanne Etelä-Pohjanmaalla ja hieman sitä, mikä on vetyalan hankkeiden arvonlisäyspotentiaali eri arvioiden osalta.

### 2.1 Vedyn käyttö Suomessa



Karttakuva 1. Vedyn käyttö Suomessa (Laurikko ym., 2020, s. 23).

Vedyn tarve Suomessa on keskittynyt paikkakuntaakohtaisesti ja teollisten prosessien yhteyteen. Vetyä käytettiin ja tuotettiin yhteensä 145 000 tonnia vuonna 2020, josta selkeästi suurin käyttäjä Suomessa on Nesteen jalostama Porvoossa, mikä valmistaa lähes kaksi kolmasosaa koko Suomen vedystä jalostamoprosessin tarpeisiin (Laurikko ym., 2020). Suurin osa tästä kokonaismäärästä valmistetaan maa-kaasusta reformoimalla, mikä synnyttää samalla paljon kasvihuonekaasupäästöjä. Elektrolyysillä tuotettua vetyä ei valmisteta vielä teollisessa mittakaavassa Suomessa. Harjavaltaan rakenteilla oleva ja 2024 vuonna tavoitteen mukaan valmistuva laitos on valmistuessaan ensimmäinen teollinen laitos. Jos oletetaan, että Harjavallan P2X laitos toimii noin 80% käyttöasteella valmistuessaan, niin se voi vuoden

aikana tuottaa noin 2500 tonnia vetyä, mikä on 1,7% koko Suomessa 2020 tarvitusta vedystä. Tästä voidaan päätellä, että Suomen nykyisen harmaan vedyn tarpeen täyttämiseen tarvitaan noin 1160 MW elektroklyyositeho, josta suurin osa siis nykyisten tuotantolaitosten yhteyteen ja siitä edelleen tarkemmin sanoen, suurin osa Porvooseen. Etelä-Pohjanmaan näkökulmasta on vaikea nähdä yhteyttä Suomen nykyisen vedyn käytön ja mahdollisen Etelä-Pohjanmaalle sijoittuvan vetytuotannon välillä. Merkittävää silti on huomata, että harmaan vedyn korvaaminen myös Suomessa vaatii huomattavia ponnisteluja ja merkittävän määrän puhdasta sähköä. Kaiken harmaan vedyn korvaaminen Suomessa vaatii noin 8 TWh puhdasta sähköä, mikä on 10% Suomen nykyisestä sähköntarpeesta.

## 2.2 Hanketilanne Etelä-Pohjanmaalla

Etelä-Pohjanmaalla ei ole itsessään erikseen vetyyn suoraan liittyviä julkisesti esillä olevia hankekehityssuunnitelmia tai aihioita. Se tarkoittaa tämän vetytalousselvityksen ja VEPE hankkeen osalta sitä, ettei mikään nykyinen hanke ohjaa tämän selvityksen sisältöä tai näkökulmaa, mutta toisaalta asettaa haasteen sidosryhmätarkastelulle. Vetytalouteen liittyviä sidosryhmiä käsitellään tarkemmin selvityksen kolmannessa kappaleessa. Vetytalouteen tai tarkemmin sanoen Suomen sähkötalouden skaalautumiseen liittyviä energiahankkeita on silti huomattavan paljon rakentunut Etelä-Pohjanmaalla ja paljon lisää on suunnitelmissa seuraavina vuosina, mikä on vetytalouden tai vetyyn liittyvien suunnitelmien välttämätön edellytys.

Suurin osa näistä energiahankkeista on ollut tuulivoimaa, mutta todennäköisesti aurinkovoiman merkitys kasvaa lähitulevaisuudessa. Aurinkovoiman jaksottainen tuotantoprofiili tasapainottaa tuulivoiman kausittaista tuotantoa, mikä on yleensä voimakkaimmillaan talviaikaan ja tyyntyy kesäksi lämpötilan kasvaessa tarpeeksi suureksi (Teirilä, 2024). Päivittäisessä vaihtelussa on myös havaittavissa negatiivista korrelaatiota näiden kahden sähkön tuotantotavan välillä.

Mittavat sähkötuotannon hankkeet ovat suoraan osa Suomen sähköistyvää ja puhdistuvaa energiapalettia ja liittyvät myös välillisesti siltä osin myös mahdolliseen vetytalouteen. Osa suunnitelluista energiantuotanto hankkeista on saanut investointipäätöksen, mutta iso osa odottaa vielä kasvavaa kuluusta, mitä vedyn tuottaminen toisi tullessaan. Energiataloutta käsitellään tarkemmin sidosryhmäanalyysin yhteydessä seuraavassa eli kolmannessa kappaleessa.

## 2.3 Vetyalan investointikustannustilanne Suomessa ja laajemmin

Vetyalan nykytilanne analyysillä tarkoitetaan tässä yhteydessä sen kannattavuuden ja teknisen toteutettavuuden ymmärtämistä laajemmin kuin pelkästään Etelä-Pohjanmaan välittömässä läheisyydessä. Kuten johdannossa mainitaan, niin tässä selvityksessä nostetaan aina tarpeen tullen esille vetytalouden arvoketjun osalta eri tasoja. Investointikustannusten osalta markkina on hyvin samankaltainen ympäri Eurooppaa ja maailmaa Kiinaa lukuun ottamatta, joten syytä perehtyä tarkemmin, mitä muualla tapahtuu. Voimme tehdä sen pohjalta osittaisia johtopäätöksiä, mitä nämä hankkeet tarkoittavat Etelä-Pohjanmaan kannalta, mutta myös yleisesti alan kehityksestä. Tarkempi osa tästä analyysistä esitellään erillisessä vetytuotantokustannusanalyysissä, mutta tässä yhteydessä tuodaan jo muutama olennainen asia esille, josta investointikustannus on yksi tärkeimmistä vetytuotannon kustannustason kehityksen kannalta.

Puhtaan vetytuotannon skaalautumisen osalta on tärkeää, ettei nykyistä haastavaa investointikustannusympäristöä ohiteta sillä, että aika ja tuotannon laajentuminen ratkaisee sen. Näköpiirissä on

haasteita, jotka eivät välttämättä ratkea, vaikka puhtaan vedyn tuotanto kasvaa moninkertaiseksi. Yksi syy löytyy siitä, että itse elektrolyseri on vain noin 1/3 vetytuotantolaitoksen investoinnin systeemitason kokonaiskustannuksesta (TNO, 2024). Toinen 1/3 muodostuu niin sanotusta Balance of Plantista (myöhemmin BoP), mikä taas pitää sisällään paljon tunnettuja laitteita ja osia kemikaaliteollisuudesta. Balance of Plantia voidaan suomentaa käyttäen termiä oheislaitteisto tai laitekokonaisuus, mutta tämän selvityksen osalta puhutaan englannin termin mukaan Balance of plantista. Näitä BoP osia ja laitteita valmistetaan huomattava määrä jo nyt muihin tarpeisiin, joten vaikka vihreän vedyn tuotanto moninkertaistuisi, niin näiden BoP osien tuotanto ei lisääny kustannuksia alentavan merkittävästi (Martin, 2022).

Ramboll (Doyle & Krasowski, 2023, s. 9) mainitsee tuoreessa vetytuotannon investointikustannuksia käsittelevässä tutkimuksessa perustuen 30 todelliseen P2X projektiin sekä Yhdysvalloissa, että Euroopassa (s. 5), että:

”Tuoreiden vetytuotantolaitosvertailujen valossa on selvää, että laitosten ennustettu kustannustaso on eronnut todellisista kustannuksista sekä investointien, että tuotantokustannusten osalta.”

Tällä hetkellä mikään vetyhanke ei kannata ilman vahvaa julkista ja suoraa tai epäsuoraa tukea, joten kansallistaloudellisesti puhutaan myös julkisen talouden kestävydestä vedyn tuotantokustannuksen ja tavoitteiden osalta. Vetytuotantolaitokset tarvitsevat monen eri arvion mukaan vähintään 10-vuoden ja mielellään pitempiä ostosopimuksia lopputuotteesta huolimatta, jotta niiden osalta päästään investointipäätökseen (Liebreich, 2023). Tätä näkemystä tukee myös se, että Euroopan Unionin vetypankin ensimmäisen tarjouskilpailun ostosopimukset ovat kymmenen vuoden mittaisia.

Euroopan Unionin asettama vaatimustaso synteettisille polttoaineille sekä RED 3 direktiivistä eli Renewable Energy Directive on tulossa sitova, mikä voi tarkoittaa toteutuessaan huomattavaa vetytuotannon lisääystä. Tuoreimmat tiedot sen osalta kertovat, että EU maille tulee vaatimus tuottaa 42% heidän käyttämästään vedystä uusiutuvan energian avulla 2030 mennessä ja vaatimustaso nousee 60% 2035 mennessä (Martin, 2024d). Tämä tarkoittaa noin 1,6 Mt puhtaan vedyn tuotantovaatimusta 2030 teollisuutta varten ja 0,4 Mt minimissään liikenne käyttökohteisiin RFNBO:n osalta (Tengler, 2024). Samassa Hydrogen Supply Outlook arvioissa BNEF (Tengler, 2024) ennustaa, että EU voisi tuottaa 2,4 Mt vetyä 2030 mennessä. Suomen osalta arvio kohdistuu kategoriaan muut maat, jonka osuus kokonaisuudesta on vain 0,2 Mt puhdasta vetyä.

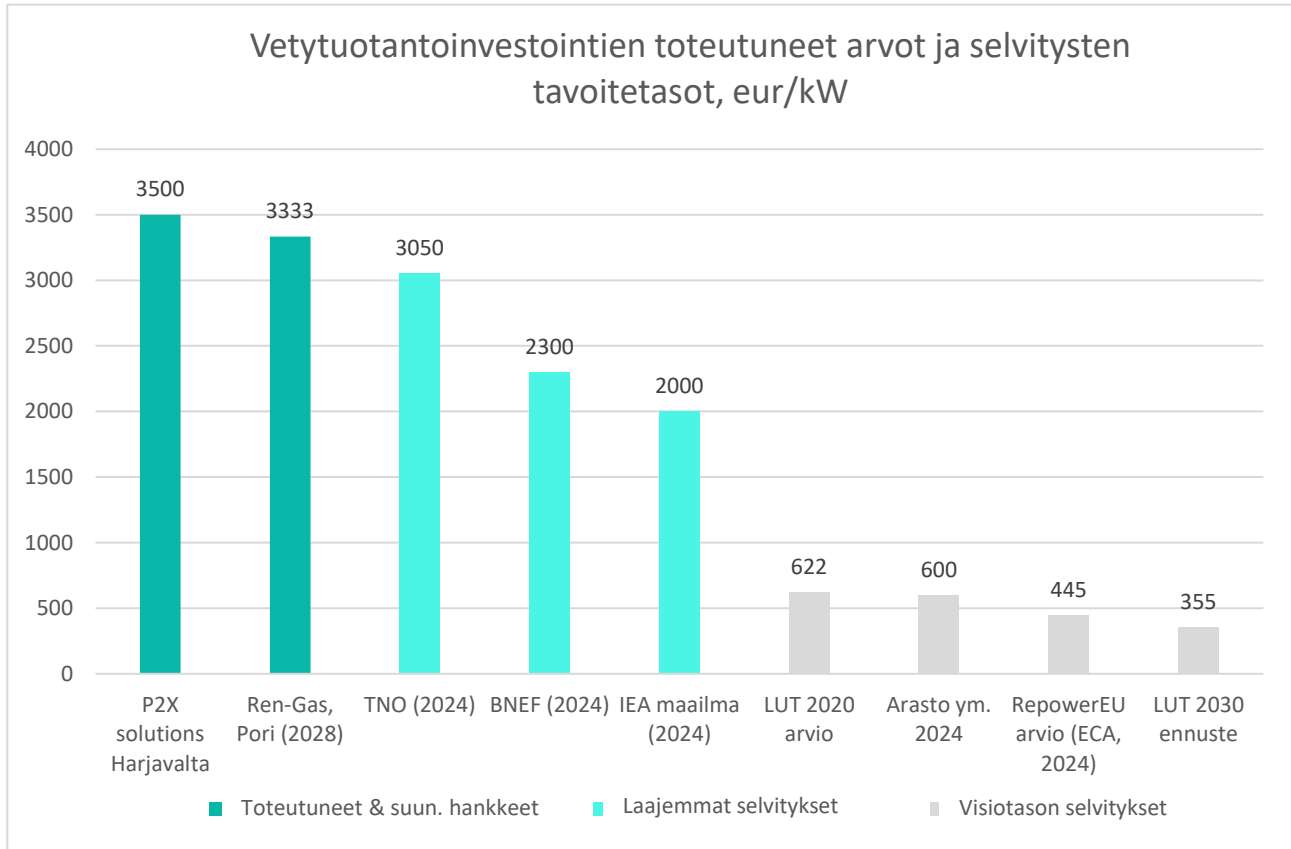
RFNBO polttoaineiden vaatimustaso nousee noin 1% tasolle kokonaispolttoainemäärästä 2030 mennessä, mikä käytetään liikenteessä. Sen vaikutus vetymäärällä mitattuna on 0,36 Mt 2030 mennessä (Martin, 2024d; Tengler, 2024). Markkinoiden tulee ostaa vaadittu määrä puhtaita polttoaineita ja siirtyä käyttämään puhdasta vetyä osana eri teollisia prosesseja 2030 mennessä. Tietty määrä kysyntää on siis syntymässä välttämättä kustannuksista, mikä vakauttaa varhaisen markkinavaiheen hankkeiden toteutumisen mahdollisuutta. Se ei silti poista taloudellisia haasteita hankkeiden kustannusten osalta, joista viime vuosina on uutisoitu laajalti (Parkes, 2024; Hydrogen Council, 2023; IEA, 2023d).

Satakunnan Harjavallan P2X Solutions rakenteilla olevan vetytuotantolaitoksen alkuperäinen investointikustannusarvio oli 50 miljoonaa euroa vuonna 2021, mutta juuri ennen investointipäätöstä 2022 se nousi 70 miljoonaan euroon (Meritähti, 2021; P2X Solutions, 2022). Se tarkoittaa 3500 euroa per kilowatti (kW) ilmoitettuun elektrolyysitehoon suhteutettuna. Harjavallan laitoksen kustannusarvio vaikuttaa Euroopan mittakaavassa tyypilliseltä, mitä vahvistaa TNO:n eli Alankomaiden soveltavan

tieteentutkimuskeskuksen (vastaava tutkimuslaitos kuin VTT) selvitystä vetytuotannon tämän hetken kustannustasosta. Siinä arvioitiin 14 todelliseen rakenteilla tai suunnitteilla olevaan hankkeeseen viitaten, että 100 MW laitoksen kustannustaso on noin 3050 euroa/kW (TNO, 2024). Tällä tasolla ollaan kaukana monista visiotason selvityksistä ja osin myös tutkimuksissa esitetyistä arvioista, joissa on tuotu esille, että elektrolyytilaitosten kustannus olisi noin 560-685 eur/kW 2020 ja voisi tippua jopa 380-330 euroa/kW tasolle vuoteen 2030 mennessä (Ibáñez-Rioja ym., 2023; Galinova ym., 2023; Fasihi & Breyer, 2020). Tämänhetkinen kustannustaso on 10-kertainen näiden tutkimusten 2030-vuoden tavoitteeseen nähden.

Toinen tuore esimerkki tästä visiotason ja todellisten kustannusten välisestä erosta on VTT:n ja Luken juuri julkaistu Päästäjästä tuottajaksi- Hiilidioksiditaloudella arvonlisää Suomen metsäsektorille selvitys (Arasto ym., 2024). Selvityksessä ei suoraan esitetä vetytuotantolaitoksen investointiarvoa, mutta se voidaan päätellä liitetiedoston arvoista ja kuvaajan muuttujista. MAXCCS+H2 skenaarion mukaan vetytuotantoa varten tehtäisiin 5,9 miljardin euron investoinnit 2030 mennessä (Arasto ym., 2024, s. 27). Sähköä vetytuotanto tarvitsee 43 TWh kuvaajasta ja liitetiedosta päättelemällä. Kun arvioidaan vetytuotannolle tyypillinen 70% käyttöaste, niin elektrolyyssitehoa tarvitaan 9700 MW tämän skenaarion sähkömäärän käyttämiseen ja vetytuotantotavoitteen täyttämiseen. Vetyä tuotetaan yhteensä 0,8 Mt (Arasto ym., 2024). Investointiarvo jaettuna vetytuotantoteholla tarkoittaa, että investointiarvona ennusteessa on käytetty silloin noin 600 euroa/kW.

Arvio on kaksi kertaa enemmän kuin Galinova ym. (2023) käyttämä ennuste heidän tutkimuksessaan 2030 osalta, jota Lappeenrannan teknillisen yliopiston (LUT-yliopisto) monet muutkin ja edellä mainitut tutkimukset käyttävät, mihin äsken viitattiin. Se on noin viisi kertaa vähemmän kuin, mitä nyt ensimmäiset Suomeen valmistuvat teollisen mittaluokan vetytuotantolaitokset todellisuudessa maksavat. Syytä huomata, että Arasto ym. (2024) selvityksessä kyseessä on investointien keskiarvo vuosina 2024-2030, joten todellisuudessa heidän arviossaan vetylaitosten kustannus tulisi olla tätäkin alempi 2030 mennessä, jotta tähän keskiarvoon on mahdollista päästä. Tätä on vaikea pitää realistisena arviona nykyiseen kustannustasoon viitaten.



**Kuvaaja 5. Toteutuneet investointikustannukset aitojen hankkeiden osalta ja odotusarvo eri selvityksissä vuosien 2020-2030 välillä.**

On erikseen syytä mainita, että nämä tieteelliset tai white-paper tyyliset tutkimukset ja selvitykset eivät vaikuta vain teorian kehittymiseen, vaan niillä on suora vaikutus myös korkeampaan poliittiseen talousohjaukseen Euroopan tasolla. Euroopan tilitarkastustuomioistuimen (englanniksi: European Court of Auditors) tarkastusraportista 2024 ilmenee, että myös Euroopan Unionin komission on käyttänyt näitä tavoitteellisia arvioita elektrolyysituotannon kustannustason kehittymisestä (ECA, 2024). ECA:n selvitys peräänkuuluttaa lainsäädäntötyön sijaan realismia, jotta vetymarkkinat voivat syntyä, millä viitataan liian suuriin tavoitteisiin (ECA, 2024, s. 5).

Selvityksestä voidaan päätellä vetytuotannon investointien kustannustaso tarkemmin. ECA (2024, s. 21) mainitsee, että ”määritelmät elektrolyysikapasiteetin ja tuotantomäärien suhteen ovat epäselviä”. Euroopan Unionin edellinen komission, minkä toimikausi kesti 2019-2024, määritti REPowerEU suunnitelmassaan, että EU tuottaisi 10 Mt puhdasta vetyä 2030 mennessä. Tämän tavoitteen saavuttaminen edellyttää noin 140 GW elektrolyysituotantotehoa, mikä on 100 GW enemmän kuin edellinen saman komission asettama vetystrategian tavoitetaso (ECA, 2024, s. 22-23). Investointien kokonaistaso nousi näiden tavoitteiden välillä kuitenkin vain 22-42 miljardia (mrd) euron tasosta, 50-75 mrd euron tasoon (s. 46). Vetytuotannon systeemitason kustannuksena määritettynä tämä tarkoittaa noin 350-540 eur/kW keskimääräistä investointitasoa vetytuotannolla. Kustannusarvio on huomattavan alhainen Euroopan ja länsimaiden nykyiseen hintatasoon verrattuna (TNO, 2024; Tengler, 2024)

Kun puhutaan vetytaloudesta, vetymarkkinan luomisesta on syytä huomata investointikustannustason vaikutus tuen tarpeeseen. Jos investointikustannukset eivät tipukaan 10-osaan 2030 mennessä eli viidessä ja puolessa vuodessa, kuten moni arvio esittää, niin tukea tuotannon käynnistämiseen tarvitaan

enemmän. Toinen vaihtoehto on, että markkina maksaa erotuksen ja tämä tulee osittain tapahtumaan RED 3 direktiivin määrien osalta. Tuen määrä ei mene aivan yksi yhteen investointikustannusten kanssa nousun tai laskun kanssa, koska sähkön hinta on kokonaisuuden kannalta merkittävämpi tekijä, mutta tilanteen ongelmallisuutta tuskin tarvitsee erikseen korostaa vetymarkkinoiden syntyminen osalta. Boston Consulting Group nostaa tämän asian erityiseen huomioon heidän vetytuotantotason kustannus selvityksessään ja sen viimeisessä lauseessa:

*”Epärealistiset odotukset vedyn kustannustasosta, kilpailukyvästä ja skaalautumisen nopeudesta tekevät vetyteollisuudelle, sen asiakkaille ja yhteiskunnalle laajemmin karhunpalveluksen.” (Burchardt ym., 2023, s.8).*

Todellisten hankekustannusten ja visioiden välinen ero on todennäköisesti syynä siihen, mikseivät investoinnit tällä hetkellä etene. Kyse ei ole markkinoinnista tai sidosryhmäverkostojen luonnista. Asiassa tullaan saman asian äärelle kuten aikaisempien tuulivoimansuunnitelmienkin osalta. Hankesuunnittelu ja esisopimukset ovat moninkertaisesti halvempaa kuin varsinainen investointi. Martin Tengler eli BloombergNEF:n vetypuolen pääanalyytikko (2024) otsikoi vetytuotannon kustannus analyysiosionsa esityksessään toukokuussa 2024: ”Moving in the wrong direction.” (Tengler, 2024).

Nykyisiä kehitteillä olevia hankkeita ei auta, jos kustannustason ennustetaan olevan 5-10 kertaa vähemmän vain muutaman vuoden päästä, mutta ei niitä auta sekään, jos nämä arviot eivät vastaa millään tavalla todellisuutta. TotalEnergies yrityksen toimitusjohtaja kommentoi Euroopan Unionin 10 Mt vetytuotantotavoitetta, että ne ovat: ”Täysin mahdottomia ja, että on aika lopettaa uneksiminen: Vihreän vedyn hinta on keskimäärin ja parhaimmillaan 8 eur/kg.” perustuen heidän tarjouspyyntöönsä 0,5 Mt vedyn tarpeen osalta (Martin, 2024b).

Visiotason arviot, joissa ei ole välttämättä huomioitu kaikkia vetytuotantosysteemin kustannuksen osia toimivat nyt itseään ja tavoitetta vastaan hidastaen vetyalan kehitystä. Martin (2024e) artikkelin mukaan investointikustannusten nousu on osittain inflaation syytä, mutta kyse on myös siitä, että ”vetyalan hankkekehittäjät sisällyttävät nyt hankekustannuksiin muunkin tarvittavan laitteiston kuten BoP pelkän elektrolyysin lisäksi”.

Yhteenvetona tästä vetyalan investointitasoa selvittävästä kappaleesta voidaan sanoa, että puhdasta vety maailmaa tarkastellessa tai yksittäisiä hankkeita arvioitaessa on tärkeä selvittää, puhutaanko niissä visiotason kustannustasosta vai todellisista kustannuksista. Maakuntien osalta tämä visioiden ja todellisten kustannusten välinen ero tulee erityisesti huomioida, jos näiden hankkeiden edistymiseksi ollaan panostamassa merkittäviä julkisia resursseja.

## 2.4 Vetyhankkeiden arvonlisäyspotentialiaali ja työllisyys

Vetyhankkeiden arvonlisäyspotentialiaali on VEPE hankkeen keskiössä, mutta sen määrittäminen ei ole helppo yhtälö kuten esimerkiksi edellisen investointikustannuskappaleen perusteella voidaan huomata. Tässä kappaleessa ennen sidosryhmäanalyysiä käsitellään lyhyesti vetytuotannon arvonluonnin osatekijöitä kuten taloutta ja työllisyyttä. Tämä on pohjustavaa työtä VEPE hankkeen seuraavien työvaiheiden osalta, mutta auttaa myös ymmärtämään vetyalan hankkeiden piirteitä tarkemmin.

Vedyn tuottamisesta ja isoista laitoshankkeista julkaistaan paljon uutisia, mutta arvonlisäyksen kannalta ne eivät ole arvoketjun kannattavimpia osa-alueita. Kunnat ja kaupungit saavat kiinteistöistä

verotuloja, mutta arvoketjun potentiaalisen myynnin määrän mukaan muut vaiheet ovat huomattavasti merkittävämmässä roolissa. Vetyklusteri (2023) on muun muassa päätenyt jo aikaisemmin mainitussa strategia-arviossaan siihen, että vedyn tuotannon myyntipotentialin mukaan listattuna suurin arvo Suomessa 2035 mennessä on: Vetytuotanto 3 miljardia euroa, ammoniakki ja lannoitteet 2 miljardia, vetyteräs 10 miljardia ja synteettisten polttoaineiden 2 miljardia. Suurin arvonlisäysmahdollisuus on heidän mukaansa silti vetyyn liittyvien teknologioiden ja palvelujen myynnissä ja viennissä, minkä mahdollisuuden vetyklusteri on arvioinut 15-20 miljardin euron suuruiseksi vuosittaisen liikevaihdon mukaan. Näin ollen keskittyminen sidosryhmien ja ekosysteemis suunnitelmien osalta on syytä ohjata energian ja vedyn tuotannon lisäksi teknologiaan ja palveluihin. Se toisaalta on yksi vaikeimmin arvioitavista osa-alueista vetyalan varhaisen kehitysvaiheen takia.

Tässä yhteydessä on syytä erikseen mainita, että Vetyklusterin (2023) esittämien arvioiden lähes kaikki tärkeimmät oletukset perustuvat Guidehouse 2023 lähteeseen, mikä ei ole avoimesti saatavilla. Kriittiselle tarkastelulle olisi erityinen tarve, mutta se ei ole mahdollista. Tämä nostetaan mm. työllisyyden ja osaamistarpeen osalta tarkemmin esille kappaleessa 5.4.

Vetytuotannon ja teknologian & palvelujen osalta kyseessä on usein esille nouseva kumpi-tulee-ensin tilanne. Tarvitaan vetytuotantoon investoivia tuotantoyrityksiä, jotta tuotteita ja palveluja kannattaa kehittää, mutta toisaalta nämä eivät voi toteutua suomalaisten yritysten toimesta, jos näitä teknologia-palveluyrityksiä ei ole etupainotteisesti olemassa. Sen osalta voidaan puhua siis edelläkävijyydestä ja markkinanluomisesta, joista löytyy muiden alojen osalta esimerkkejä.

Jossain määrin näitä tekijöitä myös tosiaan löytyy Suomestakin ja osa niistä sijaitsee aivan Etelä-Pohjanmaan läheisyydessä kuten äsken mainittiin viitaten mm. Wärtsilän konetekniikkaan. Vetyklusterin (2023) työpaikka- ja arvonlisäys mahdollisuusarvioon tulee suhtautua kriittisesti, mutta Etelä-Pohjanmaankin osalta huomioitavaa on se, ettei vetytuotanto itsessään muodosta merkittävintä arvonlisäysosuutta eikä työpaikkoja. Tämä kannattaa huomioida VEPE selvityshankkeen ja sen tuottamien ekosysteemien, arvoketjuanalyysien ja viimeisenä toimintasuunnitelman osalta, jossa Etelä-Pohjanmaan mahdollisuutta vetytalouden suhteen pohditaan tarkemmin.

### 3 Sidosryhmien tunnistaminen

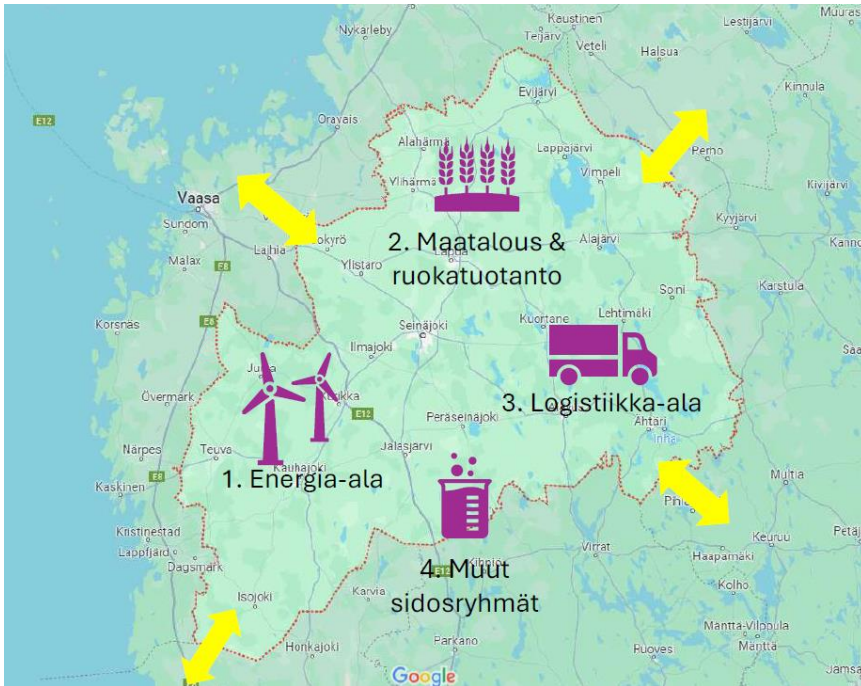
Kun puhutaan vetytaloudesta tai yritetään määrittää sen tulevaa rakennetta, niin olennaista on eri toimijoiden väliset toiminnalliset tai informatiiviset suhteet eli sidokset. Sidosryhmien kartoitus on olennainen osa vetytalouden reunaehtoja ja mahdollisuuksien määrittäystä. Kuten vetyalan nykytila-analyysissä tuotiin esille, tietty osa markkinaa on toteutumassa väistämättä mm. EU:n Red 3 direktiivin ansiosta, mikä velvoittaa vetytuotannon puhdistumaan. Sen osalta on syytä pohtia, mitä se tarkoittaa Suomessa ja voiko Etelä-Pohjanmaalla aktiiviset sidosryhmät edistää asiaa sekä Suomen että laajemman markkinamahdollisuuden näkökulmasta.

Etelä-Pohjanmaan alueen aluetalouden kannalta tärkeimmät vetyalan sidosryhmät ovat energiantuotanto, maatalous & ruokatuotanto, liikenne ja logistiikka sekä ympäröivät maakunnat ja heidän alueellensa sijoittuvat vetysuunnitelmat. Tulevaisuudessa näitä sidosryhmiä voi olla enemmänkin ja se on toisaalta VEPE-hankkeen tarkoitus, että mahdolliset uudet yhteydet voidaan tunnistaa ajoissa ja näiden kehittyminen voidaan mahdollistaa.

Vetyalan sidosryhmien merkitys riippuu siitä, mitä näkökulmaa halutaan painottaa kehittymisen vaikutuksesta. Energia-ala on joka tapauksessa yksi keskeisimmistä, koska ilman merkittävää määrää puhdasta sähköä puhdasta vetyä ei yksinkertaisesti voida valmistaa. Energia-alan puolesta puhuu myös se, että Etelä-Pohjanmaalla on paljon aktiivista toimintaa, mihin tässä sidosryhmäanalyysissä kiinnitetään erikseen huomio.

Maatalous ja ruokatuotanto on Etelä-Pohjanmaalla merkittävässä asemassa, ja alueella toimii huomattava määrä alan johtavia yrityksiä Suomessa kuten mm. Atria ja Valio. Ruokatuotannon prosessit vaihtelevat suuresti sen mukaan, mitä ruokaa valmistetaan, mutta niitä kaikkia yhdistää energiantarve ja fysikaaliskemiallisen prosessin ja laadun tarkka varmistaminen. Vetyä ei nykyisellään tarvita merkittävässä määrin osana ruokatuotantoprosessia. Aiemmin käynnistynyt VEP-hanke selvittää tätä mahdollisuutta erikseen tarkemmin, mutta tässäkin hankkeessa aihetta sivutaan ja pohditaan, että voisiko vety olla osa tulevaa ruokatuotannon arvoketjua. Vetyä käytetään jonkin verran kasvirasvojen tuotannossa, mutta lannoitepuolella on tunnistettu tarve vedyn ja siitä valmistettavan ammoniakille, mikä koskee epäsuorasti myös Etelä-Pohjanmaan puhtaan vedyn tarvetta (Palkia & Manninen, 2024).





**Karttakuva 2. Sidosryhmien luokittelu ja Etelä-Pohjanmaan tärkeimmät sidosryhmät vetytalouteen liittyen, joita hankkeessa selvitetään erikseen.**

Logistiikka-ala on luontainen arvoketjun osa-alue, jota kannattaa tarkastella vedyn hyödyntämisen näkökulmasta. Toisaalta se on hyvin kilpailtu ala, missä vedyn mahdollisuuden selvittäminen osaltaan auttaa ymmärtämään kuinka kilpailukykyinen vaihtoehto vety on rahdin kuljettamisen näkökulmasta esimerkiksi verrattuna suoran sähköistämisen vaihtoehtoihin. Energia, mitä tarvitaan tiesuoritteiden tekemiseen tai rahdin liikuttamiseen, on myös suhteellisen helposti laskettavissa, minkä pohjalta voidaan tehdä arvioita eri teknologioiden välisestä kehittyneisyydestä hankkeen myöhemmissä vaiheissa, jos näin nähdään tarpeelliseksi. Liikennepuolen vedyn hyödyntämisen suhteen liikkuu paljon erilaisia arvioita, joten tässä yhteydessä olennaista on tarkastella asiaa Etelä-Pohjanmaan alueellisen sijainnin näkökulmasta. Kun puhutaan liikenteestä, niin sen osalta ei voida sivuuttaa liikenteen sähköistymistä, mikä on jo käynnissä, joten sähköä ja vetyä on syytä vertailla keskenään, kun arvioidaan vedyn mahdollisuuksia liikenteen eri käyttökohteissa.

Liikenteen, energia-alan ja ruokatuotannon lisäksi sidosryhmäanalyysissä perehdytään Etelä-Pohjanmaata ympäröivien maakuntien vetytalouteen ja vedyn hyödyntämiseen sekä tuottamiseen liittyviin suunnitelmiin. Etelä-Pohjanmaan vetyyn liittyvät toimintasuunnitelmat ja tavoitteet ovat sidoksissa alueen ja myös kansallisen tason markkinaympäristön kehittymiseen. Tätä käsiteltiin jo tarkemmin selvityksen toisessa kappaleessa, mutta tässä kohtaa otetaan huomioon alueellinen kehittyminen.

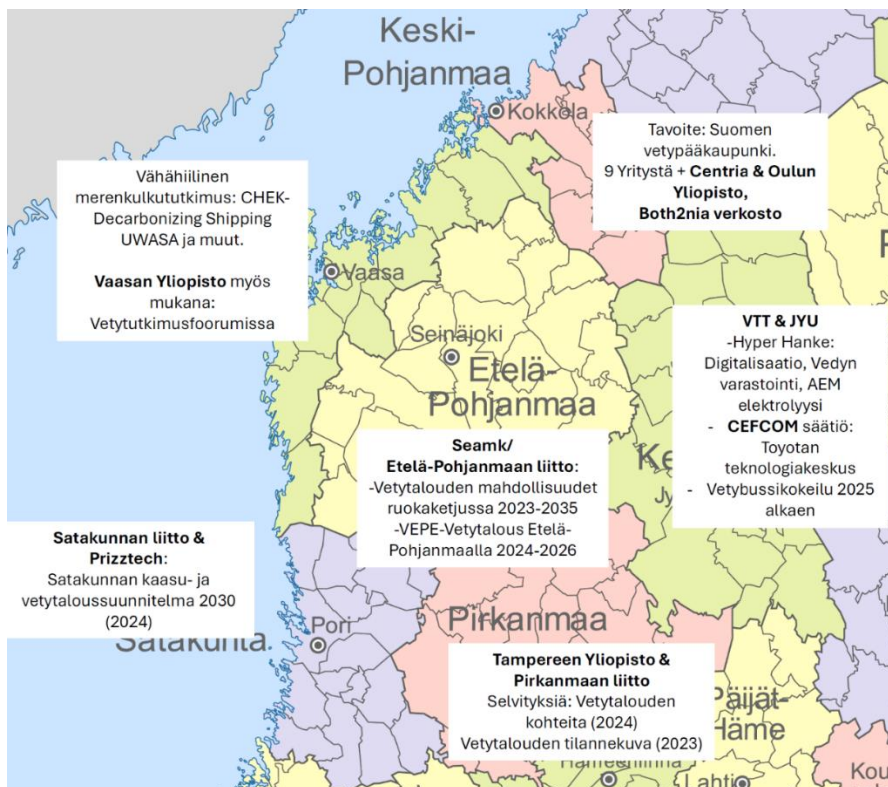
Muita vetyalaan tai mahdolliseen tulevaan vetytalouteen liittyvät sidosryhmiä huomioidaan tapauskohtaisesti nostaen esille toimijoita, jotka voisivat hyötyä puhtaasta vedystä. Sidoksissa analyysin tarkoitus ei ole olla luonteeltaan kaiken kattava selvitys vedyn käyttökohteista ja niihin liittyvistä tahoista, vaan nostaa nykytiedon valossa esille tärkeimmät toimijat, jotka vetyyn liittyvät.

Tässä selvityksen kolmannessa kappaleessa keskitytään VEPE hankkeen suunnitelman vaiheeseen 1.1. ja mikä on keskeisten sidosryhmien tunnistaminen. Alueen tilanteen ja suunnitelmien kartoittaminen (1.2.) tapahtuu myös maakuntien osalta tässä kolmannessa osiossa, mutta verkko-yhteyksien osalta se

käsitellään tarkemmin kappaleessa neljä. Ensimmäisen työpaketin neljäs osio eli tarpeiden tunnistaminen (1.3.) käsitellään tämän selvityksen viidennessä osiossa.

### 3.1 Naapurimaakuntien vetyselvytykset ja suunnitelmat

Etelä-Pohjanmaa sijaitsee vetyyn liittyvien hankkeiden ja suunnitelmien osalta strategisesti alueen keskellä. Siinä mielessä on yllättävää, että Seinäjoelta tai ympäröivältä seudulta ei löydy vetyyn tai vetytalouteen suoraan liittyviä julkisia hankesuunnitelmia. Maakuntatarkastelun voisi laajentaa myös välittömien naapurimaakuntien ulkopuolelle, koska Etelä-Pohjanmaalle valmistuneet ja valmisteteilla olevat tuulivoima- sekä aurinkovoimahankkeet vaikuttavat välillisesti myös laajemmin. Toisaalta parhaimmat vertailukohtat maakunnan tilanteeseen saadaan vertaamalla, mitä ympäröivissä maakunnissa tapahtuu. Etelä-Pohjanmaata ympäri: Satakunta, Pirkanmaa, Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa sekä Keski-Suomen maakunnat, joita käsitellään erikseen seuraavassa osiossa. Tämän osion tarkoituksena on olla vertailukohta tutkimustiedon asettamalle tavoitetasolle, jota Etelä-Pohjanmaalla voidaan ajatella puhtaasti vedyn suhteen. Varsinaisia vetyyn liittyviä hankkeita käsitellään osittain samassa yhteydessä, mutta hieman tarkemmin erikseen maakunta-analyysin jälkeen.



Karttakuva 3. Maakuntien vetyselvytyshankkeet

#### 3.1.1 Keski-Pohjanmaa

Suurin osa Suomen julkistetuista suunnitteilla olevista vetyhankkeista keskittyy melko kapealle rannikkokaistaleelle. Muutama alue kuten esimerkiksi Kokkolan satama ja samalla Keski-Pohjanmaan maakunta nousee erityisesti esiin. Kokkolassa hankkeita on vireillä jopa vähintään kolmen merkittävän vetytuotantolaitoksen osalta ja ne kaikki keskittyvät Kokkolan satama-alueelle. Sen lisäksi Hycamite Technologies on kotoisin kokkolasta, jonka vetytuotantolaitos toimii jo. Alueella on ennestään huomattava

merkitys mm. metallituotteiden jalostamisessa, jossa uutena lisänä on valmistumassa Sibaene Stillwaterin Keliberin kaivoshankkeeseen liittyvä litiuminjalostuslaitos.

Nämä hankkeet huomioiden ei ole yllättävää, että yhdeksän merkittävää yritystä mm. Plugpower, Flexens ja Hycamite, TCD Technologies ja kaksi alueen korkeakoulua Centria ammattikorkeakoulu ja välillisesti liittyvä Oulun Yliopisto julkaisivat aiesopimuksen, minkä tarkoituksena on ”vauhdittaa uusiutuvan energian käyttöä teollisuudessa ja liikenteessä” (Haavisto, 2023). Hankkeen ensimmäisenä käytännön toimenpiteenä on käynnistynyt Centria Ammattikorkeakoulun vetämä esiselvityshanke Kokkolan ja Keskipohjanmaan vetytalouden arvoketjusta (Centria ammattikorkeakoulu, 2024). Jossain määrin kyse on siis samankaltaisesta selvityksestä kuin tämä VEPE hankkeessa, jonka puitteissa tämä ensimmäinen sidosryhmäanalyysi ja vetytalouden nykytila-analyysi julkistetaan.

Kokkolan alueen vetyekosysteemiaiesopimuksen tavoitteena on olla mahdollistamassa rannikkoseudun vetylaakson rakentumista, mikä tähtää siihen, että Kokkola voisi olla ”Vetytalouden ja vähähiilistämisen suomalainen pääkaupunki” (Kemia media, 2023). Vaatimustaso on jossain määrin jopa perusteltua, sillä Keski-Pohjanmaalla on yksi suurimmista vetyhankekeskittymistä ottaen huomioon edellä mainitut yritykset, vaikka maakunnan pinta-ala on Suomen kolmanneksi pienin ja väkiluku (67 772) Suomen toiseksi pienin (Tilastokeskus, 2022). Tämä voi toisaalta tarkoittaa sitä, että he välttämättä eivät pysty vastaamaan tähän vaativaan tavoitteeseen yksin. Etelä-Pohjanmaan alueen sidosryhmien kannattaa olla aktiivisesti mukana tukemassa Keski-Pohjanmaan vetykeskittymän edistymistä siltä osin kuin se edistää myös Etelä-Pohjanmaan alueellista kehittymistä.

### 3.1.2 Keski-Suomi

Keski-Suomi ei ole Etelä-Pohjanmaan tavoin paistatellut uutisissa vetyhankkeisiin liittyen, mutta taustalla silti tapahtuu suunnitelmatason kehitystä. Jyväskylän teknillinen seura piti Vetytalouden toteuttaminen Keski-Suomessa nimisen seminaarin toukokuussa 2024, jota voidaan jossain määrin pitää merkittävänä sen huomattavan nimekkään osallistujalistan osalta (Jyväskylän Teknillinen Seura, 2024). Keski-Suomen liitto ja paikallinen myös vetytalouden tekniikkaan liittyvä insinööritoimisto Elomatic oli yhteistoteuttamassa Petri Tuomisen YAMK tason opinnäytetyötä, jossa selvitettiin Keski-Suomen asemaa vetytalouden toimintaympäristönä (Tuominen, 2024). Siinä nostetaan esille mahdollisuutena neljä vetytalouden arvoketjua, jotka ovat: Liikenne ja liikkuminen-arvoketju, Vedyn jalostusarvoketju sekä kaksi muuta vetyteknologian-osaamiseen liittyvää arvoketjukokonaisuutta.

Yksi merkittävin Keski-Suomen viimeaikaisista vetyalan selvitysuutisista on ollut VTT:n ja Jyväskylän Yliopiston yhteinen kaksi vuotta kestävä (2024-2025) HyPER-hanke jonka yhteydessä pilotoidaan vedyn varastointia sekä anion exchange membrane (AEM) elektrolyysimenetelmää sitä varten rakennetussa testauslaboratoriossa (Jyväskylän Yliopisto, 2024). Sen lisäksi hankkeessa kartoitetaan vetyyn liittyviä liiketoimintamahdollisuuksia.

Ajankohtainen uutiskatsaus huomioiden on syytä mainita myös paikallisen tutkimustoiminnan ja japanilaisten yritysten sekä Toyotan WRC rallitiimin (virallinen nimi: Toyota Gazoo Racingin World Rally Team (TGR-WRT) paikallinen merkitys, mikä korostuu osittain liikenteeseen liittyvän vetytalouden tulokulmana. Jyväskylän kaupunki ja Toyota Mobile Foundation sopivat tammikuussa 2024 perustavansa CEFMOF (Central Finland Mobility Foundation) yhteistyösäätiön. Sen yhtenä konkreettisenä tavoitteena on rakentaa hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen tähtäävä teknologiakeskus, jonka yhteydessä puhe on myös laajemmasta hiilineutraalin, kestävän ja monipuolisen yhteiskunnan saavuttamisesta (Rieki,

2023). Yhteistyösopimuksen painoarvoa korostaa se, että Toyotan hallituksen puheenjohtaja Akio Toyoda kunnioitti aiesopimuksen allekirjoittamista olemalla mukana tilaisuudessa kesällä 2023.

Tuoreimmat uutiset CEFMOF:n ja Jyväskylän kaupungin yhteistyön osalta kertovat, että hanke on johtamassa suhteellisen pian konkretiaan, minkä yhteydessä Jyväskylässä käynnistyy vetykäyttöisen paikallisliikenteen kokeilu 2025 (Jyväskylä, 2024). Kokeilun yhteydessä rakennetaan Suomen ensimmäinen vihreän vedyn tankkausasema ja paikallisliikenteen käyttöön tulee viisi vetykäyttöistä bussia. Hankkeen tavoitteena on selvittää ”vihreiden vetybussien suorituskykyä pohjoisissa olosuhteissa ja edistetään kestävästä kaupunkiliikennettä”.

Jyväskylän vetytankkaus ja paikallisliikennealueenhanke on siinä mielessä erikoinen kokonaisuus, että paikallisliikennettä operoiva Jyväskylän liikenne teki päätöksen siirtyä sähköön, biodieseliin ja biokaasuun 2024 kesään mennessä, mikä tarkoitti yli 30 miljoonan euron investointia ja 64 sähköbussin hankkimista (Lassuri & Rantanen, 2023). Ensimmäiset kokemukset sähköstä ovat olleet positiivisia eikä talvikäytössä ole ollut ongelmia (Rantanen, 2024). Kanadan Quebecissa on ollut vastaava vetytankkaus ja -käyttö testi käynnissä talvisissa olosuhteissa, mutta tulokset eivät ole kovin rohkaisevia. Vetytankkaus ei onnistunut talviaikaan 37% käyttökerroista, kun sitä yritettiin tammi-maaliskuun aikana (Barnard, 2024). Jyväskylä vetyhanketta voi kuitenkin pitää siinä mielessä perusteltuna, että nämä alkavat olla vedyn osalta viimeisiä yrityksiä tässä nimenomaisessa käyttökohteessa ottaen huomioon muuten lähes kokonaan sähköistyvät paikallisliikenteen kulkuneuvot.

### 3.1.3 Pirkanmaa

Pirkanmaa sijaitsee Etelä-Pohjanmaan eteläpuolella ja maakunnassa on tehty myös muutama kattavampi tuore selvitys vetytalouteen liittyen. Niistä esille on syytä nostaa ”Esimerkkejä vetytalouden kohteista Pirkanmaalla”, Pirkanmaan vetyekosysteemin rakentamisen ja koordinoinnin toimintamalli sekä ”Pirkanmaan vetytalouden tilannekuva” selvitykset, jotka kaikki on toteutettu vuoden 2023 loppuun mennessä tai vuoden 2024 aikana. Pirkanmaan liitto on toiminut näissä hankkeissa joko toteuttajana, osatoteuttajana, tai rahoittajana (Lintunen, 2023; Majanne, 2024).

”Vetytalouden tilannekuva” selvityksessä on arvioitu, että Pirkanmaan potentiaalinen vetytuotanto voisi olla 6000 t ja 20 000 t välillä, mikä perustuu arvioon, että Pirkanmaalla voitaisiin käyttää 1 TWh sähköä vedyntuotantoon. Tämän tavoitteen osalta Pirkanmaan osuutta ei voi nähdä kovinkaan mittavana Suomen kokonaisvetytuotantopotentiaalın suhteen (Lintunen, 2023). Vertailun vuoksi, Keski-Pohjanmaan Kokkolan satama-alueelle suunnitteilla olevat vetyhankkeet pitävät sisällään noin 2000 MW elektrolyyseritehoa ja toteutuessaan ne tarvitsisivat 70% käyttöasteella sähköä noin 12 TWh vuodessa eli yli 10-kertaa enemmän kuin Pirkanmaan liiton tekemässä vetytuotant selvityksessä on määritetty tuotantopotentiaali Pirkanmaalla.

Pirkanmaan vetytalouden ekosysteemin ja erityisesti potentiaalisten tuulivoima-alueiden osalta huomionarvoista on, että ne painottuva sijainnin puolesta selkeästi Pirkanmaan länsi- ja pohjoisosiin (Lintunen, 2023 s. 14). Näin ollen ne voivat vaikuttaa alueella käytettävissä olevaan sähköverkkokapasiteettiin ja Samalla Etelä-Pohjanmaan tuulivoimahankkeiden sähköverkkosuunnitelmiin. Alueen sähköverkkosuunnitelmat painottuvat Kristiinankaupunki-Tampere välille ja Alajärvi-Toivila akselille, mikä näyttää osittain ohittavat Etelä-Pohjanmaan ja Pirkanmaan rajaseudun.

Mielenkiintoisesti edelliseen Keski-Suomen vetybussihankkeeseen viitaten Majanne (2024) selvitti ”Vetytalouden käyttökohteita” raportissa myös paikallisliikenteen linja-autojen mahdollisuutta siirtyä vetyyn. Majanne viittaa analyysissään mm. Italiassa tehtyyn tutkimukseen todellisen käyttökokeen osalta,



jossa vetybussin kilometrikustannukset olivat 2,3 kertaiset sähköiseen verrattuna. Hänen johtopäätöksensä on, että: ”akkusähköbussit tulevat olemaan teknologia, jolla päästötön kaupunkiliikenne tullaan tulevaisuudessa toteuttamaan kustannus- ja saatavuussyiden takia” (Majanne, 2024, s. 30).

Vetyhankkeiden osalta Pirkanmaalla huomattavaa on Ren-Gas Power-to-Gas P2X hankkeen kehityssuunnitelma Tampereelle, missä yhteydessä he tuottavat vetyä ja siitä edelleen e-metaania käytettäväksi energiana tai liikenteen polttoaineena. Sen lisäksi Gasgridin alustavan vetyputkisuunnitelman hankelinjaus menee Tampereen, Nokian ja Sastamalan kautta länsirannikolle (Majanne, 2024). Vaikka hankkeiden osalta Pirkanmaalla tapahtuu asioita, on syytä silti huomata, että kumpikaan edellä mainituista hankkeista ei ole edennyttä vielä investointipäätökseen asti.

### 3.1.4 Satakunta

Satakuntaliitto on toteuttanut vetyyn liittyviä selvityksiä ja niistä kattavin on Satakunnan kaasua- ja vetytaloussuunnitelma 2030 (Luhtanen & Vuorela, 2023). Huomion arvoista Satakunnan osalta on se, että Suomen ensimmäinen vesielektrolyysiin perustuvat teollinen tuotantolaitos on valmistumassa suunnitelmien mukaan Harjavaltaan 2024. Toinen asia, mikä on Satakunnan energiatalouden kannalta merkittävää, että Olkiluodon ydinvoimalaitos alue, mikä sijaitsee maakunnan alueella ja tarkoittaa sitä, että Satakunnassa tuotetaan 40% Suomen sähköstä.

Satakunnan vetytaloussuunnitelmassa on suunniteltu, että vety- ja synteettisiä polttoaineita varten olisi käytettävissä 8 TWh sähköä (Luhtanen & Vuorela, 2023). Kyseessä ei olisi siis vedyn väriterminologian mukaan välttämättä vihreää vetyä, mikä vaatii uusiutuvaa sähköä, mutta yhtä kaikki ydinvoimalla tuotettu sähkö on myös päästötöntä. Jos maakuntia halutaan vertailla keskenään, niin 8 TWh on 8-kertaa enemmän kuin Pirkanmaan vetyyn käytettävä sähkö, mutta 1/3 vähemmän kuin Keski-Pohjanmaalla tarvitaan sähköä kaikkien julkaistujen suunnitelmien toteuttamiseen.

Satakunnan vetysuunnitelmien puolesta puhuu se, että merkittävä määrä sähköntuotantoa tarkoittaa myös huomattavaa olemassa olevaa verkkokapasiteettia, minkä yhteyteen paljon sähköä tarvitsevat vetytuotantolaitokset on helpompi liittää. P2X solutions vetylaitoksen lisäksi Nordic Ren-Gas suunnittelee 40 MW P2X tuotantolaitosta Poriin Kaanaan voimalaitoksen viereen, josta se saisi prosessiin tarvittavan hiilidioksidia. Sen lisäksi Ren-gas on julkaissut toisen hankkeen, mikä sijoittuu myös Poriin ja tarkemmin Kirrinsannan teollisuusalueelle. Siellä hankekoko on 300 MW, mitä on pidettävä huomattavana alueen muihin suunnitelmiin verrattuna (Ren-gas, 2024). Suunnitteilla ja osittain myös Harjavallan osalta rakenteilla oleva vetyhankeportfolio ei siis vastaa vetytaloussuunnitelmassa esitettyä mahdollisuuden tasoa. Nykyiset hankkeet kuluttaisivat sähköä noin 2,2 TWh, mikä neljäsosa tavoitetasoon rajatusta 8 TWh mahdollisesta tasosta vuonna 2030.

Gasgridin suunnittelema vetyputken alustava linjaus johtaa Satakunnasta kolmeen eri suuntaan: Etelään, kohti Raumaa ja Turkua, Itään, kohti Tamperetta, sekä Pohjoiseen, kohti Vaasaa (Gasgrid, 2023). Tämä mahdollistaa monipuoliset vedyn tuotantosuunnitelmat myös kaasuputkiverkoston puolesta, mutta on syytä mainita, että näillä näkymin vetyä tullaan ensi sijassa käyttämään paikallisten tuotantokeskusten yhteydessä jalostukseen, jolloin vetyverkoston saatavuus on todennäköisesti toissijaista. Ren-Gas suunnitelmat perustuvat myös e-metaaniin, mitä ei voi kuljettaa vedyn kanssa samassa putkessa (ren-gas, 2024). Vedyn kuljetus putkessa on silti selkeästi edullisin tapa siirtää sitä paikasta toiseen, mutta nykyinen tuotannon kustannustaso ilman kuljetustakin on niin korkea, että vetyä tuskin siirretään merkittäviä määriä ennen 2030-lukua. Tähän palataan vetytuotannon tarpeet, eli viidennessä kappaleessa.

### 3.1.5 Pohjanmaa

Pohjanmaan maakunta on sekä asiantuntemuksen, että maantieteellisen muotonsa puolesta monessa mukana vetyyn liittyen. Gasgridin putkilinjausehdotus lävistää maakunnan alueen etelästä pohjoiseen noin 240 kilometrin matkalla, mikä on merkittävää myös Etelä-Pohjanmaan näkökulmasta, koska samalla se kiertää Etelä-Pohjanmaan. Se on omiaan lisäämään kiinnostusta vetytalouteen, vedyn tuotantoon ja jalostuksiin liittyviin hankkeisiin. Maakunnassa on muutama isompi julkistettu vetyhanke viireillä, joista merkittävimmät ovat Plug Powerin ja CPC-Finlandin hankekehityssuunnitelmat Kristiinankaupungissa. Näiden kahden hankkeen yhteenlaskettu elektrolyysiteho on noin 1200 MW, mikä on huomattava määrä, mutta silti huomattavasti vähemmän kuin Keski-Pohjanmaalla, jossa teho ylittää 2000 MW. Hankkeista CPC-Finlandin laitos on todennäköisesti lähimpänä toteutua, koska CPC Finlandin omistukseen on valmistunut myös huomattavan paljon tuulivoimaa Kristiinankaupungin välittömään läheisyyteen.

Etelä-Pohjanmaan Karijoen ympäristöstä on vain noin 20 kilometrin matka Kristiinakaupunkiin, mikä selittää sitä, että osa näistä CPC:n omistamista tai osaomistamista tuulivoimapuistoista sijaitsee myös Etelä-Pohjanmaan maakunnan puolella. Tuulivoimapuistojen omistajille maakunnalla tuskin on suurta, jos minkäänlaista merkitystä, minkä maakunnan alueella voimalaitokset sijaitsevat, mutta pienille kunnille nämä ovat merkittäviä verotulojen lähteitä kiinteistöveron muodossa. Pohjanmaan eteläosissa tapahtuu siis asian suhteen huomattavan paljon suunnittelun tasolla, missä Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan intressit kohtaavat energiatekniikan ja vetytuotantosuunnitelmien tasolla.

Vaasasta eli Pohjanmaan maakunnan keskuksesta voidaan puhua erityisenä teknologiakeskuksena, mikä pitää sisällään kansainvälisesti toimiva teknologiayrityksiä ja tuotekehitysosastoja kuten Wärtsilän ja ABB:n. Yritysten ja paikallisten korkeakoulujen välinen yhteistyö on viime aikoina tarkoittanut yhteisiä hankkeita myös vetyyn liittyen. Näistä yksi merkittävin on CHEK-hanke (Decarbonizing Shipping by Enabling Key Technology Symbiosis on Real Vessel Concept Designs), jossa nimensä mukaisesti tutkittiin teknologiota, joilla laivaliikenteen päästöjä voidaan vähentää (Vaasan Yliopisto, 2021). Vaasan Yliopisto toimi kansainvälisen hankkeen koordinaattorina, jossa oli vakuuttava kattaus meriteknologia-alan yrityksiä. Hankkeen yhteydessä tutkittiin vetyä vaihtoehtoisena polttoaineena ja erityisesti vety-moottoria Wärtsilän toimesta, minkä yhteydessä alueen tutkimusinfrastruktuuri on täydentynyt kaasumaisten polttoaineiden hyödyntämisen osalta. Hanke päättyi toukokuussa 2024.

Tutkimustoiminnan suhteen Vaasan Yliopisto tekee muutakin aktiivista yhteistyötä paikallisten korkeakoulukumppaneiden kuten myös Seinäjoen ammattikorkeakoulun (SeAMKin) kanssa. Erityisesti on syytä mainita tätä VEPE-hanketta edeltävä ja edelleen jatkuva VEP-hanke eli vetytalouden mahdollisuudet Etelä-Pohjanmaan ruokaketjussa hanke, mikä käynnistyi 2023 ja jatkuu vuoteen 2025 asti. Se selvitys on pitänyt sisällään jo huomattavan määrän vetyteknologiaan liittyvää kirjallisuuskatsausta ja valmistuessaan tarjoaa Etelä-Pohjanmaan osalta merkittävää lisätietoa ruuantuotannosta ja vetyteknologian hyödynnettävyydestä.

Pohjanmaan maakunnan osalta on nähtävissä mielenkiintoista erikoistumista, mikä pohjautuu alueen ennestään vahvaan teknologiseen osaamiskeskittymään. Se on nähtävä ehdottomasti vetytalouden yhteydessä voimavarana maakunnille, mikä ja ohjaa kehitystä arvoketjun asteikon korkeimmalle tasolle. Maakuntien resurssit ovat kuitenkin yleensä rajalliset, kun otetaan huomioon vetyteknologian kehittyneisyysaste ja kustannustaso.

### 3.1.6 Etelä-Pohjanmaa

Etelä-Pohjanmaan alue on siitä erikoinen kokonaisuus vetyyn liittyvien suunnitelmien osalta, että strategisesti ja alueellisesti se sijaitsee näiden hankkeiden keskellä, mutta tähän tietoon alueella ei ole suoraan vetyyn liittyvää suunnitteilla olevaa tuotantoa tai liiketoimintaa kuten aiemmin mainittiin. Energiantuotantoa on kyllä rakentunut huomattava määrä viime vuosina ja tuuli- ja aurinkovoimaa on sekä rakenteilla että suunnitteilla, mutta julkisesti esitellyt vetylaitossuunnitelmat sijaitsevat muualla. Osaselitys tälle on todennäköisesti logistinen, sillä suurin osa Suomen vetyhankkeista sijaitsee rannikolla, mistä on suora yhteys satamien kautta Eurooppaan ja maailmalle. Varhaiset vetyhankkeet näyttävät keskittyvän meren rannalle, josta vetyjaloste tuotteita kuten esimerkiksi e-metaania voidaan viedä suoraan ulkomaille. VEPE hankkeen yhtenä tärkeänä tehtävänä on selvittää, mikä on vedyn logistinen kustannus sen eri jalosteiden osalta Etelä-Pohjanmaan näkökulmasta.

Vedyn tierahtikuljetus on monissa eri skenaarioissa osoitettu mahdolliseksi vain hyvin lyhyillä etäisyyksillä, koska kustannukset nousevat nopeasti matkan kasvaessa. Esimerkiksi Valtioneuvoston Selvitys ja Tutkimustoiminnan julkaisussa, vedyn kuljettaminen tierahtina sen eri olomuodoissa on nähty olevan kannattavaa muihin ratkaisuihin verrattuna vain alle 500km matkoilla ja niilläkin kustannus nousee noin 1-2 euroon/ vetykilo (Sivill ym., 2022, s. 144). Sinällään tämä voisi tarkoittaa lyhyiden välimatkojen tierahtimahdollisuutta, mutta kustannus on lisäinen suhteessa laitoksiin, jotka eivät tätä logistista vaihetta tarvitse. Toisaalta ylimääräiset logistiset vaiheet lisäävät logistiikan monimutkaisuutta sekä vetyhäviöitä, joita vedyn kuljetuksen ja varastoinnin aikana väistämättä tapahtuu mm. kompressoinnin yhteydessä.

VEP-hanke eli vetytalouden mahdollisuudet ruokaketjussa on pitkällä selvityksissään vetyalan ja ruokaketjun mahdollisuuksien suhteen. Toivottavasti se valmistuessaan antaa suuntaviivoja siihen, miten Etelä-Pohjanmaan maakunta voi vahvistaa asemaansa ruokatuotannon energiamaailman muutosten ollessa yhä ajankohtaisempia. VEPE-hanke on jatkumoa tälle kehitystyölle, mutta tarjoaa laajemman näkökulman vetytalouden arvoketjuihin ja Etelä-Pohjanmaan mahdollisuuksiin näiden osalta. Sen takia on hyvä perehtyä siihen, mihin päätelmiin muissa varsinkin naapurimaakunnissa on päädytty, jossa konkreettisia hankkeita on myös vireillä kuten tässä selvityksen kappaleessa tehdään. Etelä-Pohjanmaan roolia vetytaloudessa ei määritä pelkästään tahtotila, vaan vetytalouden teknisekonominen kehitys, jota käsiteltiin aiemmin muun muassa kappaleessa 2.3.

### 3.1.7 Vetyhankkeiden tilanne naapurimaakunnissa

Suurin osa Suomen julkisesti tiedossa olevista vetyhankkeista keskittyy pääosin vedyn jatkojalosteiden tuotantoon, mutta vety mainitaan usein myös yhtenä tuotteena (Elinkeinoelämän keskusliitto, 2024). Toinen merkittävä vetyä todennäköisesti tulevaisuudessa tarvitseva teollisuuden ala on terästeollisuus, minkä osalta investointisuunnitelmat ovat myös monella mittarilla hyvin mittavia toteutuessaan. Näistä merkittävimmät ovat Inkoon Blastr Green Steelin vetyteräshanke, minkä YVA vaihe on parhaillaan menossa sekä Raahen olemassa olevan terästehtaan muuttaminen päästöttömäksi. Tuoreimmat uutiset Inkoon tehtaan osalta kertovat siitä, että hanke tuskin valmistuu ennen 2020-vuosikymmenen loppua, vaikka alun perin tuotannon piti käynnistyä jo 2026 (Pelli, 2024a). SSAB:n Raahen tehtaan muuttaminen päästöttömäksi viivästyi myös SSAB:n päättäessä, että ensimmäisen vaiheen vetyterässuunnitelmat toteutetaan Ruotsin tehtaalla (Pietarinen, 2024). Suomen päästöjen vähennyksen kannalta Raahen tehtaan muuttaminen sähkön ja vedyllä pelkistetyn rautasiemenen varaan on äärimmäisen tärkeää, koska

Raahen tehdas yksin tuottaa yli 9% koko Suomen hiilidioksidipäästöistä (Siekkinen, 2024). Muun yhteiskunnan päästöjen vähentyessä tämä osuus vain kasvaa, kunnes se ratkaistaan.

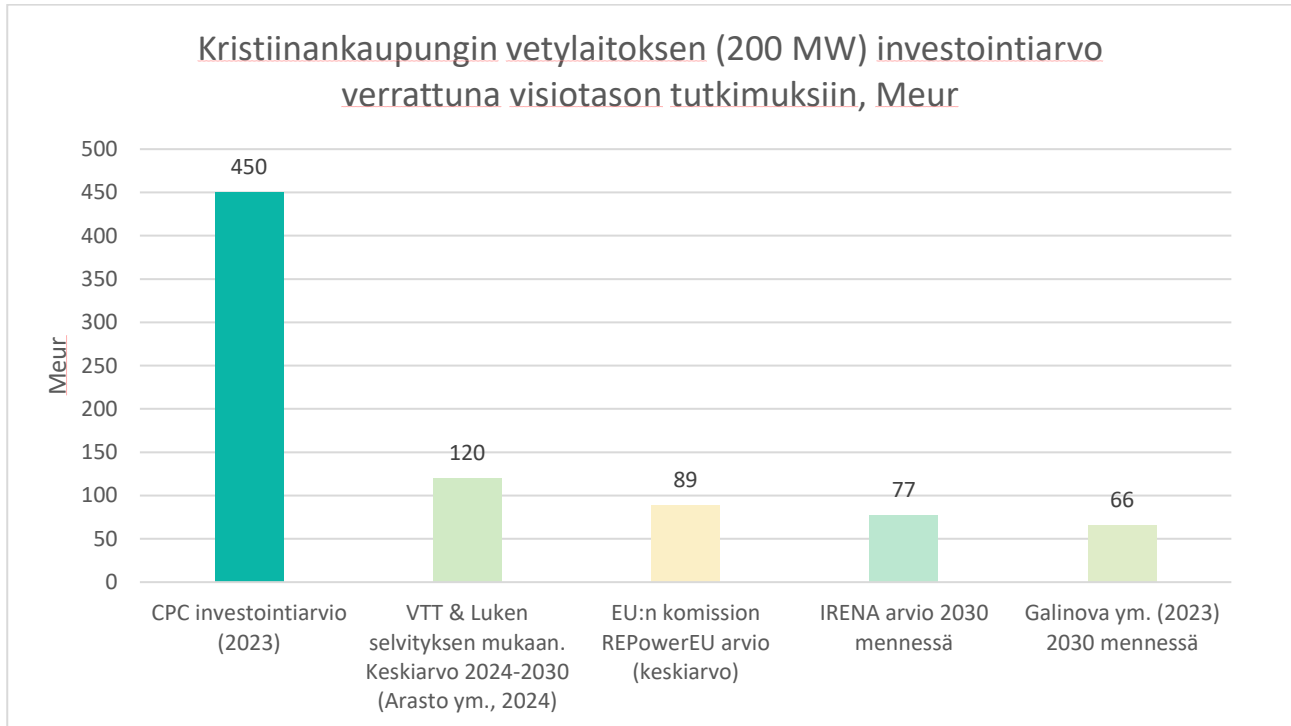
Vetyteräs ei suoranaisesti liity Etelä-Pohjanmaan vetytalous tilanteeseen, mutta merkittävien sähkötarpeiden takia näiden hankkeiden vaikutusalue koskee koko Suomea. Esimeriksi Inkoolle suunnitellun vihreän terästehtaan sähkötarve pelkän vedyn valmistuksen osalta on noin 6-7 TWh ja kokonaisuuden suhteen 7-10 TWh (Ympäristö, 2023). Toteutuessaan se olisi 8-9% lisäys koko Suomen vuoden 2023 sähköntarpeeseen (Energiateollisuus ry, 2024). Raahen terästehtaan muuttaminen päästöttömäksi tarvitsee sähköä suurin piirtein saman verran.

Lähempänä Etelä-Pohjanmaata tapahtuu myös paljon vetyhankkeiden osalta kuten aiemmin naapurimaakuntien vetytalousselvitysten ja suunnitelmien osalta mainittiin. Merkittävimmät suunnitelmakeskittymät löytyvät Keski-Pohjanmaalta Kokkolasta ja Kristiinankaupungista, Pohjanmaan maakunnan alueella. Nämä ovat etäisyydeltään hyvin lähellä Etelä-Pohjanmaata ja ovat todennäköisesti jo ennen toteutumistaan vaikuttaneet Etelä-Pohjanmaan sähkön tuotantoinvestointeihin. Esimerkiksi Kristiinankaupunkiin synteettisen e-metaanin 450 miljoonan euron arvoista tuotantolaitosta suunnitteleva CPC-Finland Oy on suunnitellut alueelle jopa 500 MW edestä tuulivoimahankkeita ja 100 MW aurinkovoimaa (Kuivasmäki, 2023 & Närhi, 2022). Näistä suunnitellusta tuulivoimasta 340 MW on toteutunut lähelle Kristiinankaupunkia, mutta Pohjanmaan sijaan Etelä-Pohjanmaan maakunnan puolelle neljään eri tuulivoimapuistoon entisen Tuulivoimayhdistyksen ja nykyisen Suomen uusiutuvat ry:n karttatietojen mukaan (Suomen uusiutuvat ry, 2024). Työpaikkoja vetytuotantolaitoksen yhteyteen syntyy silti vain 25-30, jos hanke toteutuu, mikä vahvistaa käsitystä vetytuotannon työvoiman vähäisestä tarpeesta (Björklund, 2022).

CPC Finlandin hankkeen osalta on syytä mainita, että heidän investointikustannusarvio, ja 200 MW laistoteho vahvistaa aiempaa käsitystä investointikustannusten tasosta. Kristiinankaupungin hankkeen tehon ja 450 miljoonan euron investointiarvon mukaan investointiarvoksi saadaan 2250 euroa/kW. CPC:n arvion osalta on syytä mainita, että se on esitetty vuoden 2022 lopussa ja monissa hankkeissa on havaittu sen jälkeen kustannustason kasvua, mutta tätä voidaan käyttää suuntaa antavana arviona.

Palataksemme hetkeksi investointikustannusten eroihin alueellisesti merkitsevän hankkeen osalta, niin VTT ja Luken esittämään investointiarvoon viitaten, investoinnin tulisi olla vain noin 120 miljoonaa euroa Arasto ym. (2024) selvityksen mukaan. Galinova ym. (2023) tutkimuksessa esittämään arviotason mukaan investoinnin pitäisi olla 66 miljoonaa euroa 2030 mennessä eli lähes 8-kertaa vähemmän kuin todellinen investointiarvio. Samassa yhteydessä voidaan retorisesti kysyä, että miksi CPC Finland investoisi tehtaaseen nyt, jos investointikustannukset tippuvat muutamassa vuodessa näin dramaattisesti?





**Kuvaaja 6. Kristiinankaupungin CPC-Finland vetytuotantolaitoksen investointiarvio ja sen vertautuminen siihen, mitä investointitaso tulisi olla muiden arvioiden perusteella.**

CPC-Finlandin e-metaanihankkeen lisäksi Kristiinankaupunkiin on suunnitteilla myös toinen vetytuotantolaitos Plug Powerin toimesta, mikä olisi valmistuessaan jopa 1000 MW kokoinen. Kokoluokkaa auttaa hahmottamaan, että toteutuessaan se veisi noin 63% koko Olkiluoto 3 (1600 MW) ydinvoimalan sähkötuotannosta. Kristiinankaupungin hankkeen julkistamisen yhteydessä mainittiin, että tehdas tuottaisi vetyä ”satamasta vietävää vihreän teräksen tuotantoa varten”, mikä tarkoittaa sitä, että hankkeen yhteyteen suunnitellaan vihreän teräksen tuotantoa. Tämä on sittemmin vahvistettu ja alueella on tarkoitus suora pelkistää rautaa vedyn avulla (Siirilä, 2023). Hankkeella on myös muihin vetylaitoksiin verrattuna huomattavat työllisyysvaikutukset, mitkä ovat suoraan noin 400 työpaikkaa ja välillisesti jopa 1500 (Plug Power, 2024). CPC:n hankkeen ja Plugpowerin kokoluokkaa voidaan verrata myös maavarauspinta-alan mukaan, mikä on Plugpowerin hankkeessa 120 hehtaaria ja CPC Finlandin laitoksen osalta tiedossa olevan laitoksen koko on 5-6 hehtaaria tosin pelkästään tuotantolaitoksen osalta (Björklund, 2022 & Siirilä, 2023).

Joka tapauksessa, Kristiinankaupungin osalta kyseessä on huomattavan merkittäviä alueellisia hankkeita, jotka toteutuessaan eivät muokkaa vain naapurimaakuntien asemaa kuten Etelä-Pohjanmaan energiataloutta vaan Suomen energiataloutta laajemminkin.

### 3.1.8 Maakunta-analyysin yhteenveto

Vetytalouden eteneminen Etelä-Pohjanmaan naapurimaakunnissa on kaksijakoista. Osa vetytalouden vaatimista elementeistä kuten uusiutuvan sähköenergiatuotannon lisääminen on tapahtunut vauhdikkaasti eikä sitä voi nähdä merkittävänä pullonkaulana pitemmän päälle. Sähkön hinta ei silti välttämättä laske vetytuotannon kannalta tarpeeksi edulliselle tasolle lähitulevaisuudessa. Hankkeita on vireillä suhteellisen paljon, mutta teknologinen eli vesielektrolyysin skaalautuminen on silti hyvin varhaisessa vaiheessa ja on epäselvää kuinka kannattavaa vedyn tuotannosta voi tulla pitemmällä tähtäimellä.

Suomessa on ainoastaan yksi teollisen luokan vesielektrolyysihanke rakenteilla Harjavallassa tätä selvitystä kirjoittaessa. Hycamite TCD Technologies sai 20 miljoonan euron arvoisen demonstraatiolaitoksen vetytuotanto valmiiksi myös 2024 aikana, mutta se perustuu eri teknologiaan (Vihanta & Amoo, 2024). Teollisen vesielektrolyysin osalta puhutaan siis ensimmäisistä teollisista käyttökokeuksista ja esimerkiksi Kiinassa niiden osalta on törmätty haasteisiin (Collins, 2023). Maailman suurin 260 MW elektrolyysilaitos on toiminut avaamisen jälkeen vain 1/3 kapasiteetilla, koska sen käytössä on havaittu turvallisuuspuutteita ja hyötysuhde on ollut heikompi kuin suunniteltiin. Vaikka elektrolyysitekniologia on pitkään käytettyä, hyvin tunnettua ja koeteltua eri ympäristössä ei sitä ole vielä käytetty tässä mittakaavassa ja vain harvoin vaihtelevan sähkönsaannin ympäristössä.

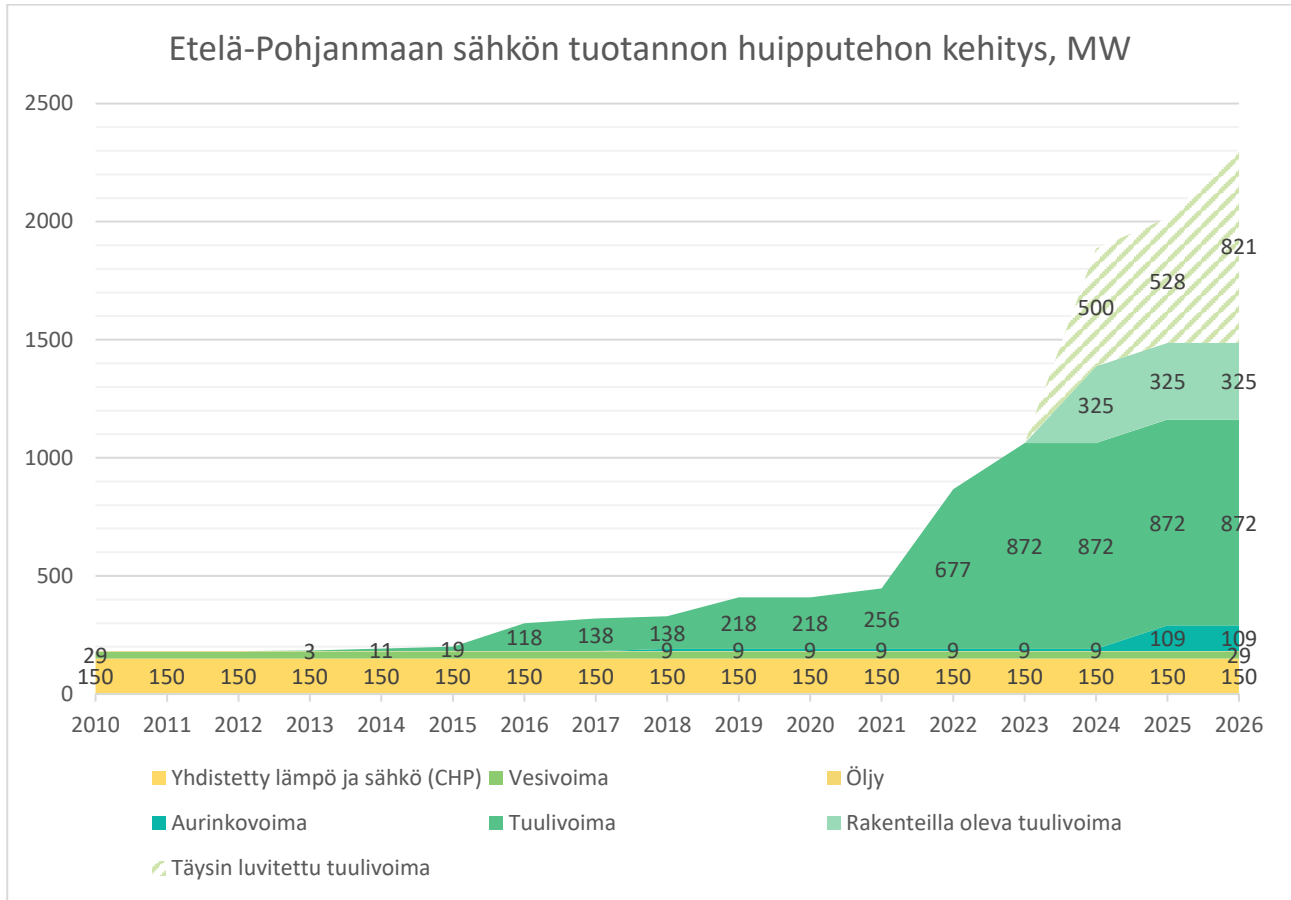
Olennaista maakuntien kuten myös Etelä-Pohjanmaan näkökulmasta on ymmärtää tämä epävarmuus ja siihen liittyvät osatekijät, jotta maakunnan tasolla voidaan tehdä valistuneita päätöksiä tulevaisuuden ja vedyn suhteen. Näiden osatekijöiden tarkempaa analyysiä kuten kannattavuutta jatketaan tämän selvityksen toisessa selvitysosassa ja myöhemmissä työpaketeissa. Seuraavaksi sidosryhmistä käsitellään vedyn kannalta erittäin olennainen energia-ala ja sen tärkeimmät hankekehittäjät.

### 3.2 Etelä-Pohjanmaan energiatalouden kehittyminen ja sidosryhmät

Energia-alan ja erityisesti sähkön tuotannon kehittyminen kohti päästöttömyyttä on vetytalouden edellytys. Suomessa siinä ollaan jo pitkällä ja ilman puhdasta ja edullisesti skaalautuvaa sähköä ei ole elektrolyysin avulla valmistettua puhdasta vetyä. Energia-alan kehittymistä ja sähkötalouden skaalautumisen mahdollisuutta tulee lähestyä analyyttisesti arvioiden sen vaikutuksia sekä paikalliseen kuntatalouteen, työllisyyteen ja myöhemmin tämän selvityksen osalta myös taloudellisen lisäarvon tuottamiseen. Kaikki vetyalan käyttökohteet eivät tuota samaa paikallisen talouden kehitystä mukanaan ja se on yksi VEPE hankkeen toivottavasti seurauksista, että paikalliset rajalliset resurssit voidaan suunnata kannattavimpien käyttökohteiden pariin.

Samassa yhteydessä on syytä mainita, että vihreän vedyn lisäksi vetyä voidaan tuottaa niin sanotun sinisen vedyn luokituksen mukaan, jolloin vety valmistetaan nykyiseen tyyliin maakaasusta höyryreformoilla, mutta päästöt otetaan talteen. Suomalainen Hycamite TCD Technologies yritys on kehittänyt sinisen vedyn tuotantoprosessiin katalyyttejä, joilla hiili voidaan ottaa talteen. Tekniikka vaatii 87% vähemmän sähköä kuin sähköön perustuva vesielektrolyysi ja tuottaa 90% vähemmän päästöjä, kuin nykyinen maakaasun höyryreformointi (Hycamite, 2024b). Tämä on syytä huomata ja sitä voidaan pitää myös paikallisena mahdollisuutena, kun puhutaan vedystä, mutta VEPE hankkeen rajallisten mahdollisuuksien ja ensimmäisen työpaketin laajuuden vuoksi tässä selvityksessä keskitytään lähinnä vesielektrolyysiin ja sen mahdollistamaan vetytalouden skaalautumiseen. Hycamiten teknologiaa ja vastaavia sinisen vedyn tuotantotapoja voidaan toivottavasti käsitellä myöhemmin lisää hankkeessa.

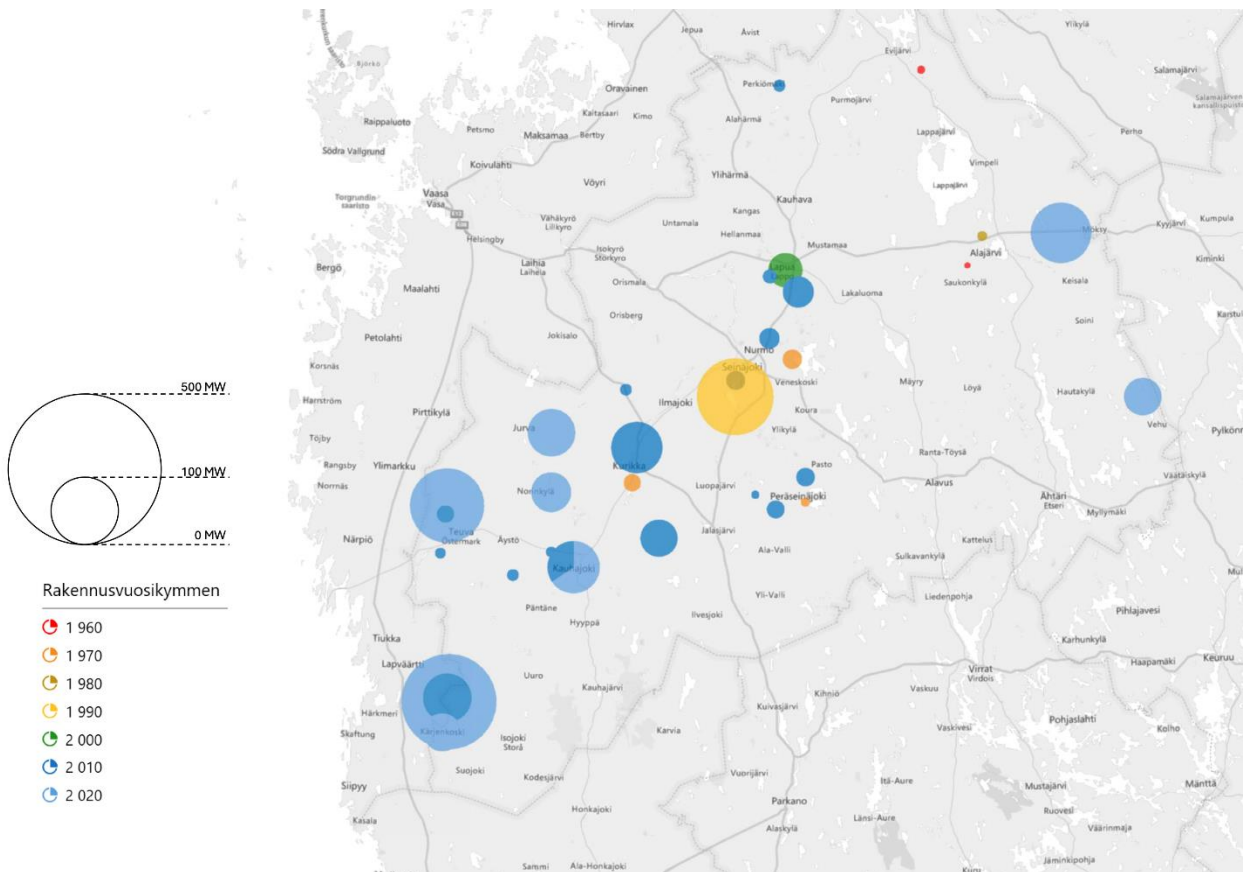
Energia-alan merkitystä Etelä-Pohjanmaalla korostaa sen huomattavan nopea kehitys. Etelä-Pohjanmaan alueen sähköntuotannon huipputeho oli noin 400 MW vuonna 2020, mutta kolmen vuoden aikana vuoteen 2023 mennessä se oli yli tuplaantunut ja 1062 MW. Syy löytyy tuulivoimasta. Nyt rakenteilla olevien ja täysin luvitettujen tuulivoima- ja aurinkohankkeiden perusteella voidaan arvioida, että sähkötehon huippukapasiteetti voi kasvaa noin 2300 MW asti 2026 mennessä, jos kaikki hankkeet toteutuvat rakenteilla oleva aurinkovoima mukaan lukien. Aurinkovoiman osalta potentiaalia voi olla enemmänkin kuin kuvaajaa 7. merkitty 100 MW lisäys, koska hankkeiden vaiheet eivät ole yhtä tarkasti määriteltyjä.



**Kuvaaja 7. Etelä-Pohjanmaan alueen sähkön tuotannon huipputehon kehittyminen 2010-2023 sekä ennuste 2024-2026.**

Energia-alan ja erityisesti tuulivoima-alan kehittymisen taustalla voidaan nähdä muutama tekijä, joista merkittävin on se, että tuulivoimasta on tullut taloudellisesti kannattavaa ilman tukia. Toisin sanoen tuulivoimaa on kannattanut rakentaa korvaamaan saastuttavampaa sähköntuotantoa kuten hiili- ja turvevoimaa, jota on ajettu Suomessa vauhdilla alas (Energiateollisuus ry, 2024). Hiili- ja turvevoiman käyttäminen taas on muodostunut osittain kannattamattomaksi päästömarkkinamekanismin takia, johon kaikki energiantuotantolaitokset joutuvat osallistumaan Euroopan Unionissa.

Toinen syy tuulivoiman alueelliselle kehittymiselle Etelä-Pohjanmaalla on odotettu tuleva sähkön kysyntä, mistä saa viitteitä perehtymällä tuulivoimapuistojen omistajasuhteisiin. 2023 mennessä valmistuneesta tuulivoimalatehosta Etelä-Pohjanmaalla itse asiassa 41% (335/ 802 MW) on CPC Finland Oy:n osittaisessa tai kokonaisomistuksessa, mistä mainittiin myös naapurimaakunta-analyysin yhteydessä edellisessä luvussa. Heidän tuulivoimatuotantonsa on keskittynyt pienelle alueelle Isojoen kunnan läheisyyteen, mikä on lähellä Kristiinankaupunkiin suunniteltua vetytuotantolaitosta (Suomen uusiutuvat ry, 2024). Nyt rakennettu kapasiteetti on 67% CPC Finlandin ilmoittamasta tavoite tuulivoimakapasiteetista eli 500 MW:sta, minkä CPC Finland Oy on ilmoittanut rakentavansa heidän Kristiinankaupungin 200 MW vetytuotantolaitosta varten (Kuivasmäki, 2023).

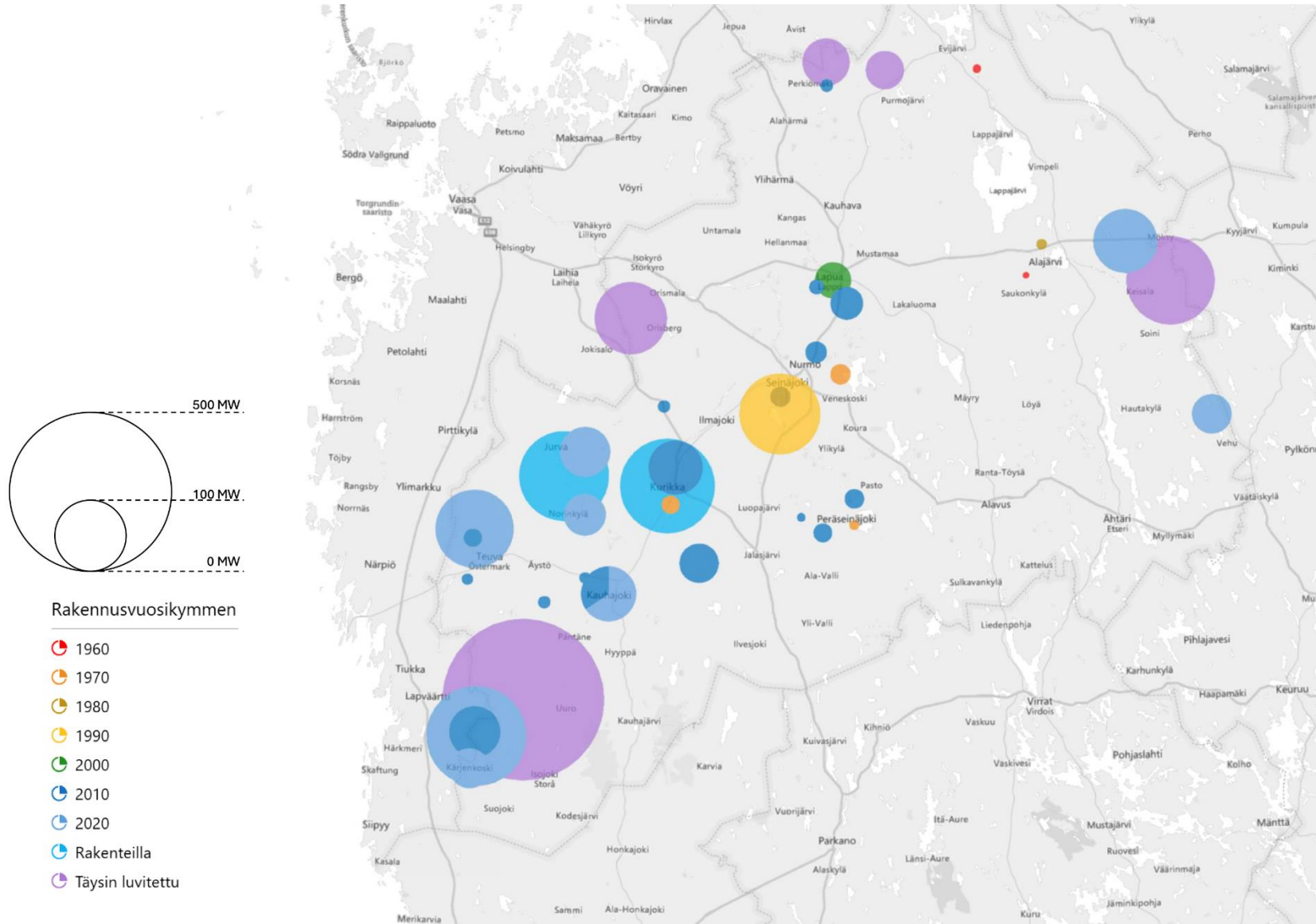


**Karttakuva 4. Nykyiset sähköntuotantolaitokset ja tuulivoimapuistot Etelä-Pohjanmaalla voimalaitosten rakennusvuosikymmenen (värisävy) ja koon mukaan. Huom. ympyrän koko kuvaa voimalaitosalueen huipputehoä eikä pinta-alaa. Huipputuotantoteho on yhteensä 1068 MW.**

CPC Finlandin Oy:n lisäksi merkittäviä alueellisia tuulivoimatoimijoita ovat rakennetun kapasiteetin perusteella:

- Helen (osittain yhteistyössä CPC:n kanssa)
- Ilmatar Energy, jolla on noin 150 MW tuulivoimaa rakennettuna
- EPV Tuulivoima Oy, jolla on noin 123 MW tuulivoimaa rakennettuna
- Enersense Wind, jolla on noin 325 MW tuulivoimaa rakenteilla
- OX2, jolla on noin 690 MW tuulivoimaa täysin luvitettuna

Näiden toimijoiden lisäksi on syytä mainita, että pieniä yhden, kahden tai muutaman tuulivoimalan puistoja on myös huomattava määrä ja yhteensä noin 200 MW. Tuulivoimakapasiteetti voi kasvaa nimellisteholtaan noin 2018 megawattiin, jos kaikki täysin luvitetut hankkeet toteutuvat. Edellä mainitut yritykset omistavat näistä rakennetuista, rakenteilla olevista tai täysin luvitetuista hankkeista 1623 MW eli 80%.



**karttakuva 5. Nykyiset sähköntuotantolaitokset vuosikymmenen mukaan, rakenteilla olevat tuulivoimat ja täysin luvitetut. Rakenteilla 325 MW ja täysin luvitettuja tuulivoimapaistoja 821 MW. Yhteensä 2214 MW.**

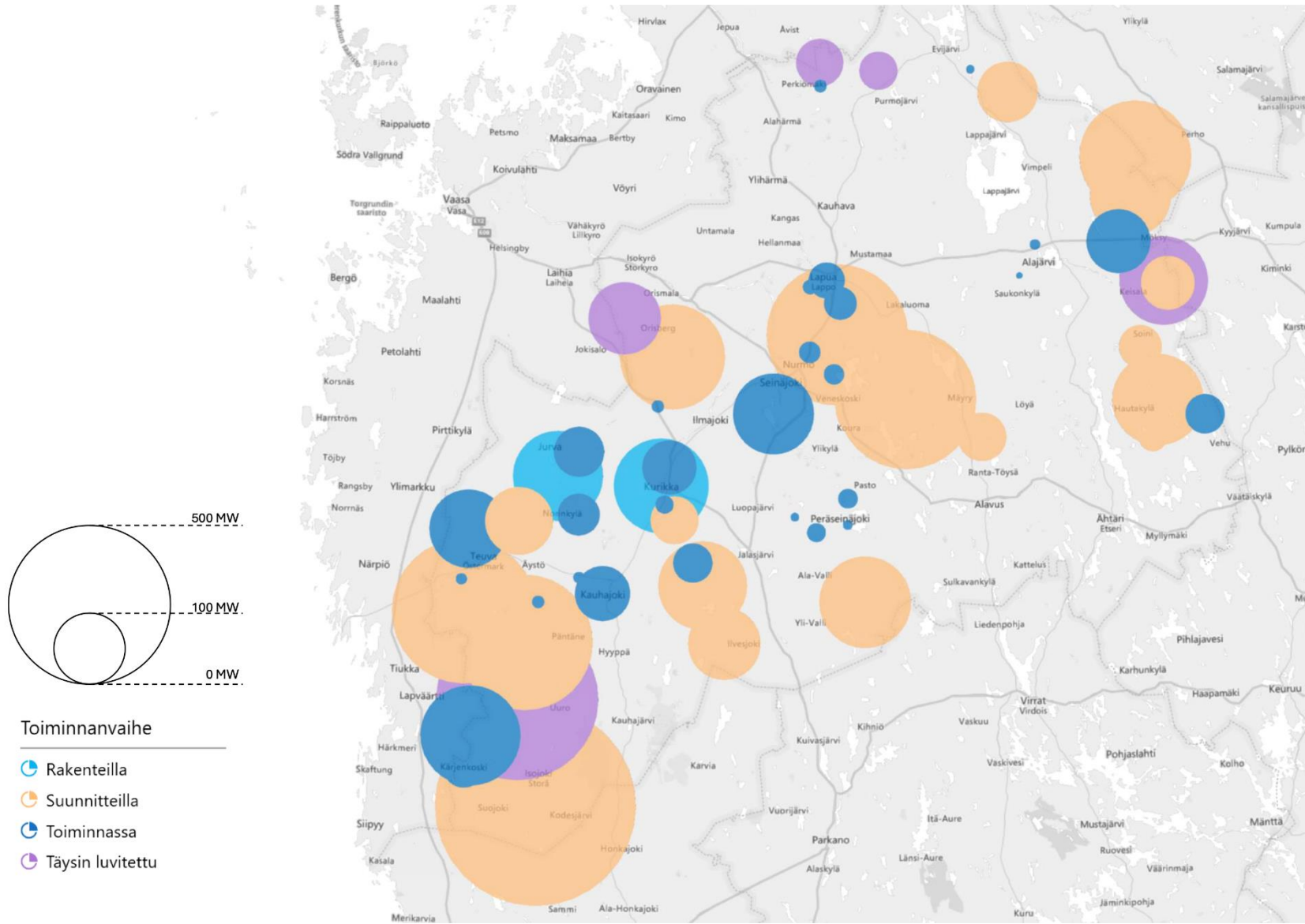
Edellä mainittujen hankkeiden ja toimijoiden lisäksi on vielä huomattavasti lisää hankkeita, jotka ovat suunnittelun ja luvituksen eri vaiheissa. Osa hankkeista on vasta niin sanotusti esiselvitysvaiheessa, missä mahdollisuuksia kartoitetaan monelta kantilta, mutta suurin osa etenee kaavoituksen ja ympäristöluvituksen eri vaiheissa, jossa tehdään myös esisopimuksia maanomistajien kanssa. Suunnitteilla olevia tuulivoimahankkeita Etelä-Pohjanmaalla on Tuulivoimayhdistyksen kartan mukaan yhteensä 3946 MW edestä.

Tuulivoimatuotannon osalta on syytä huomata se yleisesti tiedetty totuus, että huipputuotantoteho ei ole sama asia kuin keskimääräinen tuotantoteho. 872 megawattia tuulivoimaa on noin 10% koko Suomen keskimääräisestä sähkötehon tarpeesta, mikä oli vuonna 2023 keskimäärin 9100 MW (Energiategollisuus ry, 2024). Tuulivoiman keskimääräinen kapasiteettikerroin huomioiden vuosilta 2020-2022 Etelä-Pohjanmaan tuulivoimatuotannon keskimääräinen tuotantoteho tippuu kuitenkin keskimäärin 300 MW tasolle, mikä on 3% Suomen sähkötehon tarpeesta sähkömäärällä mitattuna (Fingrid, 2024b). Ajallinen vaihtelevuus tuulessa on suurta kuten tiedetään. Kun huomioidaan rakenteilla olevat ja täysin luvitetut voimalaitokset, niin Etelä-Pohjanmaan tuulivoimatuotannon osuus voi nousta 7,6% vuoden 2023 sähkön tarpeesta olettaen, että kaikki tuotanto voidaan hyödyntää.

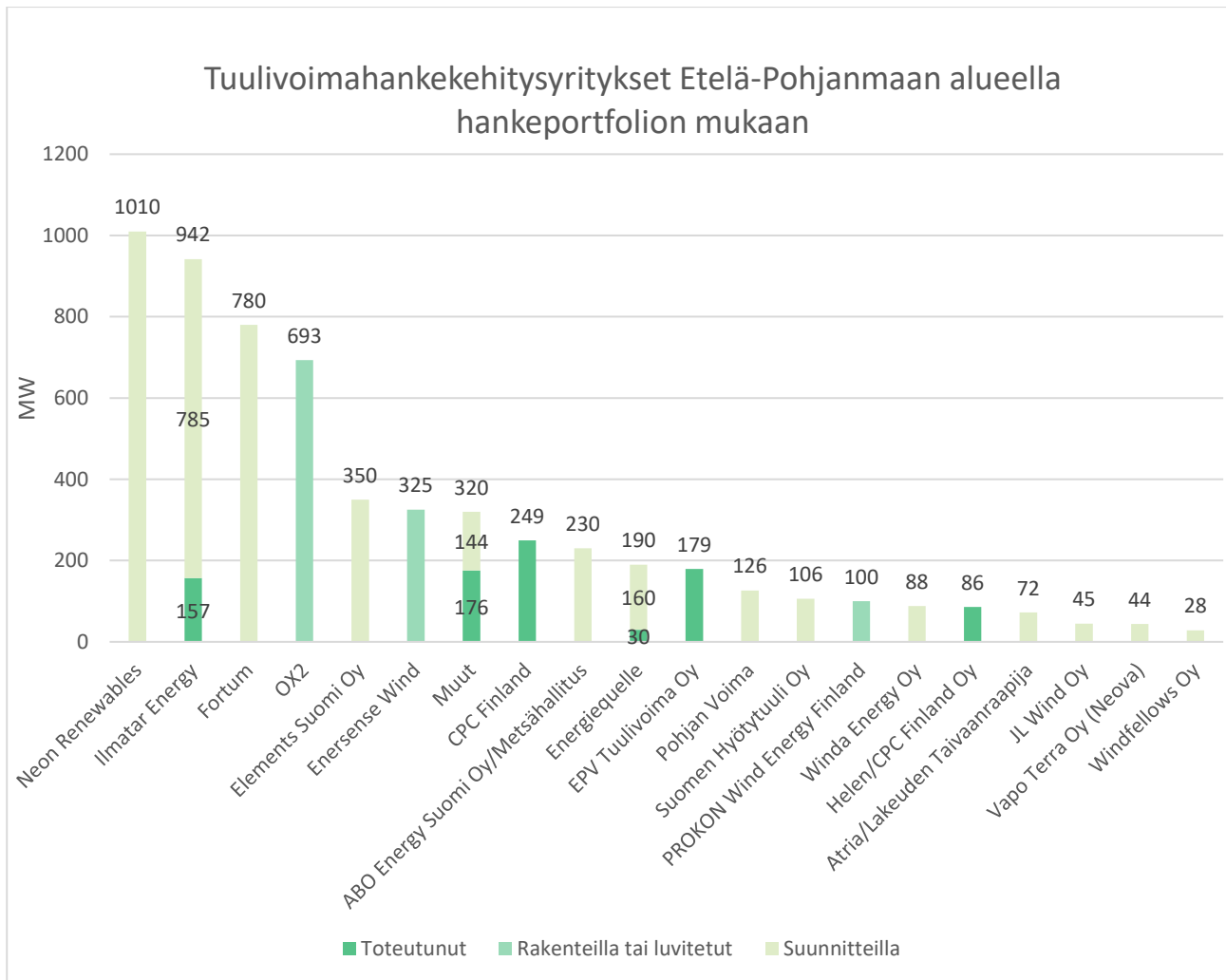
Fingrid ennustaa, että Suomen sähkönkulutus kasvaa huomattavasti 2030 mennessä ollen noin 131 TWh, mikä tarkoittaa jopa 49 TWh eli noin 60% kasvua sähkön tarpeessa viiden vuoden aikana (Fingrid, 2024a). Suurin osa tästä uudesta tarpeesta ilmenee tärkeysjärjestyksessä: Teollisuus ja datakeskukset (22 TWh), vedyn tuotanto (17 TWh) ja rakennusten lämmitys (7 TWh) (Fingrid, 2024a, s. 5). Kun huomioidaan tämä kasvava kulutus, niin kaikki suunnitteilla olevat, rakenteilla ja luvitetut tuulivoimalat, joiden kokonaishuipputeho on noin 5964 MW Etelä-Pohjanmaalla voivat tuottaa tästä koko Suomen sähkötarpeesta noin 14%.

Etelä-Pohjanmaan merkitys Suomen sähköntuotannon kannalta on lyhyessä ajassa kasvanut noin 2% (Lämpö- ja vesivoimaa noin 180 MW) ennen tuulivoimarakentamista 2010- ja 2020-luvulla, nykyiseen 5% tasolle sähkön tuotannon määrällä mitattuna. Muutaman seuraavaan vuoden aikana tämä osuus kasvaa hyvin todennäköisesti 7-8% tasolle ja edelleen jopa 14% tasolle riippuen sähkön tarpeen kehittymisestä ja muiden maakuntien vastaavista hankkeista.

Jos sähkön tarve ei kasva ennustetulla tavalla kuten esimerkiksi Fingrid (2024b) on ennustanut, niin tuulivoimaa ei myöskään rakenneta kuin se määrä, mikä on kannattavaa. Etelä-Pohjanmaan kasvava merkitys Suomen teollisen sähköntuotannon osalta on silti huomattava ja tulevaisuudessa yhä kasvava. Sen osalta on aiheellista kysyä, ja johon VEPE hanke yrittää myös osaltaan vastata, että voiko sähköä käyttää enemmän paikallisten arvoketjujen osana, kuten esimerkiksi puhtaan vetyteollisuuden yhteydessä.



**Karttakuva 6. Kaikki Etelä-Pohjanmaan toiminnassa olevat sähköntuotantolaitokset, tuulivoimahankkeet ja tuulivoimahankesuunnitelmat. Huipputuotantoteho maksimiarvojen mukaan 6160 MW.**



**Kuvaaja 8. Tuulivoimahankeyritykset Etelä-Pohjanmaan alueella ja hankkeiden vaiheet yksinkertaistetusti.**

Tuulivoimahankekehitysyritysten ja jo toteutuneiden tuulivoimahankeiden vuosilta 2013-2023 on huomattavaa kuinka iso määrä hankekehitysyrityksiä toimii Etelä-Pohjanmaan alueella. Kuvaajassa 8. yritykset on eritelty tarkemmin ja samoin on eritelty yritysten hankeportfolio toteutuneista hankkeista rakenteilla oleviin ja suunniteltuihin hankkeisiin.

Rakenteilla olevista tai täysin luvitetuista hankkeista selvästi suurin osa on OX2 hallussa, jolla on yhteensä 693 MW edestä tuulivoimaa täysin luvitettuna EP:n alueella. Enersense Wind hankkeet ovat jo rakenteilla, joita on yhteensä 325 MW ja näiden hankkeiden pitäisi valmistua vuoden 2024 aikana Suomen uusiutuvat ry:n karttaikkunan tietojen mukaan (Suomen uusiutuvat ry, 2024).

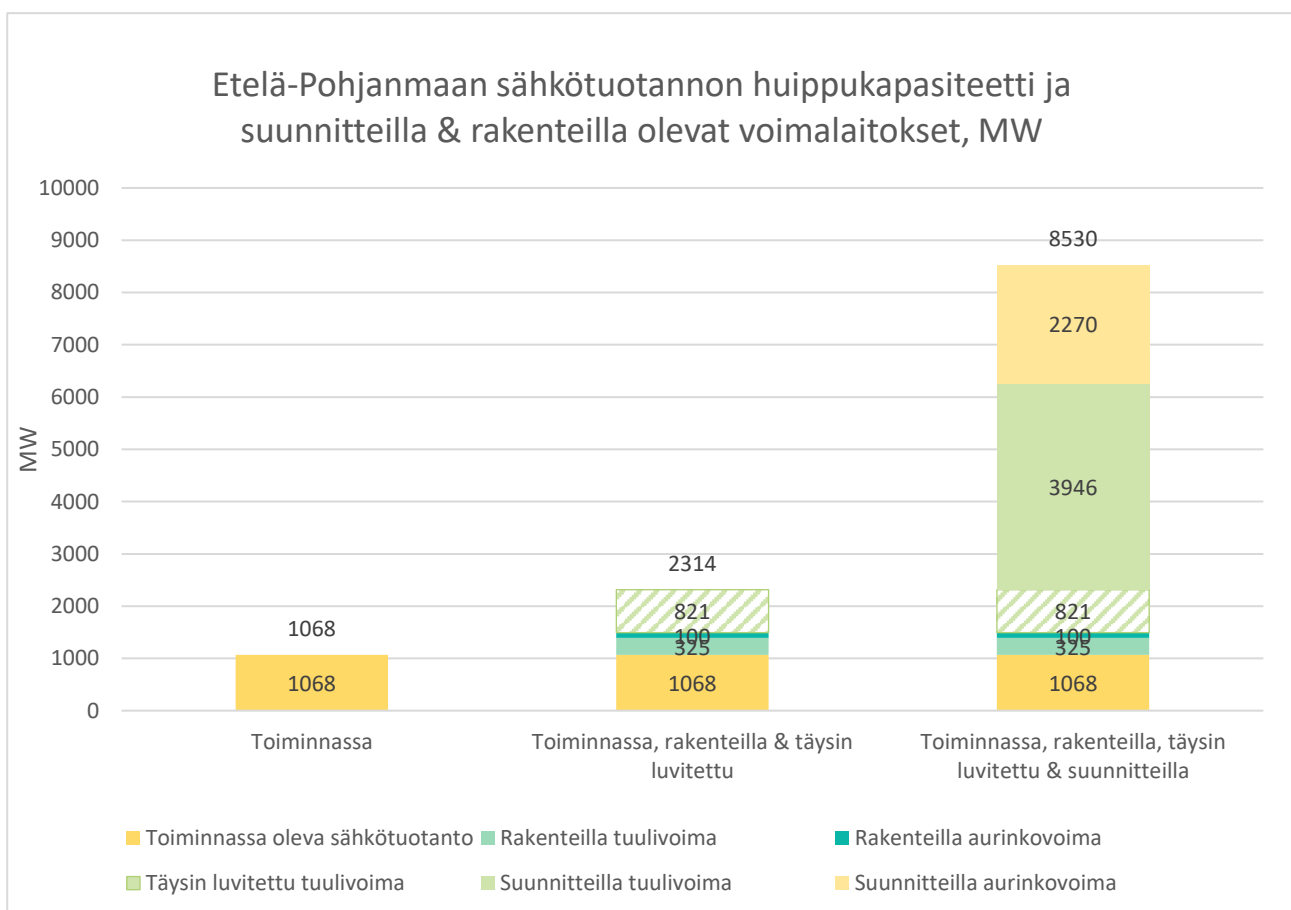
Suunnitteilla olevista hankkeista esille nousee erityisesti uudestaan Ilmatar Energy Oy, Neon Renewables Finland Oy, Fortum, Elements Suomi Oy sekä ABO Energy Suomi Oy, joilla kaikilla on yli 200 MW edestä tuulivoimaa kehitteillä. Näistä vielä erikseen Neonilla, Fortumilla ja Ilmatarella on yli 750 MW hankkeita suunnitteluvaiheessa. Syytä mainita, että hankekehityksen osalta on käytetty suurinta ilmoitettua tehokapasiteettia eli hankekokosuunnitelmaa. On mahdotonta arvioida, millä kokoluokalla hankkeet tulevat todellisuudessa toteutumaan, mutta historiallisessa valossa läheskään aina suurin kokoluokka ei ole toteutunut. Toisaalta suurin kokoluokka osoittaa mahdollisen laajuuden parhaiten. Suurin



este hankkeiden toteutumiselle on todennäköisesti taloudellinen, jos Suomen sähkön kulutus ei lähde odotettuun kasvuun kuten esimerkiksi Fingrid ennustaa, niin ylimääräistä tuotantoa on vaikea saada kannattavaksi (Fingrid, 2024a).

Yrityslistan perusteella pitää varoa tekemästä liian pitkälle vietyä priorisointia hankkeiden osalta, mutta energiataloudellisesti projekteilla on silti huomattavan eroava painoarvo, jos verrataan Ilmatar Energyn suunnitteilla olevaa 785 MW hankelistaa Suomen Hyötytuulen 106 MW hankekehitysmäärään. Tätä tietoa energia-alan hankekehittäjistä voi käyttää hyödyksi esimerkiksi paikallisten erityisen paljon sähköä palon tarvitsevan teollisuuden sijoittumisen ja sidosryhmäsuhteiden varmistamiseen.

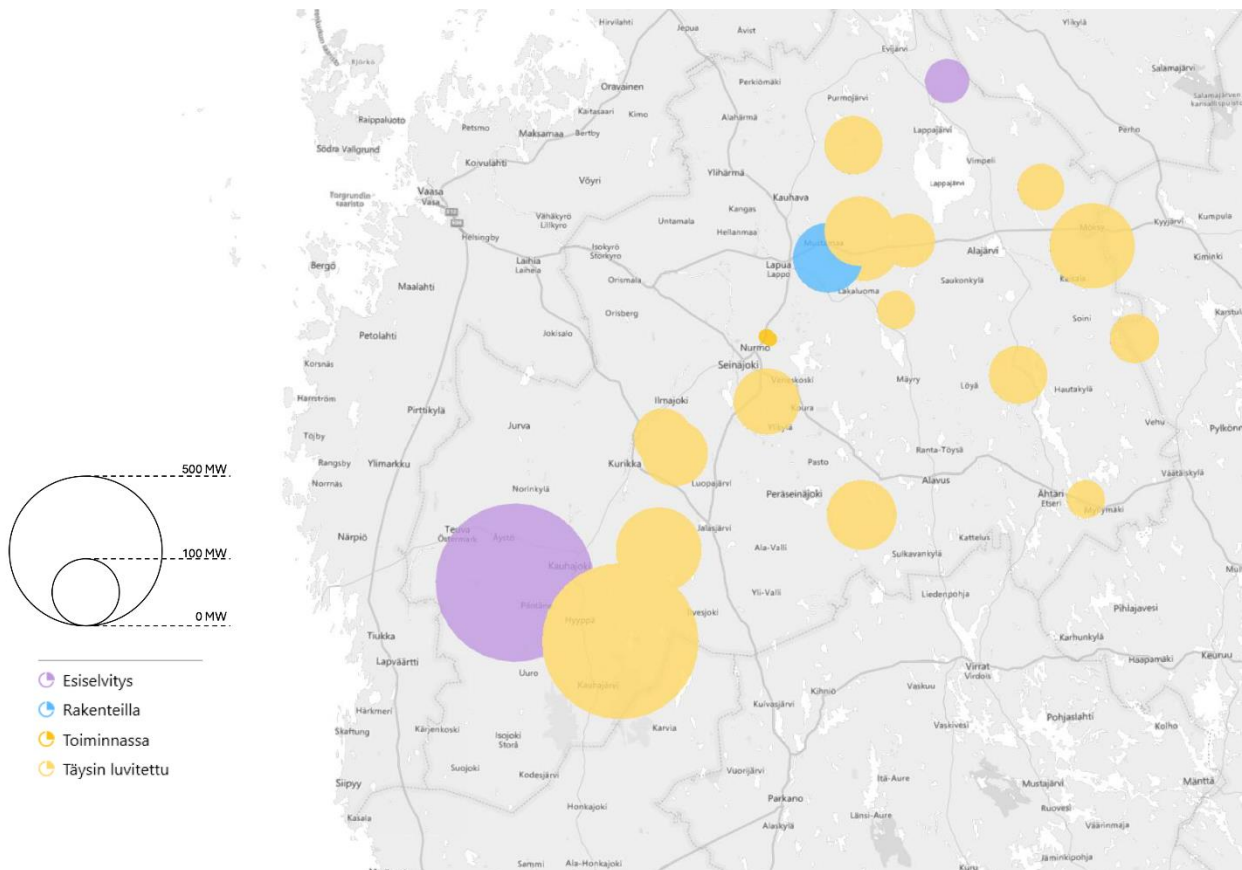
Toisaalta pienemmätkin tuulivoimahankkeet voivat täyttää vetytuotannon tarvitseman sähkömäärän. Harjavallan ja Suomen ensimmäisen 20 MW elektrolyysiin perustuvan teollisen vetytuotantolaitoksen vuotuisen sähkötarpeen voisi teoriassa täyttää noin 50 MW huipputehon tuulivoimapuistolla, mutta verkkoyhteys on silti suotavaa, jotta tuotannon käyttöaste saadaan tarpeeksi korkeaksi. Näin ollen kaikki suunnitteilla olevat tuulivoimapuistot Etelä-Pohjanmaan alueella voisivat tuottaa sähköä tarpeeksi noin sataa Harjavallan P2X Solutions kokoista vetytuotantolaitosta varten. Tuulivoiman paikallinen sijoittuminen esimerkiksi Kristiinankaupungin CPC vetytuotantolaitoksen viereen kielii myös siitä, että läheisellä sijoittumisella voidaan saavuttaa etuja hankekehityksen kustannusten osalta.



**Kuvaaja 9. Sähkön nimellinen tuotantoteho, rakenteilla olevat hankkeet sekä täysin luvitetut ja suunniteilla olevat hankkeet.**

### 3.2.1 Aurinkovoiman kehittyminen Etelä-Pohjanmaalla

Tuulivoimahankekehittäjien lisäksi aurinkovoimasta on kasvanut lähes yhtä merkittävä tekijä uusiutuvan sähköenergian lähteenä Suomessa. Aurinkovoimaa on tähän mennessä silti rakennettu huomattavasti vähemmän kuin tuulivoimaa, jota on noin 1109 MW ja tuulivoimaa 8092 MW marraskuuhun 2024 mennessä Fingridin tilastoiman ja aktiivisesti päivittyvän tiedon mukaan (Fingrid, 2024 & 2024d). Aurinkovoimakehittäjät voivat olla myös vetyalan ratkaisuille lähes yhtä tärkeitä tekijöitä kuin tuulivoimakehittäjätkin ja voivat osaltaan vastata tuotantolaitosten käyttöasteen kasvamiseen, koska tuulivoima tuottaa yleisesti ottaen eniten talvella ja aurinkovoima tunnetusti kesällä.

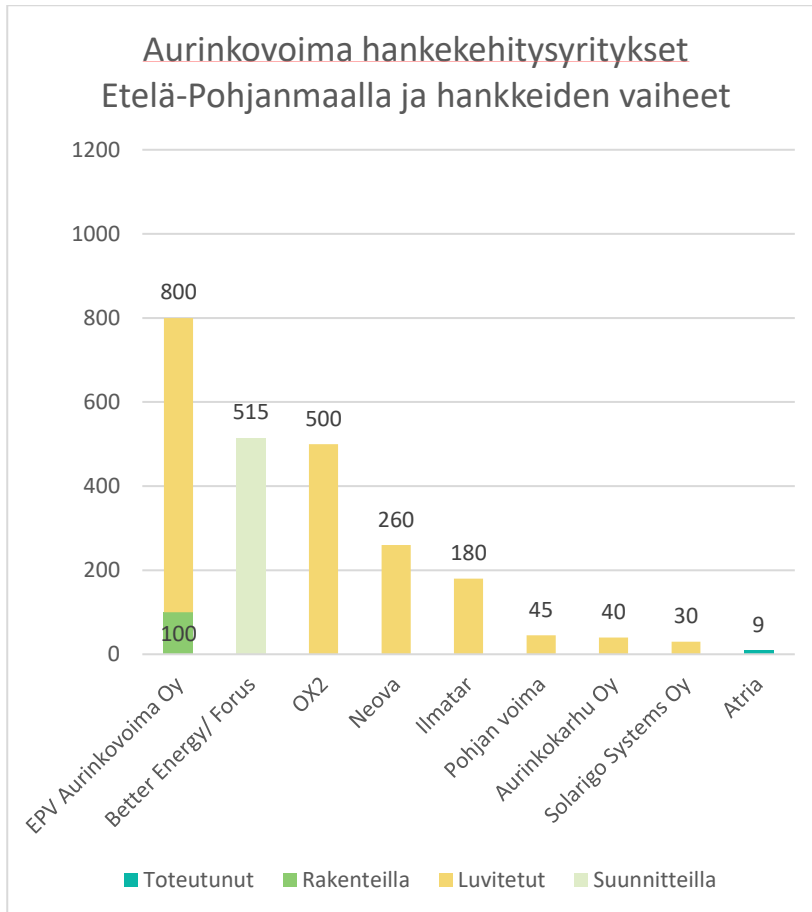


**Karttakuva 7. Etelä-Pohjanmaalla toimivat, rakenteilla olevat, täysin luvitetut ja esiselvitysvaiheessa olevat aurinko-voimapaistot ja niiden kokoluokka.**

Motivan (2024) ylläpitämän aurinkosähkövoimalahankekartan perusteella Etelä-Pohjanmaalla on kehitteillä 2379 MW edestä aurinkovoimaa. Suurin osa näistä hankkeista keskittyy suoalueille, jotka olivat aiemmin turvetuotantokäytössä. Ottaen huomioon, että Suomessa on Motivan listauksen mukaan kehitteillä noin 14 500 MW edestä aurinkovoimaa, Etelä-Pohjanmaan osuus on tästä 16,4%. Se on huomattavasti enemmän kuin Etelä-Pohjanmaan pinta-alan osuus, mikä on 5% Suomen kokonaispinta-alasta, kun merialueet jätetään huomioimatta. Maakunnassa on siis huomattavaa hankepotentiaalia aurinkovoimakehityksen suhteen.

Aurinkovoima hankekehitysyrityksiä on vähemmän kuin tuulivoimalla, mutta silti Motivan listauksen mukaan alueella toimii yhdeksän eri toimijaa (Motiva, 2024). Näistä huomattavimmat yritykset, joilla on yli 100 MW edestä hankkeita kehitteillä on EPV Aurinkoenergia Oy, Better Energy/Forus, OX2, Neova ja

Ilmatar. Jos kaikki aurinkovoima hankkeet toteutuisivat, mitä tuskin voidaan pitää todennäköisenä, voisi aurinkovoima tuottaa vuodessa noin 2,2 TWh edestä sähköä Etelä-Pohjanmaalla keskimääräisen tuotantotason mukaan. Se on noin 2.5% Suomen kokonaissähkötarpeesta 2023 eli noin 8-kertaa vähemmän kuin kaikkien julkisesti esitettyjen tuulivoimahankkeiden tuotanto (Energiateollisuus ry, 2024). Huomattava määrä joka tapauksessa.



Kuvaaja 10. Aurinkovoimahankehitysyrietykset Etelä-Pohjanmaalla.

### 3.2.2 Teollisen aurinko- ja tuulivoiman kannattavuus Suomessa

Tuoreimmat elinkaari tuotantokustannusarviot antavat hyvän viitteen siitä, mitä sähköstä joudutaan maksamaan, mutta vielä parempi mittari on PPA-sopimukset, eli power purchase agreements, mutta niistä on vähemmän tietoa saatavilla. PPA-sopimuksissa uusiutuvan sähköenergian hinnasta sovitaan pitkäaikaisesti ja mukana on silloin myös sähköntuottajan kate. BloombergNEF:n (2022) arvion mukaan Suomi on tässä vertailussa yksi Euroopan edullisimmista maista. Tuulivoiman PPA arvo oli keskimäärin 2022 vuoden ensimmäisellä puoliskolla 35-40 eur/MWh ja aurinkovoiman 45-50 eur/MWh (BNEF, 2022). Vaikka tieto ei ole aivan tuore, ja on epäselvää, näkykö tässä luvussa kasvanut korko- ja materiaalikustannustaso, niin se on tuulivoiman osalta vastaava IRENA (2024) ja Vakkilainen & Kivistö (2017) verrattuna. Tuulivoiman osalta kehitys on ollut maltillista, eikä kehitystä ole oikeastaan tapahtunut ollenkaan viime vuosina.

Aurinkovoiman osalta BNEF (2022) tilasto kertoo, että tuotantokustannus on tippunut vähintään puoleen siitä, mitä se oli

Vakkilainen & Kivistö (2017) mukaan viisi vuotta aiemmin. Aurinkovoiman investointikustannusten osalta on syytä mainita, että kustannusten IRENA:n (2024) mukaan aurinkovoiman kansainvälinen tuotantokustannus on tippunut saman ajanjakson aikana 0,91 usd/kWh tasolta 0,44 usd/kWh tasolle, mikä vastaa Vakkilainen & Kivistön ja BNEF (2022) välistä eroa huomattavan samalla tarkkuudella.

### 3.2.3 Tärkeimpien energiaan liittyvien sidosryhmien esittely

Kuten edellisistä muutamasta kappaleesta, joissa käsitellään sekä teollisen kokoluokan tuuli- ja aurinkovoimaa, nousee esille, niin Etelä-Pohjanmaan energiamarkkina on ollut suuressa muutoksessa viimeisen 10-15 vuoden aikana. Suurin muutos koskee tuulivoiman lisääntymistä ja vielä suunnitteilla olevia hankkeita. Muutoksen tausta on vahvasti lisäinen suhteessa Etelä-Pohjanmaan olemassa olevaan energiatarpeeseen, joista tässä yhteydessä käsitellään tarkemmin sähkön osuutta. Sen osalta tässä VEPE hankkeessa on tarkoitus perehtyä tarkemmin energiatalouden alueellisiin kehittäjiin, josta esitellään seuraavaksi muutama erikseen.

#### 3.2.3.1 Seinäjoen Energia

Seinäjoen Energia on VEPE hankkeen kannalta olennainen yritys, koska he ovat oman tuotannon lisäksi osa-omistaja EPV konsernissa, mikä on aktiivinen energia-alan kehittäjä Pohjanmaalla ja Suomessa laajemminkin. Seinäjoen Voiman kautta he omistavat myös suurimmat lämpövoimalaitokset, joista suurin on 125 MW Kyrkösjärven yhteistuotantovoimalaitos, mikä tuottaa sekä lämpöä että sähköä alueellisen tarpeen mukaan (Seinäjoen Voima, 2024). Polttoaineena voimalaitoksessa käytetään biomassaa ja energiaturvetta. Yhteistuotantolaitoksen käyttö on vähentynyt viime aikoina vain noin kolmeen kuukauteen vuodessa eli 25% sen suurimmasta mahdollisesta käyttökapasiteetista ja voimalaitoksen alasajoakin harkittu (Haastattelu: Hätilä, 2024). Käyttövalmiuden ylläpitäminen tarvitsee 20 henkilön ympärivuotisen miehityksen, mikä maksaa paljon huomioiden vähentynyt käyttö.

Etelä-Pohjanmaan suurimman voimalaitoksen tarvetta on vähentänyt sähkön lisääntynyt käyttö lämmityksessä sekä uusi 2022 valmistunut 56 MW Kapernaumin kaukolämpövoimalaitos, missä poltetaan biomassaa. Sähköä voidaan hyödyntää lämmityksessä suoraan uuden 40 MW sähkökattilan sekä sen yhteydessä olevan 10 000 m<sup>3</sup> lämpövaraston avulla. Seinäjoen Energian toimitusjohtajan mukaan tämä sähköteho riittää täysin koko kaukolämpötehon ja käyttöveden lämmittämiseen kesäkaudella (Haastattelu: Hätilä, 2024).

Tämä luonnollinen muutos kohti sähköä lämmityksen osalta on osittain haaste vetyyn ja erityisesti P2X (Power-to-X) hankkeisiin liittyvän hiilidioksidin hyödyntämiseen näkökulmasta. Lämpövoimalaitosten bioperäisiä hiilidioksidipäästöjä voitaisiin hyödyntää vedyn jatkojalostamiseen. Kaukolämpölaitosten ajoittainen käyttö tarkoittaa kuitenkin sitä, että hiilidioksidin saanti on ajoittaista eikä jatkuvaa. Kenties hiilidioksidia voidaan varastoida, mutta vetytuotantolaitosten osalta on oletettavaa, että ne tulevat käymään mahdollisimman korkealla käyttöasteella johtuen suhteellisen korkeasta investointikustannuksesta.

Sähkö on yleisesti ottaen edullisinta kesäaikaan, kun sähkön kysyntä on vähäisempää, jolloin vetyä kannattaisi tuottaa. Toisin sanoen elektrolyysereiden ja metanointiprosessien optimiajankohta on kesällä, mutta silloin taas ei ole saatavilla lämmön tuotannosta vapautuvaa hiilidioksidia, mikä on haaste prosessin ajoittamisen näkökulmasta. Seinäjoen Energian toimitusjohtajan haastattelun perusteella keskusteluja muutaman vetytoimijan kanssa on käyty tämän hiilidioksidin hyödyntämisestä ja vetytuotannosta, mutta ne eivät ole johtaneet vielä esiselvitystä pitemmälle (Haastattelu: Hätilä, 2024a).



**Kuva 1. EPV Energia rakentaa 100 MW aurinkovoimapuistoa Lapuan Heininnevan vanhan turvesuon alueella. Kuva: Vesa Hätilä.**

Etelä-Pohjanmaan osalta on myös syytä erikseen mainita, että EPV Energia, jonka osaomistaja myös Seinäjoen Energia on rakentaa parhaillaan 100 MW aurinkovoimapuistoa Heininnevan entiselle turvesuotuo-alueella Lapualla (EPV Energia, 2024). Tämä on valmistuessaan hyvin todennäköisesti Suomen suurin aurinkovoimapuisto ja tuottaa sähköä 90 GWh vuodessa, mikä itsessään jälleen osoitus energia-alan nopeasta muutoksesta Etelä-Pohjanmaalla, jossa Seinäjoen Energia on yksi tärkeistä sidosryhmän osatekijöistä.

### 3.2.3.2 OX2

OX2 on Pohjoismaiden huomattavan suuri tuuli- ja aurinkosähköhankkeiden kehittäjä, jolla on suuri määrä hankkeita kehitteillä Etelä-Pohjanmaalla. Suomessa heillä on suunnitteilla yhteensä 5246 megawattia maatuulivoimaa ja Suomen Uusitutvat Ry:n tuulivoimahankelistauksen (2024) mukaan näistä 693 MW sijaitsee Etelä-Pohjanmaalla. Merkittävintä tämän osalta on se, että nämä Etelä-Pohjanmaan hankkeet ovat kaikki saaneet luvat rakentamista varten ja investointiympäristön sallissa ovat todennäköisesti seuraavaksi vuorossa, kun tuulivoimaa rakennetaan lisää. Aurinkovoimahankepuolella OX2:lla on myös huomattava 500 MW hankeportfolio Etelä-Pohjanmaalla, mikä lienee myös hyvin lähellä toteutua, jos investointi- ja markkinaympäristö sen sallii. Kauhajoelle suunniteltu 500 MW aurinkovoimapuisto olisi toteutuessaan yksi Suomen suurimmista (OX2, 2023). Hankkeen mittakaavaa kuvaa hyvin se, että Suomessa on Fingridin ylläpitämän aurinkovoiman tuottoennusteen mukaan 1109 MW aurinkovoimaa

vuoden 2024 kesällä (Fingrid, 2024). Kauhajoen hanke siis lisäisi koko Suomen aurinkovoimakapasiteettia lähes 50%. Hankkeen investointipäätöstä odotetaan 2026 aikana ja tuotanto alkaisi silloin 2028.

Tuuli- ja aurinkovoimahankkeiden lisäksi OX2 selvittää muita energia-alan jatkojalustus mahdollisuuksia kuten P2X hankkeiden kehittämistä, mikä on Etelä-Pohjanmaan vetytalouden näkökulmasta merkittävää.

### 3.2.3.3 Neova Group

Jyväskylässä pääkonttoria pitävä ja Suomen valtion omistama Neova Group jakautuu kahteen divisioonan Neova Terraan ja Kekkilä BVB:hän, joista Neova Terra on energiatuotannon kannalta merkittävämpi ja koskee sijainniltaan myös Etelä-Pohjanmaata. Neova Terra vastaa biopohjaisten polttoaineiden kuten turpeen tuotannosta ja sen jälleenmyynnistä ja uusien energiatuotantomuotojen kehittämisestä. Biopohjaisuudesta huolimatta turvatta ei lasketa uusiutuvaksi polttoaineeksi.

Turvetuotanto on ollut Etelä-Pohjanmaalla tärkeä elinkeino- ja energiantuotantomuoto. Jopa 63% Etelä-Pohjanmaan kaukolämmöstä on tuotettu aiemmin turpeella, kun muussa maassa keskiarvo on ollut vain noin 17% (Väänänen & Laasasenaho, 2021). Kuten aiemmin on tullut mm. Seinäjoen Energian osalta esille, niin muutos palamisreaktiota hyödyntävästä energiantuotannosta on ollut markkinaehtoista, jossa sähkö korvaa edullisina tunteina kalliita polttoaineita. Osittain kyse on toisaalta päästöjen hinnoittelusta eli päästömarkkinoista, johon kaikki Euroopan Unionin alueen voimalaitosten on osallistuttava. Turpeen on näissä markkinapaineissa mahdotonta pärjätä korkean päästötason vuoksi. Turvetuotannon työllistävä vaikutus on ollut noin 1000 henkilöä ja sen käytön on arvioitu vähenevän 75% vuoteen 2025 mennessä. Samalla turvesuon tuotantoalue vähenee jopa 50%, joten alueellisesti sillä on suhteellisen suuri merkitys aluetalouteen, energiaan ja työllisyyteen (Väänänen & Laasasenaho, 2021).

Neova on ollut aktiivisesti osa tätä markkinaa, mutta sittemmin myös monipuolistanut hankekokonaisuutta ja suunnittelee Etelä-Pohjanmaalle sekä aurinko-, että tuulivoimahankkeita. Tässä suhteessa on ajankohtaista kysyä, että voisiko turvealan tuotannon arvoketjun muuttamista polttoaineen myynnistä, energiatuotantoon edelleen jalostaa vedyntuotantoon tai vetyjohdannaisiin asti? EU on rahoittanut alaan liittyvää tutkimusta, jossa pohditaan tämän yhtälön ratkaisua eli turvetuotannon alasajoa, joten VEPE-hankkeessa on ajankohtaista myös pohtia, tarjoaisiko vety aluetaloudellisen korvikkeen turpeen hyödyntämiselle.

Neovalla on heidän hankesivustonsa mukaan kehitteillä yhteensä 175 MW edestä aurinkovoimaa sekä tuulivoimaa 84-150 MW, jotka sijoittuvat vanhojen turvetuotantoalueiden yhteyteen Etelä-Pohjanmaalla (Neova Group, 2024). Turvetuotantoalueen pinta-alaa on yhteensä noin 15 000 hehtaaria, josta Väänänen & Laasasenaho (2021) mukaan käytöstä poistuu 7000-11 000 hehtaaria eli yli puolet 2025 mennessä. EPV:n Lapuan Heininnevan 100 MW aurinkovoima-alueen pinta-ala on 140 hehtaaria (EPV Energia, 2024). Jos aurinkovoimaan käytettäisiin puolet 2025 mennessä vapautuvasta alueesta eli 5000 hehtaaria, voisi tälle alueelle rakentaa jopa noin 3500 MW aurinkovoimaa, mikä voisi vuodessa tuottaa jopa 3,2 TWh sähköä. Se on huomattavasti enemmän kuin Motivan (2024) karttalistauksessa esitetyt hankkeet.

Uusiutuvan energian suhteen Etelä-Pohjanmaan turvetuotantoalueella on siis huomattavaa potentiaalia, josta läheskään kaikki ei ole vielä käytössä. Entisten turvesoiden käytön jälkeen aurinkovoimaksi muuttamisen puolesta puhuu myös se, että tällöin metsää ei tarvitse erikseen kaataa aurinkovoiman tieltä pois. Alueet ovat olleet suuren teollisen energiatuotannon vaikutuksen alla, joten luontoarvoiltaan niitä voidaan todennäköisesti pitää suhteellisen köyhinä koskemattomaan luontoon nähden.

Näiden syiden takia on syytä selvittää turvealueiden, ja sen nykyisten ja entisten toimijoiden potentiaali myös vetytuotannon näkökulmasta ja sen takia valtio-omisteinen Neova Group mainitaan erikseen myös tässä yhteydessä.

### 3.3 Maatalous ja ruoka-ala

Energiatalous on sähköön ja vesielektrolyysiin perustuvan vetytuotannon tärkein tekijä, mutta vetytalouden kannalta se on vain yksi ala, jonka kehittymistä analysoidaan tarkemmin VEPE-hankkeessa. Energia-alan kasvu on tapahtunut maakunnassa vasta hiljattain, mutta maatalous ja ruoka-ala on ollut pitkään yksi Etelä-Pohjanmaan alueen merkittävimmistä elinkeinoista. On arvioitu, että yli 60% maakunnan bruttokansantuotteesta perustuu ruokajärjestelmän eri osa-alueen arvoketjuihin (Junkkari, 2021). Kansallisella tasolla mitattuna Etelä-Pohjanmaalla asuu vain 3,5% Suomen väestöstä, mutta se tuottaa noin 12% koko Suomen elintarvikealan tuotannon kokonaisarvosta (Knuuttila ym., 2024b). Suomen Ruoka-alan välittömästä kokonaisarvonlisäyksestä, jossa otetaan huomioon myös maatalous, kauppa ja ravitsemustoiminta Etelä-Pohjanmaan osuus on noin 7,3% arvonnäkökulmasta, mikä sekä siinä on noin 2-kertaisesti Suomen väestömäärällä laskettuun keskiarvoon verrattuna (Knuuttila ym., 2024). Vety koskee maataloutta ja ruoka-alaa sekä suoraan että välillisesti.

Vedyn roolia maataloudessa sekä elintarvike-, että ruokatuotannon eri vaiheissa tutkitaan tarkemmin VEP- eli Vetytalouden mahdollisuudet ruokaketjussa hankkeessa, jossa SeAMK toimii päätoteuttajana yhteistyössä Vaasan Yliopiston ja Tampereen yliopiston kanssa. Hanke on alkanut 2023 ja jatkuu vuoteen 2025 asti. Tarkempi analyysi asian suhteen jää heille, mutta ruoka- ja vetyalan analysointi liittyy silti olennaisesti myös VEPE-hankkeeseen, koska hankkeen tarkoituksena on muodostaa lopuksi toimintasuunnitelma vetyyn liittyvien hankkeiden osalta. Ruoka-ala ja maatalous on hyvin todennäköisesti osa tätä kokonaisuutta.

Maatalous- ja ruoka-alan kohdalta voidaan nähdä moninaisia mahdollisia käyttökohteita, johon vety soveltuu jo nyt tai mahdollisesti tulevaisuudessa. Niitä ovat muun muassa synteettinen lannoitetuotanto, energian ja lämmöntuotanto ruokatuotannon yhteydessä sekä maatalouslogistiikka ja työkoneet. Näiden kaikkien osa-alueiden osalta voi olla ainakin osittain syytä käydä läpi, missä mennään vedyn käyttöönoton mahdollisuuden kannalta ja mitä mahdollisuuksia se voisi alueellisesti tuoda tullessaan. VEPE hankkeen myöhemmissä vaiheissa pureudutaan tarkemmin siihen kuinka kannattavia ja mahdollisia nämä osa-alueet ovat. Kannattavat vaihtoehdot yhdistetään osaksi laajempaa vetytalouden toimintasuunnitelmaa, mikä on VEPE eli Vetytalous Etelä-Pohjanmaalla hankkeen viimeinen työvaihe ja edessä ekosysteemis suunnitelman ja arvoketjujen määrittämisen jälkeen.

#### 3.3.1 Lannoitteet ja lannoitetuotanto

Ammoniakista valmistetun typpilannoitteen avulla typen määrä lisääntyy maaperässä ja samalla kasvien ravinteiden saanti kasvaa, mikä johtaa parempiin satoihin (Arasto, 2023). Arvioiden mukaan noin puolet tai tarkemmin sanoen 48% maailman väestöstä ruokitaan epäorgaanisten lannoitteiden avulla, mikä on samalla mahdollistanut ihmispopulaation kasvamisen 1900-luvulla aina näihin päiviin asti (Nature Synthesis, 2023). Perinteinen tapa valmistaa lannoitteita pitää sisällään vedyn valmistuksen erottamalla sen maakaasusta ja yhdistämisen ilmakehän tyyppeen Haber-Bosch prosessin avulla. Tämä on hyvin energiantehokas prosessi, mikä kuluttaa noin 1-2% maailman kokonaisenergian tarpeesta ja tuottaa samalla 1-3% maailman hiilidioksidipäästöistä (Nature Synthesis, 2023). Päästöistä voidaan

päästä lähes täysin eroon korvaamalla harmaa vety puhtaalla sähköllä ja elektrolyysillä tuotetulla vedyllä.

VEP-hankkeessa arvioitiin, että epäorgaanisen typpilannoitteen tarve Etelä-Pohjanmaalla on noin 17 600 tonnia vuodessa, mikä pohjautuu peltoa-ala arvioon ja sen suhdeluun koko Suomeen verrattuna (Palkia & Manninen, 2024, s. 10). Epäorgaanista typpilannoitetta käytettiin Suomessa noin 150 000 tonnia vuonna 2021. Määrän ei odoteta merkittävästi kasvavan tai muuttuvan tulevaisuudessa. VEP-hanke laski myös tarkemmin, että vedyn muodossa se tarkoittaa noin 3100 tonnia vetyä, minkä valmistamiseen tarvitaan noin 20-30 MW elektrolyysitehoa, mikä toimii 90% käyttöasteella. Koko Etelä-Pohjanmaan epäorgaanisen lannoitteen ja ammoniakkin tarpeen voisi kattaa siis noin 25 MW elektrolyysillä ja koko Suomea varten vaaditaan noin 210 MW elektrolyysitehoa VEP-hankkeessa esitetyn suhdeluvun mukaan. Vedyn valmistus on vihreän ammoniakkin selkeästi suurin energiatarpeen meno erä. Knop Vincentin (2023) mukaan elektrolyysin jälkeinen vaihe eli vedyn muuttaminen ammoniakiksi Haber-Bosch prosessilla vaatii vain noin seitsemän prosenttia vesielektrolyysin vaatimasta energiasta.

Ammoniakki ja lannoitetuotannon osalta on syytä mainita Suomessa käynnissä olevat vihreän ammoniakkin tuotantohankkeet sekä EU:n asettamat velvoittavat tavoitteet puhtaan ammoniakkin tuotannolle 2030 mennessä. Elinkeinoelämän keskusliiton eli EK:n ylläpitämän Suomen vihreän siirtymän investointien hankelistauksen mukaan Suomessa 43 hanketta kehitteillä, mitkä liittyvät vetyyn (EK, 2024). Näistä viisi on edennyt investointipäätökseen tai ovat rakenteilla ja elektrolyysitehoa näillä on yhteensä 27,5 MW. Viidessä hankkeessa ammoniakki mainitaan erikseen lopputuotteena. Kaikki hankkeet ovat suunnitteluvaiheessa, joten toteutumisen mahdollisuutta on vaikea arvioida. Hankkeiden yhteenlaskettu elektrolyysiteho on noin 1900 MW, mikä riittäisi kattamaan koko Suomen ammoniakkin tarpeen noin 9-kertaisesti. Pelkästään Keski-Pohjanmaalle Kokkolaan on suunnitteilla sekä Flexensin 350 MW vety- ja ammoniakkin tuotantolaitos sekä Plug-Powerin 1000 MW tuotantolaitos (EK, 2024). Plug Powerin 1 GW:n laitoksen ammoniakkin vuosituotannoksi ilmoitetaan 700 000 tonnia, mikä täyttäisi Suomen markkinan tarpeen noin 4,5-kertaisesti (STT, 2023).

Minkään ammoniakki hankkeen osalta ei ole edetty vielä investointipäätökseen, mutta markkinatilanne on tämän hankemäärän suhteen uusille tulokkaille haastava. Ammoniakkituotannon arvoketjuanalyysin pohjalta onkin selvitettävä, mikä on ammoniakkin kuljetuksen logistinen osuus ja se, että voisiko Etelä-Pohjanmaa hyötyä lyhyemmistä kuljetusmatkoista, jos alueella saataisiin paikallinen markkina aikaiseksi päästöpuhtaiden lannoitteiden osalta. Syytä silti mainita, että ammoniakkia voidaan kuljettaa pitempiä matkoja merikuljetuksin, mistä Suomeen suunniteltujen hankkeiden kokoluokka myös kertoo.

Lannoitetuotannon ja vihreän ammoniakkituotannon osalta on olennaista mainita, että EU on asettanut tavoitteeksi teollisuudelle, että 42% sen käyttämästä vedystä tulee olla uusiutuvaperäistä vuoteen 2030 mennessä (Martin, 2024c). Tavoite on huomattavan kunnianhimoinen ja se tarkoittaisi noin 5,6 Mt vihreän ammoniakkin tuotantoa nykyiseen tasoon verrattuna. Silti tähänkin verrattuna Plug Powerin suunnitelmat 0,7 Mt ammoniakkin valmistuksesta Kokkolassa vaikuttaa suurelta määrältä. BNEF ennustaa, että EU tulee tuottamaan noin 2,7 Mt vihreää ammoniakkia 2030 mennessä (Martin, 2024c). EU:n määräyty tarkoittaa toisaalta sitä, että jos ammoniakki on tuotettu muualla kuin EU:ssa, niin se vähentää tavoitetasoa, vaikka se ei olisikaan vihreää ammoniakkia BNEF:n mukaan.

Vetymäärällä mitattuna 5,6 Mt ammoniakkia tarvitsee noin 1,0 Mt vetyä, mikä on 10% EU:n alueen tavoitteesta paikallisen vedynvalmistuksen suhteen (Martin 2024c). Jos tätä EU:n tavoitetta verrataan Suomen hallituksen asettamaan tavoitteeseen 10% vetytuotantomäärästä EU:n sisällä, niin



Suomessa tulisi valmistaa 100 000 tonnia vetyä ammoniakkin valmistukseen 2030 mennessä, josta saadaan Haber-Bosch prosessilla noin 560 000 tonnia ammoniakkia.

Ammoniakin maailman markkinahinta on pitkäaikaisten ennusteiden valossa noin 300-500 usd/tonni, mikä tarkoittaa, että Etelä-Pohjanmaan ammoniakkimarkkinan arvo lannoitteena on noin 5-9 miljoonaa euroa vuodessa (IEA, 2024e s. 74). Vihreän ammoniakkin tuotantokustannus on huomattavasti kalliimpi ja tällä hetkellä noin 1400 usd/tonni (IEA, 2024e s. 74). Tuotantokustannuksen näkökulmasta elektrolyysin perustuvan ammoniakkin tuotantokustannus on siis noin kolminkertainen IEA:n teknologia-arvion mukaan nykyteknologian ja sähkön hintatasolla (IEA, 2024d, s. 74) Jos IEA:n oletukset teknologian kehittymisestä toteutuvat, niin tuotantokustannusero puolittuu 2035 mennessä, jolloin synteettinen ammoniakki maksaisi 50% enemmän kuin maakaasusta reformoimalla tehty vety ja siitä edelleen ammoniakki (IEA, 2024d, s. 154). Suurin kustannukseen vaikuttava tekijä on sähkö, joten edullisen sähkön markkinoilla, joihin Suomi lukeutuu, tuotantokustannus voi olla alempi kuin keskimäärin Euroopassa.

Kuljetuskustannusten osalta voidaan IEA:n Energy Technology Perspectives 2024 selvityksen perusteella arvioida, että laivarahdin osuus, kun puhutaan Euroopan markkina-alueesta, on pieni tekijä synteettisen ammoniakkin kustannuksen osalta. Selvityksessä ei suoraan verrata ammoniakki reittiä Suomesta, mutta Espanjan Huelvan ja Alankomaiden Rotterdamin välillä kuljetuskustannus on alle viisi prosenttia synteettisen ammoniakkin kokonaiskustannuksesta (IEA, 2024d, s. 415). Välimatka Suomen ja Rotterdamin välillä lienee suurin piirtein sama, joten samoin todennäköisesti kuljetuskustannuskin. Samassa yhteydessä on syytä mainita, että metanolin kuljetuskustannus on vieläkin vähäisempi Suomen ja Alankomaiden välillä. Kysymys, mitä VEPE-hankkeessa tulee tarkemmin erityisesti selvittää, mikä mainittiin myös erikseen maakunta-analyysin yhteydessä, on kuljetuskustannusten lisäys, kun logistisesti lisätään välimatka esimerkiksi Seinäjoen ja Kokkolan välillä.

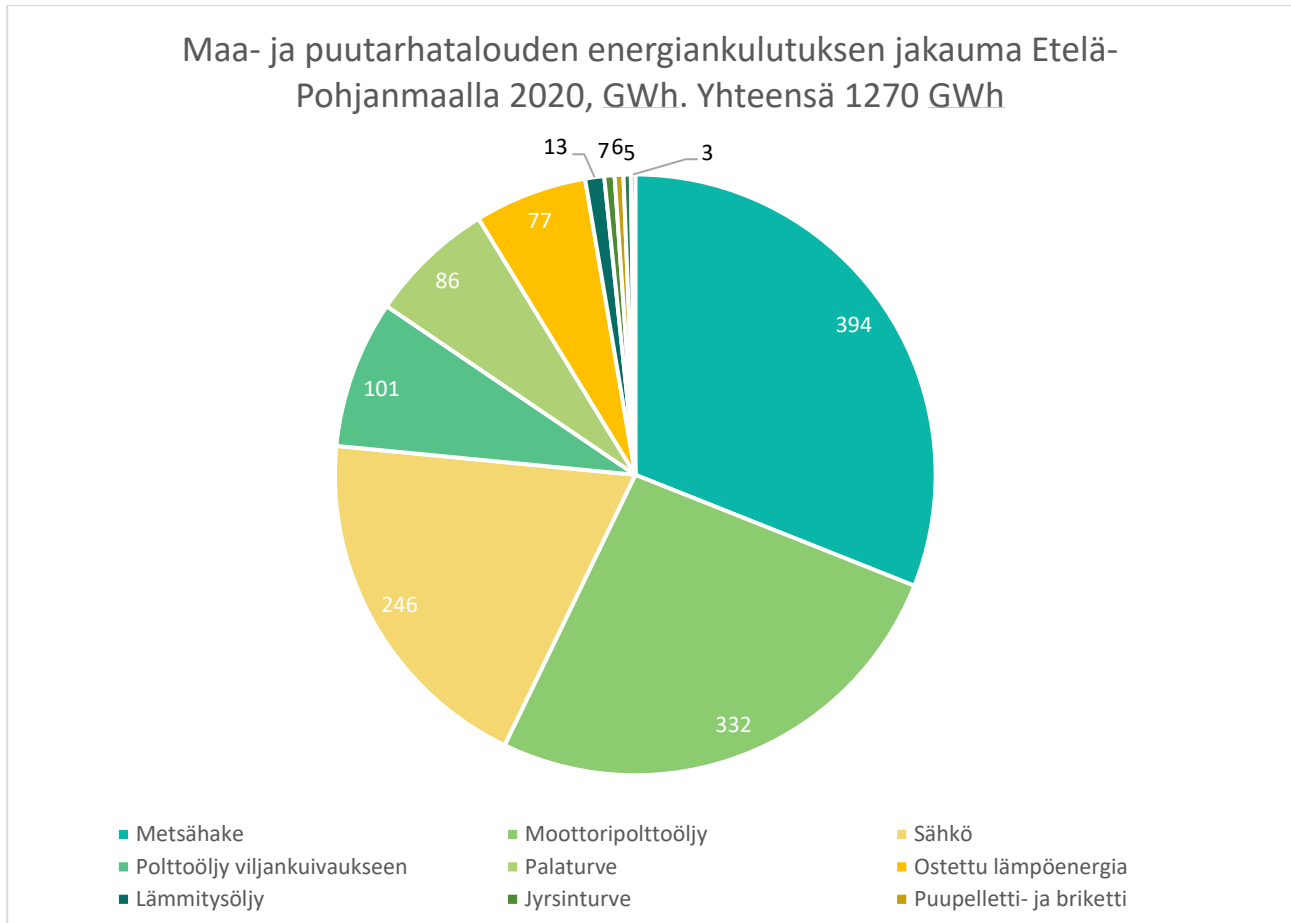
Ammoniakki on yksi vetyjohdannaisista, jonka korvaaminen vihreällä vedyllä on todella järkevää sekä päästöjen, että huoltovarmuuden osalta, joten Etelä-Pohjanmaan kannattaa seurata aktiivisesti markkinan kehittymistä. VEPE hankkeen tehtävänä on vahvistaa osittain VEP-hankkeen löydöksiä asian tiimoilta ja muodostaa niiden pohjalta suunnitelma, jossa päästöintensiivinen lannoitetarve voidaan korvata puhtaalla vaihtoehdolla lähitulevaisuudessa.

### 3.3.2 Maatalous- ja ruoka-alan energiantarve Etelä-Pohjanmaalla

Maatalous- ja ruoka-alan energian tarve on jaettu tässä yhteydessä erikseen maatalouteen ja elintarvikualan energiankulutukseen. Nämä ovat arvoketjunäkökulmasta toisiaan seuraavat vaiheet ja huomattavaa on, että kokonaisenergiatarpeen näkökulmasta alkutuotanto eli maatalous vaatii Etelä-Pohjanmaalla jopa yli 2-kertaa enemmän energiaa kuin elintarviketeollisuus (Palkia & Manninen, 2024).

Maatalouden ja puutarhatalouden energiankulutusta vuodelta 2020 energiasisällöltään suurin energianlähde on metsähake, minkä jälkeen tulevat moottoripolttoöljy ja sähkö (Palkia & Manninen, 2024, s. 9). Energiasisältöjä verrattaessa on otettava huomioon kuinka paljon työtä ja hukkaa eri energiamuodot saavat aikaiseksi. Esimerkiksi moottoripolttoöljy polttomoottorissa pystyy hyödyntämään vain 20-30% polttoaineen sisältämästä energiasta riippuen minkälaisesta polttomoottorin käyttöprofiilista on kyse (Transport & Environment, 2024c). Metsähakkeen eli puuenergian polttaminen on Motivan (2024b) mukaan mahdollista 80% hyötysuhteella, kun prosessista hyödynnetään sekä lämpö, että sähkö, mutta on epäselvää, mikä on tarkempi alueellinen hyötysuhde. Sähköratkaisujen hyötysuhde on yleensä korkea ja vähintään noin 70-80% ostetusta sähköenergiasta käyttökohteesta riippuen (Kirk, 2022).

Tämä on olennaista huomata, koska puhumme energian korvaamisesta toisella ja esimerkiksi moottoripolttoöljyn korvaaminen sähköllä voi tarkoittaa, että alkuperäistä energiaa tarvitaan 3-4 kertaa vähemmän moottoritekniikan erilaisen hyötysuhteen takia. Vedyn hyödyntämisen mahdollisuus on yksi mahdollisuus pohdittavaksi tässä yhteydessä, jos sillä voidaan korvata osa tämän alan energiantarpeesta, mutta samalla kuten aina sitä on syytä verrata muihin päästöttömiin vaihtoehtoihin.



**Kuvaaja 11. Maa- ja puutarhatalouden energiankulutuksen jakauma Etelä-Pohjanmaalla 2020 (Palkia & Manninen, 2024). Muokattu suuruusjärjestykseen.**

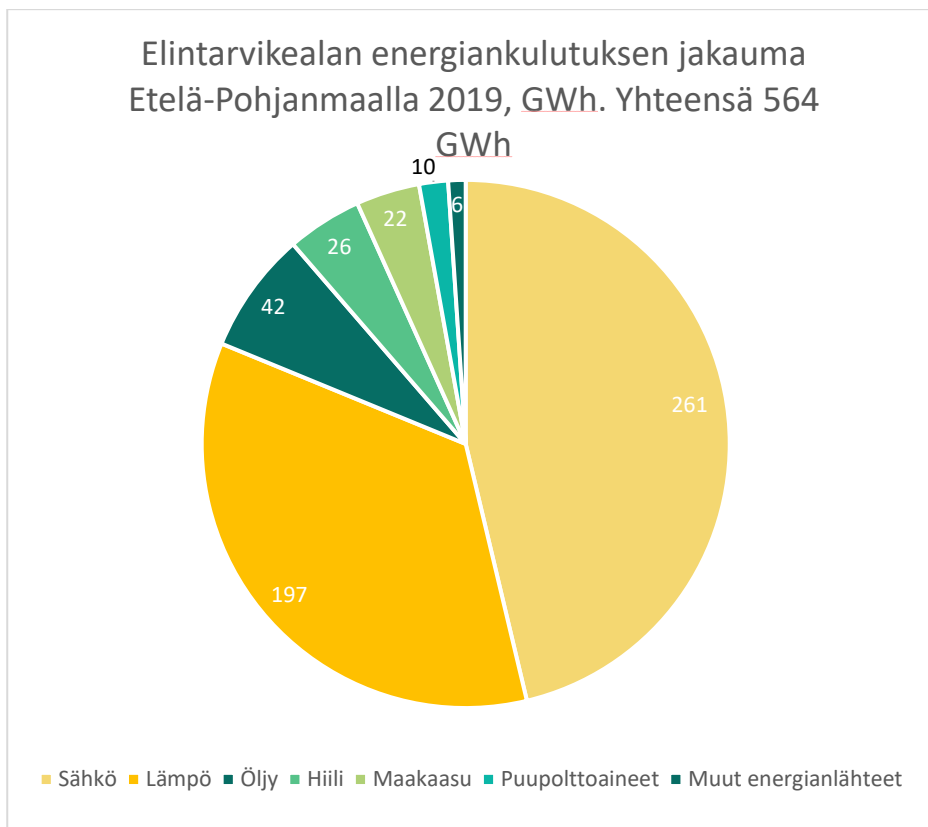
Energiakulutuksen tarkempi käsittely ja listaus on hyödyllinen lähtökohta arvioitaessa vetyyn liittyviä mahdollisuuksia energianlähteenä, koska sen osalta voidaan tehdä päätelmiä myös käyttökohteiden merkityksestä ja mahdollisesta markkina-arvosta. Laskutoimitus ei silti ole aivan yksinkertainen, vedyllä korvaamisen mahdollisuuden osalta, vaan jokaisen energialähteen käyttötarkoitus pitää arvioida erikseen.

Metsähakkeen polttaminen on maatalouden energianlähteistä suurin. Se ja muu uusiutuva bioenergia tuottaa kasvihuonekaasupäästöjä, mutta on laskennallisesti sanottuna nollapäästöistä, koska hiilidioksidin lasketaan sitoutuvan myöhemmin takaisin alkuperäiseen biologiseen olomuotoonsa. Erityishuomio vedyn kannalta kannattaa tämän alan ja sidosryhmän osalta kiinnittää työkoneisiin, jotka tarvitsevat tilastokeskuksen (2020) arvion mukaan noin 332 GWh moottoripolttoöljyä tässä nimenomaisessa käyttötarpeessa. Sen lisäksi viljankuivauksen polttoöljy tarve oli huomattava noin 101 GWh vuonna 2020. Nämä kaikki energiankäyttötavat joudutaan päästöttömässä yhteiskunnassa korvaamaan puhtaalla tavalla ja vetyä voidaan tutkia tässä yhteydessä. Samanaikaisesti on kuitenkin syytä

mainita, että vetyä ei ole syytä verrata vain pelkästään nykyisiin fossiilisiin ja bioperäisiin energianlähteisiin vaan myös sähköön, mikä on myös vedynvalmistuksen pääraaka-aine. Näihin tarkempiin arvoketju ja teknisiin kokonaisuuksiin perehdytään hankkeen toisessa ja kolmannessa työpaketissa, mutta tämä energialähteidenvertailu antaa suuntaa sen analyysin painoarvoille.

### 3.3.3 Elintarvikealan energiantarve Etelä-Pohjanmaalla

Elintarviketeollisuuden energiantarve Suomessa on vain 4% koko Suomen teollisuuden tarvitsemasta energiasta vuonna 2022 (Motiva, 2022). Terawattitunteina mitattuna se tarkoittaa noin 5 TWh energian tarvetta, mikä on huomattavasti vähemmän esimerkiksi metsäteollisuuteen verrattuna, mikä tarvitsee energiaa 73 TWh. Etelä-Pohjanmaan elintarviketeollisuuden energiankäytöstä löytyy tarkempaa tilastotietoa vuodelta 2019 (Ramboll, 2021). Tähän on kuitenkin syytä osittain suhtautua varauksella, koska kuten aiemmin mainittu, niin maakunnan energiatuotanto on moninkertaistunut tuulivoiman avulla ja vaikutus voi näkyä myös paikallisessa teollisuudessa ja sen käyttämässä energiassa.



**Kuvaaja 12. Elintarvikealan energiankäyttö Etelä-Pohjanmaalla 2019 (Ramboll, 2021).**

Ramboll (2021) selvityksen mukaan sähkö on merkittävin energianlähde Etelä-Pohjanmaan elintarviketeollisuudessa ja lämpö seuraavaksi merkittävin. Lämmön osalta ei ole tarkemmin tietoa, mitä kautta lämpö saatu aikaiseksi, mutta lämpö ja sähkö vastaavat yhdessä 81% elintarviketeollisuuden energiantarpeesta.

Vetyä on usein kaavailtu juuri teollisuuden vaikeasti sähköistettäviin prosesseihin, mutta elintarviketeollisuuden osalta vaikuttaa siltä, että suurin osa tästä lämmöstä on kuitenkin matalaa ja alle 200 asteista. Se tarkoittaa sitä, että se on suhteellisen helposti sähköistettävissä. Agoran ja Fraunhofer ISI (2024) selvitys mainitsee, että elintarviketeollisuus on ”yksi parhaista mahdollisuuksista aikaiselle ja

nopealle sähköistymiselle.” (Agora ym., 2024, s. 55). Mielenkiintoinen yksityiskohta selvityksessä on se, että sähkön ja lämmön yhteisosuus elintarvikealan kokonaisenergiankulutuksesta on hyvin vastaava 79% verrattuna Etelä-Pohjanmaan 81% sähkön ja lämmön energian yhteismäärään. Vedyn mahdollisuuksia elintarvike- ja ruoka-alalla voi, ja on syytä selvittää tarkemmin, mutta silloin tulee aina ottaa huomioon, onko vedyllä mahdollisuuksia pärjätä suoraa sähköistymisen ratkaisuja vastaan. Näitä ratkaisuja ja vaihtoehtoja tutkitaan myös tarkemmin VEPE hankkeen myöhemmissä vaiheissa.



**Kuva 2. Kuva Atrian Nurmon tehtaasta, jonka yhteydessä yksi Suomen suurimmista aurinkovoimaloista, mikä tuottaa noin 8% tehtaan sähkön vuosikulutuksesta (Rintamaa, 2021).**

Elintarviketeollisuuden ja maa- sekä puutarhatalouden yhteenlaskettu energiantarve on noin 1800 GWh. Se on 21% Etelä-Pohjanmaan alueen kokonaisenergiankulutuksesta, mikä oli noin 8500 GWh pitäen sisällään siis kaiken sähkön, lämmityksen sekä myös liikenteen (Ramboll, 2021b, s. 25). Teollisuuden kokonaisenergiankäyttö Etelä-Pohjanmaalla 2019 oli noin 1234 GWh, josta elintarviketeollisuuden osuus 46%, metsäteollisuuden 27% ja kone- ja metallituoteteollisuuden osuus 18% ja muun teollisuuden 10%. Elintarviketeollisuus on siis energiankäytön näkökulmasta avainasemassa Etelä-Pohjanmaan energiatalouden tarpeessa ja siksi siihen kannattaa kiinnittää tässä selvityksessä myös tarkempi huomio vedyn mahdollisen käytön osalta. Suurimmat sähkönkäyttäjät elintarvikealalla Etelä-Pohjanmaalla ovat Atria ja Valio (Ramboll, 2021b, s. 4).

### 3.4 Logistiikka-ala ja liikenne

Tieliikenne on merkittävä energiankäyttökohde Etelä-Pohjanmaalla. Asiasta tehdyt selvitykset eivät anna tarkkaa kuvaa liikenteen käyttämän energian määrästä, mutta voidaan arvioida, että se on yli 20% koko Etelä-Pohjanmaan käyttämästä energiasta. Tarkemmin arvioiden energiaa käytettiin Etelä-Pohjanmaalla 2018 yhteensä noin 8500 GWh kuten aiemmassa kappaleessa mainittiin, josta noin 2500 GWh kohdentui tieliikenteeseen ja työkoneisiin (Ramboll, 2021b). Työkoneiden osuus tästä määrästä on noin 1/6, missä todennäköisesti on mukana myös maatalouden energiankulutuksen yhteydessä mainittu moottoripolttoöljy (Kuvaaja 11). Hiilidioksidipäästöillä mitattuna liikenteen osuus on suurin piirtein sama energiatarpeeseen verrattuna (Mäkinen ym., 2020). Raide- ja vesiliikenteen osuus on energiamäärällä mitattuna niin pieni, että se ei ole merkittävää, joten sitä ei kannata myöskään käsitellä VEPE-hankkeen yhteydessä paikallisten arvoketjujen analyysin yhteydessä, kun puhutaan vedyn mahdollisista käyttökohteista alueellisesti. Laajemmin tämä mahdollisuus kannatta tuki huomioida.

Vedystä on pitkään puhuttu nimenomaan liikennematkailijien yhteydessä ja suuret kansainväliset autoyhtiöt ovat kehittäneet vetypolttokennoautoja aina 1970-luvulta alkaen. Silloin koettiin ensimmäinen öljykriisi ja sen seurauksena monia kestäviä energiamuotoja ja niiden hyödyntämiskohteita myös suunniteltiin. BMW esimerkiksi toi ensimmäinen pilottivaiheen vetyauton esille, jossa vetyä käytettiin polttomoottorissa 1979 ja on sen jälkeen esitellyt 1980-luvulta aina 2000-luvulle asti vetyä hyödyntäviä konseptimalleja (BMW Group, 2024).

Vetymallien osalta kävi kuitenkin pitkään kuten sähköautojenkin, että ne eivät saavuttaneet merkittävää markkina-asemaa tai niitä ei edes nostettu laaja-alaiseen tuotantoon. Sähköautojen myynti on sittemmin viimeisen kymmenen vuoden aikana kehittynyt niin pitkälle, että 2023 lähes joka viides uusi auto ja yhteensä 14 miljoonaa maailmanlaajuisesti oli ladattavia (IEA, 2024e). Vetyautojen myynti ei ole kasvanut merkittävästi, vaikka vetyauto on toisaalta sähköauto, jossa energiankantajana on akkujen sijaan vety. Näyttää siltä, että henkilöautoliikenteessä vedyllä ei tule olemaan merkittävää asemaa. Yhtenä esimerkkinä siitä voidaan mainita, että sähköautoja myydään joka päivä noin 5-6 kertaa enemmän kuin polttokennoautoja koko vuoden aikana (Mckerracher, 2024).

BloombergNEF:n perustaja ja pitkäaikainen arvostettu energia-alan analyytikko Michael Liebreich on julkaissut vedynkäyttökohde aiheeseen liittyen yleisesti jaetun vetytikapuun eli englanniksi Hydrogen Ladder (versio 5) (Liebreich, 2023). Se vastaa kysymykseen vedyn potentiaalista käyttökohteista vuoteen 2035 mennessä. Siinä liikenne ja muutkin vedyn käyttökohteet on jaettu välttämättömien käyttökohteiden ja kannattamattomien kohteiden mukaan asteikolla A:sta G:hen, A:n ollessa välttämätön käyttökohteiden (ei vaihtoehtoa vedylle) ja G:n ollessa kannattamaton (ei käyttökohdetta). Liikenteen ja logistiikan sovellukset löytyvät tikuun portaan B, C, D, E, F ja G-askelmilta, mitkä on eritelty erikseen taulukossa 1.

Luokitus	Luokituksen selitys vedyn näkökulmasta	Liikenne-sovellukset			
A	Ei vaihtoehtoa vedylle				
B	Kohtalainen markkinaisuus, hyvin todennäköistä	Laivaliikenne*	Lentoliikenne*		
C	Jonkinlainen markkinaisuus mahdollista	Rannikko- ja jokilaivat	Teiden ulkopuolinen koneisto	Historiikkiautot**	
D	Pieni markkinaisuus mahdollista	Pitkän matkan tierahti ja linja-autot			
E	Niche markkinaisuus	Alueellinen tierahti			
F	Niche markkinaisuus joillakin alueilla	Lyhyen matkan lennot	Asutuskeskittymän ulkopuolinen junaliikenne	Paikalliset autolautat	Kevyet kuorma-autot
G	Ei käyttökohdetta	Metrot ja linja-autot	Urbaanit kuljetuspalvelut	2- ja 3-pyöräiset kuluneuvot	Henkilöautot

**Taulukko 1. Taulukko 1. Liikennesovellusten vedyn käytön todennäköisyys ja luokittelu vedyn mahdollisuuden mukaan. (Liebreich, 2023b: Vetytikaput). \*Ammoniakkina tai metanolina; \*\*E-polttoaineena tai biopolttoaineena.**

Punaisella merkityt sovellukset eivät ole merkittäviä Etelä-Pohjanmaan alueellisen liikenteen näkökulmasta.

Liebreichin (2023b) esittämä vetytikapua antaa vertailukohdan vedyn mahdollisuuksien osalta. On hyvin olennaista ymmärtää sovellukset, joissa vedylle ei löydy korvaavia tapoja ja käyttökohteet, joissa

vety tuskin kannattaa muihin ratkaisuihin verrattuna. Se on myös osa VEPE-hankkeen tehtävistä, jotta hankkeen viimeiseen vaiheeseen toimintasuunnitelma vastaa mahdollisimman hyvin todellisuutta.

Etelä-Pohjanmaan liikenteen osalta ja käyttökohteista vetyä löytyy asteikolta C-G eli ”jonkinlaisen markkinamahdollisuuden” ja ”ei käyttökohdetta” väliltä. Teiden ulkopuoleinen koneisto, mikä on ensimmäisenä C-asteikolla, tarkoittaa työkoneita, jotka eivät ole välittömän tie- tai sähköverkon yhteydessä. Tämän käyttökohteen osalta Etelä-Pohjanmaalla voidaan arvioida olevan suhteellisen paljon tarvetta maa- ja metsätalouden käyttötarpeiden ja koneiden yhteydessä. Liebreich (2023b) arvioi, että vedyllä on mahdollisuus jonkinlaiseen markkinaosuuteen tällä alalla. Sitä voisi olla syytä selvittää myös tarkemmin VEPE-hankkeen yhteydessä ja tämä voi osaltaan liittyä myös maa- ja puutarhatalouden energiainventoinnissa, jossa moottoripolttoöljyn kulutus oli 332 GWh. Suurin osa tästä todennäköisesti työkoneisiin.

Samassa yhteydessä vetyvaihtoehdon kannattavuutta on kuitenkin myös syytä verrata sähköisiin ratkaisuihin, koska maataloilla, jossa työkoneita usein käytetään, on usein saatavilla huomattavan iso sähköliittymä, josta voi ladata myös isomman työkoneen akkua. Akkualan ja teiden ulkopuolisen koneiden osalta kuultiin juuri myös merkittävä ilmoitus, jossa kansainvälinen moniyritys­jätti ja rautamalmikaivostoiminnan merkittävä tekijä Fortesque julkaisi yhteistyön Liebherr koneyrityksen kanssa. Heidän tarkoituksenaan on kokonaan sähköistää rautamalmikaivostoiminta Australiassa (Webb, 2024). Vaikka vedystä on puhuttu pitkään vastaavissa tie- ja sähköverkon ulkopuolisissa sovelluksissa sovellukset, eivät ne ole johtaneet käyttökohteita pitemmälle.

Seuraavaksi merkittävien arvoasteikolla on pitkän matkan tierahdi- ja linja-autot, minkä vedyn mahdollisen käyttökohteen Liebreich (2023b) on arvioinut tikapuun D-portaalle, mikä on pienen markkinaosuuden mahdollisuus. Muissa liikennekohteissa vedyllä on pieni niche-osuus tai ei ollenkaan käyttökohde mahdollisuutta. Etelä-Pohjanmaan osalta huomio kannattaa kiinnittää tämän vertailun C- ja D-tasolle, jossa vedyllä edelleen on pieni tai jonkinlainen mahdollisuus. Ne ovat myös Etelä-Pohjanmaan elinkeinorakenteen osalta olennaisia liikenteen käyttökohteita.

Liikenteen osalta vetyalaa ei voi eikä kannata tarkastella pelkästään paikallisesti. Samat lainalaisuudet, mitkä pätevät täällä pitkän matkan tierahdiin pätevät hyvin yleisesti muuallakin. Toisaalta, vaikka Etelä-Pohjanmaalla ei ole käynnissä vetyyn liittyviä hankkeita, mitkä liittyvät liikennepolttoaineisiin, Suomessa niitä on julkaistu huomattavan suuri määrä. VEPE-hankkeen arvoketjujen määrittämisen osalta voidaan selvittää liikennesovelluksia tai niche markkina-alueita, jossa vety voi pärjätä sähköä vastaan. Jos selvityksen tuoma vastaus on, että vetyä ei tarvita, niin sekin on tärkeä tieto Etelä-Pohjanmaalla toimiville ja moottoroituja ajoneuvoja käyttäville toimijoille.

### 3.4.1 Merenkulku- ja lentoliikenne

Kansainvälisesti merenkulku on ala, jolla vetyperusteisista tuotteista kuten metanolista tai ammoniakista odotetaan yleisesti puhtaampaa korvaajaa fossiilisille polttoaineille biopolttoaineiden lisäksi. Tämä näkyy myös Liebreich listauksessa, jossa laivaliikenne löytyy vetytikapuun B-askelmalta. EU on tässä suhteessa myös etupainotteisesti säättämässä lakeja ja tavoitteita, mitkä edistävät asiaa. Niistä merkittävin on RFNBO (Renewable fuel from non-biologic origins) polttoaineet ja niitä koskevat sitovat tavoitemäärät. Nykyinen sitova tavoitetaso Euroopassa on, että 2% laivaliikenteen käyttämästä polttoaineesta tulee olla RFNBO-pohjaista 2034 mennessä. Se tarkoittaisi vetymäärällä mitattuna noin 90-105 kt tarvetta puhtaalle vedylle, mikä voidaan saavuttaa noin 800-950 MW elektrolyysiteholla Euroopanlaajuisesti (IEA, 2024b, s. 47).

Tämän lisäksi Euroopan Unioni ottaa käyttöön liikennettä koskevan päästökaupan, missä päästötonnin hinta voi tuoreimpien arvioiden mukaan nousta jopa 50-200 eur/ CO<sup>2</sup>-tonni tasolle. Henkilöautoliikenteessä tämä päästöhinnan korkein taso voi tarkoittaa jopa 40-60 sentin litrahinnan korotusta, mikä tarkoittaisi noin 20-30% korotusta hintatasoon (Pelli, 2024c). Vaikutus laivapolttoaineissa on todennäköisesti samansuuntainen, mikä samalla parantaa uusiutuvaan energiaan pohjautuvien polttoaineiden kannattavuutta.

Lentoliikenne on toinen todennäköinen vetyjohdannaisten polttoaineiden käyttökohde laivaliikenteen lisäksi. EU:n Sustainable Aviation Fuel (SAF) regulaatio ja sitovat määräykset ovat tärkeitä tekijöitä vedyn tuotannon osalta. Lentoliikenne löytyy laivaliikenteen tapaan Liebreich (2023b) vetytikapuun toiseksi korkeimmalta tasolta. SAF tavoitetaso nousee vuosina 2030 ja 2035 tasolle 6% ja 20% vastaavasti. Suurin osa tästä tullaan täyttämään biopohjaisilla polttoaineilla, mutta samanaikaisesti vaaditaan myös, että synteettisen kerosiinin eli lentopolttoaineen osuus nousee 2030 tasolle 1,2% polttoaineesta ja vuonna 2035 viiteen prosenttiin (Transport & Environment, 2024, s. 9). Vetytuotanto tulee siis skaalautumaan tämän tavoitteen mukaan, ellei Euroopan Unionin uusi komissio muuta tavoitetasoa.

Vuosi	E-kerosiinin osuus polttoaineesta, vaatimus	E-kerosiinin määrä EU:ssa, Mt	Tarvittavan vedyn määrä e-kerosiinin valmistamiseen*, Mt
2030	1,2 %	0,6	0,3
2031	1,2 %	0,6	0,3
2032	2,0 %	1	0,4
2033	2,0 %	1	0,4
2034	2,0 %	1,7	0,8
2035	5,0 %	2,5	1,1

**Taulukko 2. EU:n ReFuelEU sitovien synteettisten polttoaineiden vaatimustason vaikutus e-kerosiinin ja samalla puhtaan vedyn tuotannon määrään. \*laskelmat pohjautuen (Transport & Environment, 2024 & Concave, 2022)**

Lentoliikenteen vaikutus puhtaaseen vetyyn näyttää olevan huomattavasti suurempi kuin laivaliikenteen nykyisellä regulaation tavoitetasolla. Kun huomioidaan Transport & Environment (2024) lähdetiedon arvioima e-kerosiinin määrä EU:ssa ja Concave (2022, s. 7 & 10) selvityksen perusteella laskettavissa oleva e-kerosiinin vetytitoisuus (0,45 kg-h<sup>2</sup>/ 1 kg e-kerosiinia). Vetytuotannon tarve 2030 kasvaa 0,3 Mt tasosta 1,1 Mt vuoteen 2035 mennessä. Se on huomattava lisäys EU:n nykyiseen harmaan vetytarpeeseen verrattuna, mikä oli vuonna 2023 noin 7,9 Mt (European Hydrogen Observatory, 2024). Silti huomattavaa myös, että 0,3 Mt vetytuotantotasoa 2030 on vain 3% komission 10 Mt vetytuotantotavoitteesta.

Tuotantotavoitteiden ja määrien lisäksi on syytä mainita, että sähköpohjaisen lentokerosiinin uskotaan olevan huomattavasti kalliimpaa kuin fossiilipolttoaineiden. IEA (2024b, s. 47) arvioi, että vetyperustainen lentokerosiini olisi noin 4-kertaa kalliimpaa kuin fossiilinen polttoaine vuonna 2030. Transport & Environment (2024, s. 7) toisen vastaavan arvion mukaan e-kerosiini olisi 6-11 kertaa kalliimpaa. Lentolippujen hinnassa vaikutus on kuitenkin huomattavasti vähäisempi, koska polttoainekustannukset ovat 25-30% lentoyhtiöiden kustannusrakenteesta. IEA (2024b) arvioi, että EU:n ReFuelEU lentoliikenteen synteettisen polttoaineen osuuden nosto 5% nostaa lentolippujen hintaa 8% vuonna 2035. Tämän lisäksi lippujen hintaa nostaa todennäköisesti loppuosa 20% SAF polttoaine vaatimuksesta eli

bioperäiset lentopolttoaineet, joita tulee olla vähintään 15%. Kokonaisvaikutus on siis suurempi, mutta se jätetään selvityksessä arvioimatta.

Kuten äsken on mainittu, niin lento- ja laivaliikenne sisältää vedyn osalta suuren tuotannon skaalautumisen mahdollisuuden, josta osa pohjautuu EU:n laajuisiin tavoitetasoihin ja sopimuksiin, jossa fossiilisia polttoaineita pyritään vähentämään. Etelä-Pohjanmaan mahdollisuuksia osallistua näiden markkinoiden syntyymiseen on syytä tutkia tarkemmin.

Suomessa ei ole yhtään synteettiseen lentokerosiiniin keskittyvää vetylaitossuunnitelmaa. Norjassa näitä hankkeita on kaksi, jotka voisivat toteutuessaan tuottaa noin 150 kt synteettistä lentopolttoainetta ja enemmän on myös suunnitteilla (Transport & Environment, 2024b). Toisaalta kaikkien Suomessa suunnitteluasteella olevien vetylaitosten lopputuote ei ole vielä tiedossa tai julkaistu tarkentavasti, joten sen pohjalta pitää tehdä vain varovaisia johtopäätöksiä.

Vedyn liikennekäytön lähtökohtien osalta on syytä mainita, että yleisesti ottaen vetyteknologiat lähtevät kisaan takamatkalta. Akkuteknologia ja sähköisen voimalinjanratkaisujen myynti on kehittynyt vauhdilla samalla, kun vetyyn liittyvä tuotantoteknologia on vasta kehitteillä. Akkualan sovellukset ovat laajassa levityksessä ja jatkavat todennäköisesti kehittymistään. Vetyperäiset liikennejärjestelmien kuten polttoakkuautojen myynti ei ole kehittynyt samanaikaisesti ollenkaan. BNEF (2023, s.1) mainitsee heidän 2023 vuoden sähköisen liikenteen markkinakatsauksessaan yhteenvedon omaisesti tieliikenteestä, että:

*”Suora sähköistys akkujen kautta on tehokkain, kustannustehokkain ja kaupallisesti edullisin tieliikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen. Polttoakkuautoilla on roolinsa joissakin vaikeasti sähköistettävissä pitkän matkan kuljetussovelluksissa, mutta niillä ei ole merkittävää roolia henkilöautopuolella. Synteettiset polttoaineet eivät saavu tarvittavassa mittasuhteessa ajoissa tai hintaluokassa, jotta niillä olisi materiaallinen vaikutus tieliikenteeseen.”*

Laiva- ja lentoliikenteen sähköistäminen on pitemmissä kantimissa, mutta toisaalta ne eivät suoranaisesti kosketa Etelä-Pohjanmaan liikenteen tarpeita. Välillisesti mahdollisuus on tutkimisen arvoinen kuten aiemmin mainittiin, koska Etelä-Pohjanmaalla on huomattava sähkötalouden skaalaamisen mahdollisuus ja sitä kautta myös vedyn tuotantopotentiaali.

### 3.5 Muut sidosryhmät vedyn kannalta

Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan energiaselvityksistä selviää, että maatalouden ja elintarviketeollisuuden lisäksi selkeästi merkittävimmät energiankäyttäjät ovat metsäteollisuus ja kone- ja metallituoteteollisuus. Yhteensä nämä kaksi alaa käyttävät 43% Etelä-Pohjanmaan seudun teollisuuden energiasta (sähkö+ muut energianlähteet) eli lähes yhtä paljon kuin elintarviketeollisuus yksinään (Ramboll, 2021b). Energiasiirtymässä ja päästöjen vähennyksessä on huomattavissa määrin kyse energianlähteiden puhdistamisesta, joten nämä ansaitsevat myös VEPE-hankkeen huomion. Tässä hankkeen ensimmäisen työpaketin selvityksessä tutustutaan seuraavaksi näiden alojen energiankulutukseen ja tuodaan lyhyesti esille alan merkittävimpiä yrityksiä, mikä pohjustaa seuraavan vaiheen ekosysteemikartoitusta ja arvoketjujen mallinnusta.

Metsäteollisuus kuluttaa 27% Etelä-Pohjanmaan teollisuuden energiasta ja se jakaantuu pääosin sähköön 153 GWh ja puupolttoaineisiin 138 GWh. Muita energianlähteitä on 38 GWh:n verran. Etelä-Pohjanmaan osalta mainitaan erikseen puuteollisuus ja sahat, joita on suhteessa enemmän kuin muualla





Suomessa. Suurimmat näistä ovat Keitele Timberin Alajärven saha sekä puutuotteiden ja huonekalujen valmistajat (Ramboll, 2021b, s. 4). Puutuotteiden merkitys alueen metsäbiotaloudesta oli 2018 yli 55%, joten aluetaloudellisesti huomio kannattaa kiinnittää erityisesti tähän osa-alueeseen taloudellisen näkökulman puolesta. Metsäbiotalouden työllisistä ala käsittää 53%. Metsänhoito on aluetaloudellisesti toiseksi merkittävin tuotetun arvon mukaan noin 24% osuudella arvosta, mutta työllistää vain 13% Etelä-Pohjanmaan alueen metsäteollisuuden työllisistä (Tapio, 2018).



**Kuva 3. Keitele Groupin Alajärven saha on Pohjanmaan suurin teollinen tukin käyttäjä. Merkittävä osa puumateriaalista jalostetaan yhtiön Keiteleen tuotantolaitoksella liimapuuksi ja myydään edelleen yhtiön pää-markkina-alueelle Japaniin (Keitele Group, 2023)**

Ottaen huomioon, että puu on sahojen sekä huonekaluvalmistajien pääraaka-aine, niin vetyä voi olla vaikea perustella korvaavaksi energiavaihtoehdoksi. Suora sähkö on myös todennäköisesti esimerkiksi sahaympäristössä järkevämpi ratkaisu, jos bioperäisen raaka-aineen hiilidioksidipäästöistä halutaan päästä eroon puupolttoaineiden osalta. Metsäteollisuuden energiankäyttöön on syytä perehtyä tarkemmin ja pohtia mitä energiamuutos tarkoittaa heidän kannaltaan ja miten se voidaan toteuttaa mahdollisimman kannattavasti.

Kone- ja metallituoteteollisuus käyttää 17% Etelä-Pohjanmaan alueen teollisuuden energiasta. Suurimmat kuluttajat sen osalta ovat SSAB-konserniin kuuluva Ruukki Construction, jolla on tehtaat Vimpelissä, Alajärvellä ja Peräseinäjoella sekä ABB ja Wärtsilä (Ramboll, 2021b, s. 4). Tämänkin teollisuuden osa-alueen energiankulutuksesta lähes puolet eli 103 GWh (47%) on sähköä. Sen jälkeen merkittävimmät energianlähteet ovat lämpö 67 GWh (30%) ja öljy 38 GWh (17%). Ruukki Constructionilla on ollut ainakin Vimpelin tehtaalla menossa investointiohjelma, jossa laitekantaa on uusittu ja samalla tuotantolinjan energiatehokkuus on parantunut (Ruukki, 2023). Tehtaiden tuotteet ovat muun muassa kattomateriaaleja. Konsernilla on kokonaisuudessaan tavoite vähentää hiilidioksidipäästöjä 25% vuoteen 2026 mennessä. Muutos tarkoittaa muun muassa sitä, että tehtaiden logistiikassa siirrytään käyttämään biopolttoaineita, mikä vähentää trukkien päästöjä (Järviseudun Sanomat, 2021).

Vetypelkistetty teräs on mahdollisesti osa tehtaiden tulevaa tuotevalikoimaa, koska Ruukki on osa SSAB-konsernia, joka etenee vetypelkistetyn teräksen suhteen vauhdilla. Ruotsissa päätettiin investoida raudan vetypelkistysprosessiin ja Suomeenkin on suunnitteilla puhdas tuotantolinjasto tulevaisuudessa Raaheen (Tilvis, 2024). Vetypelkistetyn teräksen tuominen Ruotsista tai edes Raahesta ei suoranaisesti

vaikuta Etelä-Pohjanmaan alueen energiatalouteen tai tarpeeseen, mutta on osa vetytalouden arvoketjua. VEPE-hankkeen osalta voitaisiin selvittää, minkälainen markkina ja arvoketjumahdollisuus vetypelkistetyille kattoteräsrakenteille on tulevaisuudessa. Toisin sanoen, onko kalliimmalle, mutta puhtaalle materiaalille markkinoita? Tällä voi olla myös merkittäviä aluetaloudellisia vaikutuksia Etelä-Pohjanmaalla, koska Ruukin kolme tehdasta sijaitsevat maakunnassa. Energiataloudellisessa mielessä hankkeen osalta on erikseen keskittyä näiden erityisten teollisuusalojen lämmön ja öljyn kulutukseen ja niiden korvaamiseen puhtaammilla vaihtoehdoilla.

### 3.5.1 Raudan vetypelkistämisen mahdollisuus Etelä-Pohjanmaalla

Teräksen ja raudan valmistuksen osalta puhutaan materiaalituotannon alkutuotannosta, mikä on arvoketjussa hyvin varhaisessa vaiheessa. Arvonlisä, mitä suoritteille annetaan, on sidonnainen saatavilla olevan energian ja materiaalin edullisuuteen sekä logistisiin kustannuksiin. Ottaen huomioon kuinka suuri puhtaan energian tuotannon potentiaali Etelä-Pohjanmaalla on, tämän hankkeen yhteydessä voisi olla aiheellista selvittää myös tarkemmin, mikä on raudan suoran vetypelkistäminen mahdollisuus Etelä-Pohjanmaalla.

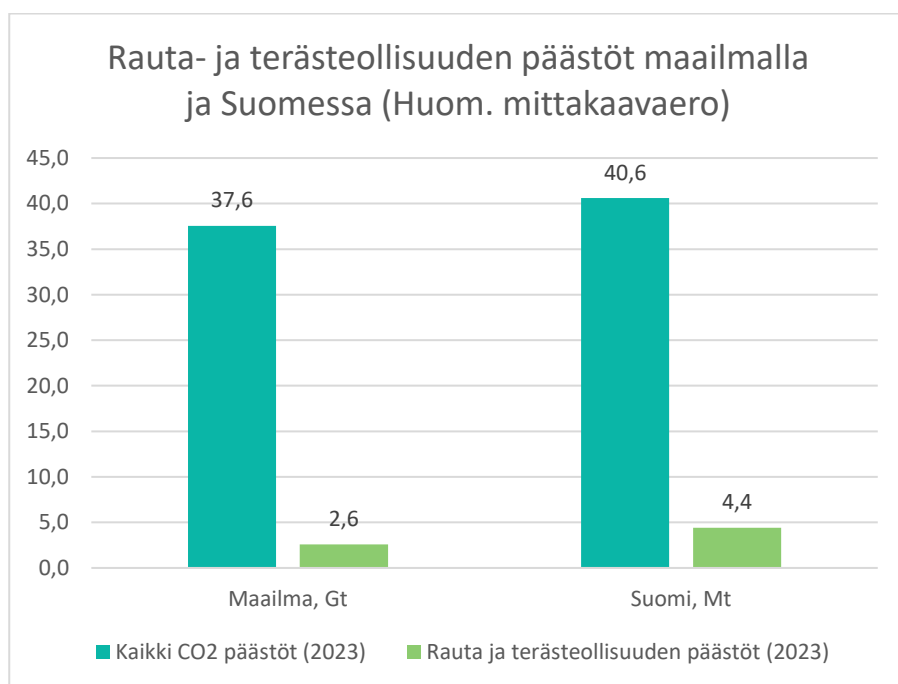
Historiallisessa mielessä voidaan sivuhuomautuksena mainita, että Etelä-Pohjanmaalla on ollut rautamalmin louhintaan liittyvää kaivostoimintaa, mutta se päättyi 200 vuotta sitten 1830-luvulla (Rintamaa, 2024). Seinäjoen kaupungin välittömässä läheisyydessä toimi 1550-1830 aikana Vittingin kaivos, jossa malmia louhittiin Ruotsin kuningaskunnan tarpeisiin. Samassa yhteydessä alueelle perustettiin Pohjanmaan ensimmäinen ruukki eli varhainen metallituotannon yksikkö. 1820-luvulla alueella aloitettiin ruudun valmistus ensimmäisenä Suomessa. Suurta uutta teollisuustarinan alkusysäystä tästä vanhasta rautamalmiosta ei kannata odottaa, mutta historian valossa asiantuntijat näkevät tämän merkittävänä tekijänä alueen teollisen kehittymisen kannalta (Rintamaa, 2024). Raudan maailmanmarkkinat ovat huomattavasti laajempia kuin 200 vuotta sitten, mutta silti aiheellista kysyä, että voiko samaa odottaa vetypelkistykseen suhteen?

Suomessa ei ole tällä hetkellä rautamalnikaivostoimintaa. Lähin rautakaivos on Ruotsissa ja valtion yhtiön eli LKAB:n omistama Kiirunan kaivos, mikä on samalla Euroopan johtava rautamalmin tuottaja. LKAB suunnittelee kasvattavan tuotantoaan 37 megatonniin, mikä voisi toteutuessaan kattaa jopa 26% koko Euroopan rautamalmin tarpeesta. Rautamalmia tarvittiin Euroopassa 2019 noin 142 Mt (Ympäristö, 2024 & Statista, 2024). Näin ollen Ruotsi ja Kiirunan kaivos tuottaa jopa lähes 90% koko Euroopassa tuotetusta tai toisin sanoen kaivetusta rautamalmita (World Steel Association, 2021). Suomeen rautamalmia ja rikasteita tuodaan noin 2,7 Mt vuodessa (TEM, 2023).

Suomessa on muutama rautamalnikaivoshanke vireillä. Otanmäki Mine Oy suunnittelee kaivostoimintaa Otanmäkeen, jossa osana tuotteita kaivetaan myös rautamalmia ja Hannukainen Mining Oy suunnittelee avaavansa rautamalnikaivoksen Kolariin vanhalle kaivosalueelle. Kaivoksen ympäristö- ja vesilupahakemus on ollut käsittelyssä Pohjois-Suomen aluehallintovirastossa pitkään (Ympäristö, 2011). Kolarin kaivoshanke on siinä mielessä merkittävä, että sen tuotanto voisi olla jopa 2,0-2,5 megatonnia (Mt) magneettirikastetta (Ympäristö, 2011). Tämä kaivos voisi siis toteutuessaan melkein täyttää koko Suomen rautamalmin tarpeen, mikä tällä hetkellä tuodaan ulkomailta. On asia erikseen, tekeekö se raudan pelkistämisestä eli rautamalmin jatkokäsittelystä sen kannattavampaa arvoketjun kannalta. Siihen on tässä vaiheessa turhan varhaista ottaa kantaa.

Nykyisellään rautalmi käsitellään pelkistysprosessissa, jossa rautalmiin sitoutunut happi erotetaan suuressa lämpötilassa fossiilisia polttoaineita käyttäen, minkä jälkeen saadaan metallista rautaa.

Se voidaan edelleen jatkojalostaa eri teräs- ja rautatuotteiksi (Lassila, 2023b). Tämä prosessi on äärimmäisen energia- ja päästöintensiivinen ja siitä esimerkkinä SSAB:n omistama rautatehdas Raahessa tuottaa yksittäisenä pistepäästönä jopa 9,2% koko Suomen hiilidioksidipäästöistä ja lukema kasvaa koko ajan muun yhteiskunnan puhdistuessa (Siekkinen, 2024). Jos Raahen lisäksi otetaan huomioon kaikki rauta- ja terästehtaat Suomessa, niin alan päästöt nousevat 11% Suomen kokonaispäästöistä 2023 (Rautalin, 2024, s. 6). Raudan ja teräksen tuotanto vastaa myös maailman tasolla noin 7-8% hiilidioksidipäästöistä, joten ongelma on samankaltainen myös muualla. Päästötön pelkistysprosessi tuotantotapa toimii vedyn avulla kuten aiemmin mainittiin SSAB:n suunnitelmien osalta. Ruotsin SSAB:n tehdas on toteutuessaan yksi ensimmäisistä teollisen mittakaavan tehtaista, mikä valmistaa vetytelkistettyä rautaa.



**Kuvaaja 13. Teräs- ja rautatuotannon päästöt ovat yksi suurimmista päästölähteistä sekä Suomessa, että maailmalla.**

Vetytelkistysprosessissa tarvitaan nimensä mukaisesti paljon vetyä, mikä nostaa puhtaan sähkön tarpeen korkeaksi. Näin ollen Etelä-Pohjanmaan suunnitteilla olevat energiatalousresurssit voivat astua kuvaan, jos arvoketjuytälö voidaan saada muuten kannattavaksi. Etelä-Pohjanmaan keskus eli Seinäjoki sijaitsee rautatieliikenteen risteyskohdasta, josta pääsee junalla sekä pohjoiseen, etelään, että rannikolle. Pelkistysprosessin jälkeisiä rauta- ja terästuotteita voidaan viedä sieltä ulkomaille tai kotimaahan. Rautatieliikenne mahdollistaa mittavien tonnimäärien liikuttamisen, mikä on etuna Etelä-Pohjanmaan osalta.

Vertailukohtana Etelä-Pohjanmaan energiaressurssien hyödyntämiseen teräksen valmistuksessa voidaan pitää Inkoossa suunnitteilla olevaa Blastr Oy:n terästehdasta, minkä tuotantotavoite on 2,7 Mt terästuotteita vuodessa (Ympäristö, 2023). Laitoksen prosessi tarvitsee toteutuakseen nykyisessä mittakaavassa 1400-1700 MW sähkötehoa ja sähköä kuluu vuodessa yhteensä 7-10 TWh. Jos Etelä-Pohjanmaan kaikki suunnitteilla olevat ja täysin luvitetut tuulivoimalat 4767 MW ja kaikki julkisesti esillä olleet aurinkovoimalat 2379 MW toteutuvat, niin Etelä-Pohjanmaa voi tuottaa tarpeeksi sähköä jopa kahta Inkooseen suunnitteilla olevaa terästehdasta varten. Vuosittainen puhtaan sähkön tuotantomäärä voisi

olla 16 TWh, kun uusiutuvan energian tuotannon kapasiteettikertoimena käytetään Suomelle ja alueelle tyypillisiä keskiarvoja.

On kuitenkin syytä huomata, että vetytuotannon tehokkuuden ja laitteistojen kestävyys on havaittu riippuvan elektrolyysiin käyttöprofiilista (Nguyen ym., 2024). Pelkästään uusiutuvien energianlähteiden varassa toimiva laitos on epätodennäköinen, joten kannattava teollinen tuotanto vaatii siis todennäköisesti suuret verkkoyhteydet tai muuta tuotannon vaihtelua varastoivaa ja tasaavaa teknologiaa kuten esimerkiksi akkuja. Tämän ongelman edessä ovat kaikki teollisen mittaluokan vetytuotantolaitokset. Jos VEPE-hankkeen toinen ja kolmas työpaketti näkee tämän asian selvityksen arvoisena, voisi raudan pelkistämisen mahdollisuutta tutkia tarkemmin ekosysteemin ja arvoketjujen näkökulmasta.

Teräs on Suomen sekä Euroopan talouden kannalta tärkeä hyödyke, jonka valmistaminen luonnon neitseellisistä raaka-aineista eli rautamalmin on erittäin päästöintensiivistä. Vedyn avulla valmistettu teräs on IEA:n mukaan noin 40-45% kalliimpaa Euroopassa kuin tavallinen teräs, mutta sen vaikutus esimerkiksi 36 500 euron sähköauton kokonaishinnassa on vain prosentti (IEA, 2024b).

Etelä-Pohjanmaalla terästä käytetään tällä hetkellä erityisesti kattopeltien valmistukseen kuten edellisessä luvussa mainittiin. Tämän sekä muidenkin terästuotteiden markkinan osalta olisi aiheellista selvittää, mikä on vetypelkistetyn teräksen vaikutus tuotteen loppuhintaan. Ehkä sieltä voi myös aueta jokin mahdollisuus puhtaalle teräkselle autoteollisuuden lisäksi, jota ei vielä ole tarkemmin huomioitu. Ostosopimukset ovat joka tapauksessa tärkeitä myös puhtaan teräksen valmistamisen osalta kuten muidenkin vetypohjaisten tuotteiden ja materiaalien, jotta kallis investointi voidaan tehdä.

Tästä osoituksena voidaan pitää sitä, että Incoon tehdas yrittää tehdä samoin ja he toivat julkisuuteen esille, että ovat tehneet aiesopimuksen 100 000 tonnin tuotannon osalta (Mäntylä, 2024). Kokonaistuotannon osalta tämä vastaa kuitenkin vain viittä prosenttia, ja johtaja Mark Bulan mukaan aiemmissa vastaavissa terästehdas kohteissa noin 50% tuotannon myynnistä on sovittu etukäteen, mikä toimii lainojen vakuutena (Mäntylä, 2024). Toinen tuore osoitus puhtaan teräksen ja ostosopimusten tärkeydestä on, että myös SSAB:n luulajan tehdas on tuonnut julkisuuteen tietoja puhtaan teräksen ostosopimuksesta Suomalaisen moduulirakennevalmistaja Parmacon kanssa. Parmaco rakentaa rakennusmoduuleista mm. väliaikaisia koulurakennuksia (Martin, 2024f).



**Kuva 4. SSAB:n omistamalla Ruukki Construction Groupilla on kolme tehdasta Etelä-Pohjanmaalla. (Vimpelissä, Alajärvellä ja Peräseinäjoella). Kuva Alajärven tehtaalta.**

### 3.6 Julkiset sidosryhmät

Julkiset sidosryhmät ovat hankkeen ja vetytalouden kannalta tärkeitä, ja ne voidaan jakaa paikallisiin, kansallisiin ja kansainvälisiin toimijoihin. Vetyalan kehittyminen on julkisen tuen varassa eivätkä paikalliset resurssit riitä alan tukemiseen isommassa määrin, vaan nämä resurssit tulee joko Euroopan Unionin tai Suomen valtion kautta. Se korostaa jälkimmäisen eli kansallisen ja kansainvälisen kategorian tärkeyttä. Esimerkiksi Harjavallan vetytuotantolaitoksen investoinnista yli puolet on Suomen valtion myöntämää tukea tai valtion sijoitusyhtiöiden myöntämiä edullisia lainoja. Tämän osalta siis on olennaista, että vetytoimijat ymmärtävät tukipolitiikan tärkeyden. Paikalliset julkiset tahot osallistuvat silti myös olennaisella tavalla energiantuotantolaitosten kaavoitukselliseen suunnitteluun, missä merkittävänä osatekijänä on ympäristö- ja rakennusluvitusprosessi, johon monet suuret teolliset hankkeet etenevät varhaisessa vaiheessa hankkeen suunnittelua.

Kansallisista julkisista sidosryhmistä tärkeimmät ovat valtakunnallisia kaasu- ja sähköverkoja hallinnoivat ja kehittävät Gasgrid sekä Fingrid, jotka ovat molemmat Suomen valtion omistamia julkisia yhtiöitä. Näiden yritysten ohjaus on pitkäjänteistä työtä, mikä ohjaa pitempiäaikaiset mallinnukset energia-alan ja kaasumarkkinan tavoitteista ja kehityksestä Suomessa. Fingrid ja Gasgrid ovat tehneet vetyalan kehittymisen suhteen huomattavan paljon yhteistyötä ja julkaisseet yhdessä mm. Energian siirtoverkon riittävyttä ja mahdollisen vetyputkiverkoston rakentamista (Gasgrid & Fingrid, 2023). Gasgridin ja Fingridin vetyalan infrastruktuurin liittyvät suunnitelmat käydään läpi tarkemmin seuraavassa eli neljännessä kappaleessa, jossa analysoidaan myös niiden merkitystä Etelä-Pohjanmaan alueellisesta näkökulmasta.

Paikallisten julkisten sidosryhmien osalta, kunnat vastaavat kaavoituksellisen työn lisäksi osaavan työvoiman koulutuksesta. Vetyalan osalta on syytä pohtia, mitä tehtäviä ja minkä vaatimustason tehtäviä se tuo tullessaan. Kuten aiemmin on mainittu, niin vetytuotantolaitoksissa työntekijöitä on hyvin vähän,

joten suurin osa tästä lisäyksestä tulee todennäköisesti palvelujen tuottamisen ja teknologian kehittämisen saralta (Vetyklusteri, 2023 & Siekkinen, 2023). Työpaikkojen lisäävä vaikutus ei ole itsetarkoitus aluetalouden kannalta, mutta yksi mittareista, jonka pohjalta hankkeiden arvoa voidaan arvioida.

Etelä-Pohjanmaan osalta korkeinta alueellista koulutusta maakunnassa tarjoaa Seinäjoen Ammattikorkeakoulu eli SeAMK. SeAMKissa vetyalaan läheisimmin liittyvät tutkintosuuntaukset ovat (Seinäjoen ammattikorkeakoulu, 2024):

- Agrobiologi (Ruuantuotannon monipuolinen osaaminen ja energiatalous)
- Agri-Food insinööri
- Kone- ja tuotantotekniikkainsinööri
- Auto- ja työkonetekniikkainsinööri

VEPE hankkeen tehtävänä on tuottaa toimintasuunnitelma, mikä voi osaltaan ohjata myös näiden koulutussuuntausten kehittämistä vedyn suhteen. Myös se tieto, että vety ei koske jotain alaa lähitulevaisuudessa on arvokasta, koska silloin resursseja voidaan ohjata tarkemmin kohdalleen. Energiatekniikan suoraa koulutusohjelmaa Seinäjoelta tai Etelä-Pohjanmaalta ei löydy, mutta se ei välttämättä ole se olennaisin osa-alue niin sanottua vetytaloutta osaamisen kehittämisen kannalta. Suurin osa arvonnäköisestä tapahtuu energian- ja vedyntuotantoprosessin jälkeen, johon kaikki edellä mainitut tutkinnot liittyvät vähintään epäsuorasti.

Kun puhutaan korkeasta osaamisesta, mitä vetyalan hankekehitysyritykset tarvitsevat, useat alan yritykset joutuvat hakemaan asiantuntijoita maakunnan ulkopuolelta ja ulkomailta. Kokkolassa uuden metaanista vetyä erottavan tehtaan perustanut Hycamite TCD Technologies työllistää LinkedInin perusteella eniten yliopistossa opiskelleita henkilöitä. LinkedInin perusteella heillä on 63 työntekijää, joista 59 eli yli 90% on ilmoittanut käyneensä yliopistotason koulutuksen (Hycamite, 2024). Sen suhteen voidaan esittää kysymys, että kuinka pitkälle AMK taustaisella koulutuksella voidaan vetyhankkeita kehittää? Suurempi mahdollisuus voi olla myös vedyn innovatiivisen käytön saralla tuoden olennaista tekniikkaa käytäntöön ja opastamalla ihmisiä sen käyttöön, johon AMK tasoisessa koulutuksessa tulisi pyrkiä. Käytännön soveltavan tutkimuksen osalta olennaista on, että ymmärretään vetyalan alueellinen laajuus, mitä VEPE hanke toivottavasti osaltaan auttaa jäsentämään.

## 4 Tärkeimmät vetyyn liittyvät suunnitelmat ja tavoitteet

VEPE hankkeen ensimmäisen työpaketin ensimmäisessä selvityksessä keskitytään seuraavaksi alueellisiin suunnitelmiin, mitkä liittyvät vetyyn. Nykytilaa on käsitelty aiemmin johdannon osalta ja investointikustannuskehitystä arvioimalla, mutta tässä kappaleessa perehdytään tarkemmin käytännön tasolla, mitä konkreettisia suunnitelmia ja niitä pohjustavia tavoitteita Etelä-Pohjanmaan alueella on vetyyn liittyen. Suunnitelmien ja tavoitteiden jälkeen viidennessä kappaleessa näiden suunnitelmien ja sidosryhmäanalyysin pohjalta käydään läpi, mitä tarpeita vetytuotanto tai siihen liittyvä -talous tuo tullessaan ennen selvityksen yhteenvetoa kappaleessa kuusi.

### 4.1 Sähköverkko- ja vedynsiirtosuunnitelmat Etelä-Pohjanmaan alueella

Vedyn tuotannon kansallisen ja aluetason suunnitelmista sähkö- ja vedynsiirtoverkko suunnitelmat ovat erittäin olennaisia. Sähköverkko sen takia, että vetytuotannon mittava sähköntarve on mahdollista vain, kun sähköverkot mahdollistavat energiantuotannon eli sähköenergian käytön mittavan kasvun. Vedynsiirtoverkon tarpeellisuutta tukee se käsitys, että vedyn siirtämisen kannalta putki on käytännössä ainoa kannattava vaihtoehto (Sivill ym., 2022). Se voi toisaalta osaltaan tarkoittaa, että vedyn tuotanto tapahtuu enemmän keskittyneesti ja paikallisesti, jossa siitä jalostetaan tarvittavia tuotteita ilman tarvetta välituotteiden kuten vedyn kuljetukselle.

Vetytuotannon osalta vaikuttaa siltä, että iso osa hankkeista painottuu valtakunnan Fingridin hallinnoiman sähkön kantaverkon yhteyteen, missä on suurin sähkönsiirtokapasiteetti tarjolla. Tällöin vetytuottajat eivät joudu maksamaan sähkönsiirrosta erikseen alueelliselle verkkotoimijalle. Alueverkko-maksujen siirtohintana on vuoden 2024 ja suuren teollisuuden osalta ollut keskimäärin noin 26,9 eur/MWh (Energiamarkkinavirasto, 2024). Jos tämä lasketaan mukaan tämän selvityksen yhteydessä myöhemmin julkaistavaan vedyn elinkaarikustannuslaskuriin, niin vedyn tuotantokustannus nousee noin 1,4 eur/ h<sup>2</sup>-kg. Se tarkoittaa 50% lisäystä sähkökustannuksiin eli huomattavaa taloudellista raskautta tuottajalle ja sitä myötä asiakkaalle. Voidaan sanoa, että se tekee vetytuotannosta kannattamatonta hankkeisiin nähden, jotka eivät maksa erikseen alueverkko-maksua tällä yleisellä tasolla. Kantaverkon yhteydestä on viime aikoina poistunut muun muassa paljon suuria hiilivoimalaitoksia, joiden alueella on tarjolla vahvat verkkoyhteydet. Näitä on järkevä hyödyntää ja iso osa vetyhankkeista, kuten esimerkiksi Blastr Steel Inkoossa ja CPC Finland Kristiinankaupungissa ovat samalla paikalla kuin vanhat käytöstä poistetut energiatuotantolaitokset.

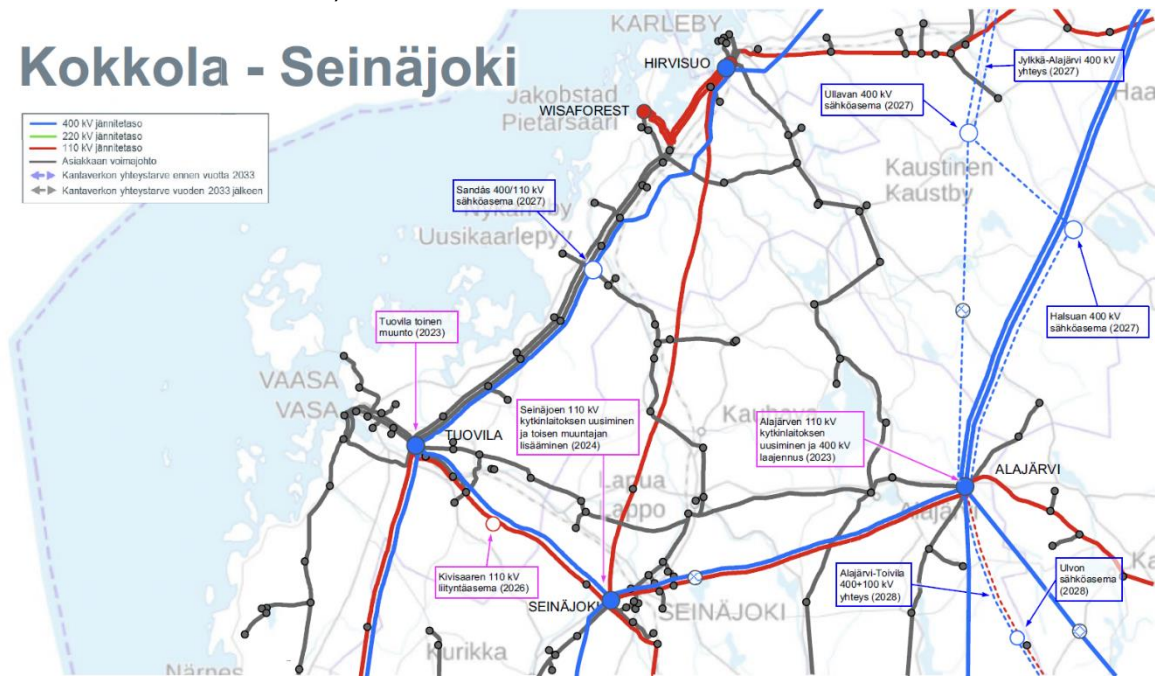
### 4.2 Sähkön kantaverkon kehityssuunnitelmat

Fingridin (2024c) sähkön tuotannon ja kulutuksen kehitysnäkymät selvityksessä voidaan havaita, että Fingrid on varautunut sähkökulutuksen huomattavaan kasvuun Suomessa. Heidän tuoreimmassa kehitysnäkymässään sähkökulutus kasvaa Suomessa yhteensä 43 TWh 2030 mennessä, mikä on yli 50% lisäys vuoteen 2022 verrattuna. Tässä huomattavaa on se, että vielä 2023 lokakuussa eli alle vuosi aiemmin Fingrid arvioi, että kulutus nousee 54 TWh (Fingrid, 2023b, s. 11). Toisin sanoen ennusteen määrä on vähentynyt 11 TWh. Vaikuttaa siltä, että iso tästä koskee vedyn valmistusta, vaikka sitä ei suoraan tuoreessa mainita. Samanaikaisesti rakennusten lämmitys, sähköautojen sähkökulutusennuste on kasvanut (Fingrid, 2024c).



Kantaverkon sijainnin osalta Etelä-Pohjanmaa sijoittuu Fingridin kantaverkon kehittämissuunnitelmassa 2024-2033 sähköntuotannon tuotannon painopistealueelle sähkön kulutuksen keskittyessä Etelään (Fingrid, 2023c, s. 13). Kantaverkon verkon kehitystarpeen pohjois-etelä suuntaisesta kasvusta kertoo se, että uusia 400 kV voimalinjoja rakennetaan 6 kpl nykyisen 5 kpl lisäksi, mikä lisää siirtokapasiteettia noin 5-6 GW sähköteholla mitattuna. Siirtokapasiteetti tulee siis yli tuplaantumaan 2033 mennessä tässä suunnassa. Muutama näistä hankkeista koskee myös Etelä-Pohjanmaata, joista merkittävimmät ovat:

- 2x Jylkkä-Alajärvi 400+100 kV -voimajohto (Suunnittelu ja luvitus; 2023-2026, Rakentaminen 2026- 2028)
- Alajärvi-Toivila 400+ 100 kV -voimajohto voimajohto (Suunnittelu ja luvitus 2023-2026; Rakentaminen 2026- 2028)



Karttakuva 8. Fingridin kantaverkko ja voimajohtohankkeet Etelä-Pohjanmaan alueella (Fingrid, 2023b).

Kantaverkon osalta Etelä-Pohjanmaalla sijaitsee huomattavia sähkön kantaverkon risteyskohtia, joista merkittävimmät ovat Seinäjoen sekä Alajärven kantaverkon risteyskohdat. Seinäjoella 400 kV kantaverkko haarautuu kolmeen suuntaan (sininen viiva) ja sinne johtaa myös sen lisäksi 110 kV jännitelinjat (punainen-viiva) Vaasasta ja Kokkolasta. Alajärvelle johtaa nykyisellään kaksi 400 kV linjaa pohjoisesta, josta ne haarautuvat kolmeen eri suuntaan, josta yksi johtaa Seinäjoelle. 2028 jälkeen näitä linjoja on suunnitelman mukaan neljä. Karttakuva 8. näkyy Alajärvelle suunniteltu uusi linjayhteys (2x 400 kV johtoa), minkä tarkoituksena on, että länsirannikon tuulivoimatuotanto voidaan siirtää yhä enemmän etelän kulutuskeskitymiin kuten aiemmin mainittiin. Etelä-Pohjanmaan alueelle on suunnitteilla myös useita uusia sähköasemia Fingridin verkon kehittämissuunnitelmassa, mikä mahdollistaa paikallisen energiantuotannon kasvattamisen tuuli- ja aurinkovoiman osalta.

Verkon kapasiteetin kasvattaminen on myös välttämätöntä, sillä tällä hetkellä Fingrid ei ota uusia tuotantoliittymiä Pohjanmaan tai Etelä-Pohjanmaan alueella. Uusia sähköntuottajia voidaan harkita vasta, kun uudet kantaverkon voimajohtot valmistuvat näillä näkymin 2028 aikana. Fingrid mainitsee Etelä-Pohjanmaalle keskittyvässä sähkönsiirtoselvityksen haastattelussa (Hari ym., 2022, s. 26), että kantaverkkoa kehitetään kuitenkin tarvepohjaisesti ja, että Fingrid tarkastelee tilannetta aktiivisesti.



Vaikuttaa siltä, että kantaverkon tukkeutumisella on silti huomattava vaikutus myös Etelä-Pohjanmaan ja sen lähialueen vetyyn liittyviin suunnitelmiin. Hankkeet, jotka voivat hyödyntää alueellisia itsenäisiä energian tuotantoresursseja ja olla mahdollisimman riippumattomia kantaverkosta voivat olla paremmissa asemassa edetä kuin ne, jotka vaativat myös kantaverkon tasaavaa sähkötarjontaa.

Suomeen tehtyjen vetytuotantosuunnitelmien perusteella vaikuttaa siltä, että suurin osa hankkeista tavoittelee kantaverkkoliittymää, minkä avulla vetytuotannon käyttöaste voidaan nostaa mahdollisimman korkeaksi. Pelkästään paikallisen uusiutuvan tuotannon varassa toimivien laitosten käyttöaste riippuu tuuli- ja aurinkovoiman tuotannosta ja siitä, miten suureksi tuotantokapasiteetti on mitoitettu tarvetta varten. Esimerkiksi CPC Finlandin suunnitelmissa tuulivoimaa rakennetaan 500 MW ja aurinkovoimaa 100 MW vetylaitosta varten, minkä sähkötarve on 200 MW. Siitäkin huolimatta, että huipputehokapasiteetti ylittää tarpeen jopa 3-kertaisesti, niin laitos sijaitsee kantaverkon välittömässä läheisyydessä Kristiinankaupungin edellisen voimalaitoksen alueella.

Sähköverkko on yksi olennaisimmista vetytuotantotalouden vaatimista osatekijöistä, mikä mahdollistaa tuotannon ajoittamisen sähkön hinnan osalta halvoille tunneille. Toisaalta se mahdollistaa mahdollisimman korkean käyttöasteen, mikä tarkoittaa edullisempaa tuotantokustannusta tuotettua vetykiloa kohti. Tätä käyttöasteen merkitystä käydään tarkemmin läpi vetytuotannon elinkaarikustannusanalyysissä, mikä julkaistaan erillisenä selvityksenä VEPE hankkeen ensimmäisen työpaketin yhteydessä.

Fingrid merkityksestä energiasiirtymässä ja kasvuun varautumisesta kertoo jotain se, että sen investointitaso vuosina 2010-2019 eli kymmenen vuoden aikana oli yhteensä 1,2-1,3 miljardia euroa, mutta uuden suunnitelman mukainen investointitarve on 4 miljardia euroa seuraavalle kymmenelle vuodelle eli 400 miljoonaa euroa vuodessa (Fingrid, 2023b). Iso osa näistä investoinneista kohdistuu myös Etelä-Pohjanmaan alueelle. Toisaalta hyvä huomata, että kantaverkon vahvistamiset eivät pelkästään riitä uuden sähköön perustuvan energiasuunnitelman tarpeisiin ja alueverkkoja joudutaan myös vahvistamaan. Eurelectricin mukaan sähkön jakeluverkkoihin joudutaan tekemään vielä suurempi investointi, mikä nousee noin 1,2 miljardiin euroon vuodessa, mikä mahdollistaa hiilineutraaliuuden 2040 mennessä (Tanskanen, 2024).

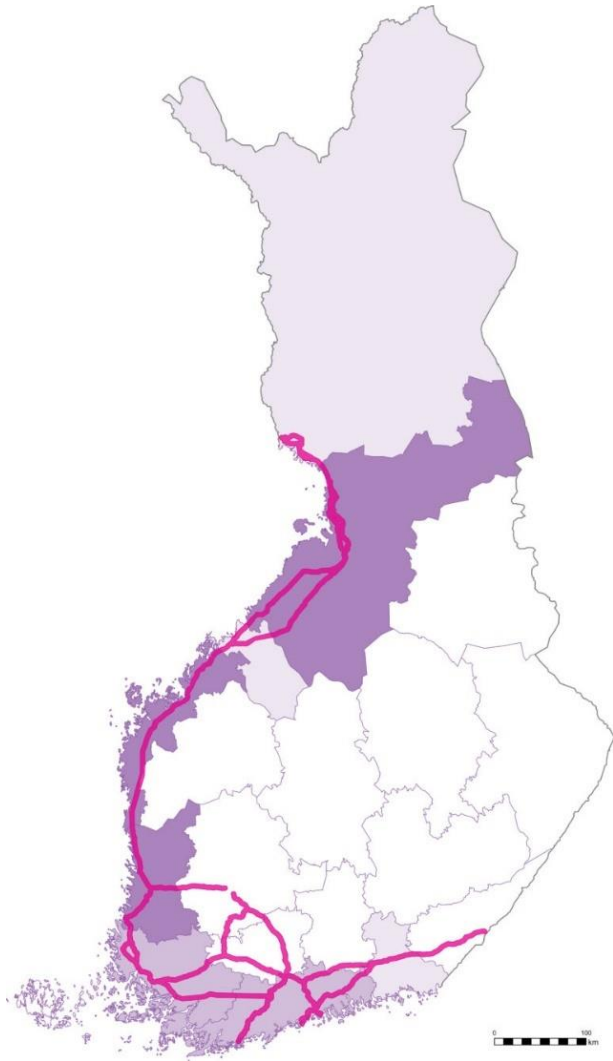
Yksi 400 kV-voimajohto voi siirtää noin 1000 MW tehoa, joten alueellisen kantaverkon sähkönsiirtokyky kasvaa merkittävästi tai toisin päin ajatellen alueelle voidaan myös siirtää enemmän sähköä. Edellisen sähkönkulutus tiedon perusteella Etelä-Pohjanmaa on ollut sähkön osalta lähinnä siirtokeskittymä ottaen huomioon, että alueellinen sähkönkulutus on ollut 2 TWh eli 2,4% koko Suomen sähkönkulutuksesta (Ramboll, 2021). VEPE hankkeen tehtävänä on selvittää, mitä mahdollisuuksia vety voi tuoda tullessaan, jolloin sähkön kulutus voi lisääntyä myös Etelä-Pohjanmaan alueella. Siirtoverkkojen asettamat pullonkaulat ovat sähköistymisen kannalta valitettavia hidastavia tekijöitä, mutta ne voivat toisaalta olla myös energiaomavaraisen ja huomattavan potentiaalinen omaavan Etelä-Pohjanmaan osalta mahdollisuus.

### 4.3 Gasgridin vedynsiirtoverkkosuunnitelmat

Gasgrid on samalla tavalla kuten myös Fingrid Suomen valtion täysin omistama yritys ja toteuttaa sille määritettyä tehtävää kaasun jakeluinfrastruktuurin omistajana ja kehittäjänä. Gasgrid eriyttiin Gasum Oy:stä 2020 EU:sta tulleen velvoitteen takia, jossa sama yhtiö ei saa vastata sekä kaasunsiirrosta, että myynnistä. Gasgridin maakaasun jakeluverkko painottuu tällä hetkellä Etelä-Suomeen Inkoo-Tampere ja Lappeenranta väliselle alueelle. Kansallisena kaasuverkkoyhtiönä Gasgridin yhdeksi merkittäväksi tehtäväksi on tämän lisäksi tullut selvittää ja kehittää kansallisen vetyinfrastruktuurin



linjausvaihtoehtoja, minkä osalta Gasgridista on tullut myös aktiivinen aluetason hankekehittäjä. Esillä olleet suunnitelmat noudattavat pitkälti Suomen länsirannikon linjaa ohittaen samalla Etelä-Pohjanmaan (Karttakuva 9). Vetyputkisuunnitelmassa on meneillään suunnitteluvaihe, mikä Gasgridin ilmoituksen mukaan voisi johtaa investointipäätökseen 2026. Vetyputki voisi olla käytössä 2030-luvun alussa (Gasgrid, 2024b).



Vedynsiirtoverkon tavoitteena on luoda markkina, jossa puhdasta vetyä voidaan siirtää tuotantokeskittymistä lähemmäksi kulutusta. Gasgrid mainitsee myös erikseen sen, että pääverkon lisäksi tavoitteena on suunnitella alueverkosto, minkä varrelle voi muodostua niin sanottuja vetylaaksoja eli vedyn kulutuksen ja tuotannon keskittymiä (Gasgrid, 2024b). Koska Suomen nykyinen vedynkulutus on keskittynyt lähinnä Porvoon jalostamon yhteyteen, verkkosuunnitelmat tehdään sen varaan, että kysyntä kasvaa merkittävästi muissa käyttötavoissa.

Yksi maininnan arvoinen tekijä on se, että suurin osa Suomeen suunnitelluista vetyhankkeista jalostaa vetyä arvoketjussa heti pitemmälle joko ammoniakiksi, metanoliksi tai e-metaaniksi. Näitä kaasuja ei voida kuljettaa vetyverkostossa, vaan ne vaativat omat logistiset varastot ja kuljetustavat. Elinkeinoelämän keskusliiton pitämän vetyhankelistauksen mukaan Suomessa on 30 kpl yli 10 MW elektrolyysihanketta vireillä marraskuussa 2024 (EK, 2024). Näistä hankkeista suurin osa ja noin 9/10 mainitsee tavoitteeksi jonkin muun lopputuotteen pelkän puhtaan vedyn lisäksi. Vety mainitaan yleensä yhtenä tuotteena, mutta sen perusteella vedyn tuotanto itsessään on vain harvojen hankkeiden päätavoite. Se herättää samalla kysymyksen siitä, että kuinka paljon vetyä tullaan siirtämään putkilinjan avulla?

### Karttakuva 9. Gasgridin alustava vedynsiirtoverkoston reittisuunnitelma 17.4.2024 (Gasgrid, 2024d)

Vetyputkiverkostoa on myöhemmin tarkoitus jatkaa mahdollisesti Saksaan, joka on asettunut huomattavia tavoitteita vedynsiirtoyhteyksille ja tuonnille ulkomailta. Yksi syy tähän on maakaasuyhteyksien katkeaminen Venäjälle sekä ydinvoimalaitosten sulkeminen, minkä takia Saksa tarvitsee korvaavaa energiaa. Teknologia tätä putkisiirtoa varten on periaatteessa olemassa, mutta vastaavat hankkeet ovat törmänneet viivästyksiin muualla. Tanskan ja Saksan välille suunnitellun lyhyemmän vetyputken avaaminen on siirtynyt vuoteen 2031 alkuperäisestä suunnitelmasta, mikä oli 2028 (Wettengel, 2024). Suomeen liittyvä suunnitelma on nimeltään Baltic Sea Hydrogen Collector, mikä yhdistää monet Itämeren alueen valtiot. Hankkeen tavoitteena on yhdistää Saksa, Ruotsi, Ahvenanmaa ja Suomi vetyputkella 2030 mennessä (Gasgrid, 2024c).

Tuoreimmat uutiset tähän hankkeeseen liittyvistä asioista nostavat hankkeen epävarmuutta toteutua. Yksi osa hankkeen kokonaisuutta on ollut ajatus yhdistää Itämeren pohjassa Suomesta Saksaan kulkevaan putkeen Itämeren alueen merituulivoimapuistokeskittymät ja niiden vedyntuotantopotentiaali. Ruotsin viranomaiset kuitenkin ilmoittivat marraskuussa 2024, että Itämerelle suunnitellusta 14 tuulivoimapuistosta vain yksi voidaan toteuttaa puolustusvoimien tarpeisiin vedoten (Virtanen, 2024). Toinen tuore saksalainen tutkimus arvostetun Fraunhofer ISI:n toimesta, minkä energiamallinnoksessa Suomella eikä Ruotsilla ole roolia vedyn viennissä Eurooppaan (Kankare, 2024). Tutkimusta voidaan pitää tiettyjen oletusarvojen perusteella kuten esimerkiksi elektrolyysisysteemitason kustannusten osalta hieman erikoisena, mutta tutkimus on silti huomattava Suomen vetysuunnitelmien osalta.

Gasgridin kansainväliset vetyputkisuunnitelmat eivät suoranaisesti liity Etelä-Pohjanmaan, mutta epäsuorasti hyvinkin paljon. VEPE hankkeen osalta voisi myöhemmissä työvaiheissa selvittää, mikä on vetytuotannon arvonlisäys, jos tuotanto siirretään puhtaana vetynä Saksaan, verrattuna vedyn käyttöön paikallisesti ja arvoketjun jalostamiseen korkeammalle. Tämä auttaisi osittain hahmottamaan myös siirtoverkoston merkitystä hankkeiden sijoitussuunnitelmien osalta. Vedynsiirtokysymyksiä, joihin on olennaista vastata Etelä-Pohjanmaan vetytaloussuunnitelmien osalta ovat:

1. Mikä on vedyn siirron vaikutus vedyntuotantokustannukseen?
2. Mihin arvoketjuihin vedyn tai vetyjalosteiden siirtokustannus vaikuttaa eniten/vähiten?
3. Voiko vedyn niin sanottu ”saarekevalmistus” sähkönsiirtoinfrastruktuurista irrallaan olla kannattavaa ja millä ehdoilla?

Ensihuomiona siirtokustannuksista voidaan mainita, että vastaavasti kuten aiemmin mainittiin sähkönsiirron kustannusvaikutuksista, niin vedyn siirron kustannusvaikutus on myös huomattava tuotannon sijoittumisen kannalta. Sivill et al. (2022) viittaa IEA:n selvitykseen, jossa vedyn siirron kuljetuskustannus 1000 km on 0,2-2,4 USD/h<sup>2</sup>-kg välillä riippuen siitä, millä tavalla vetyä siirretään. Putkisiirto on vaihtoehtoista selkeästi edullisempi, jos siihen on mahdollisuus, mutta putken paksuudella on myös suuri vaikutus kustannustasoon. Siirtokustannus ei välttämättä tarkoita sitä, että vetyputkisyhteys on ainoa tapa tehdä vetyyn liittyvistä hankkeista kannattavia. Asiasta löytyy myös huomattavan paljon täydentävää tutkimuskirjallisuutta, koska vetytuotannon ja uusiutuvan tuotannon ajallinen yhtäläisyys on nähty tärkeäksi asiaksi. Asian käsittelyä jatketaan osittain myös seuraavassa viidennessä kappaleessa, jossa analysoidaan vetytuotannon tarpeita investointien, infrastruktuurin, osaamisen ja tukien osalta.

## 5 Vetytuotannon tarpeet: Investoinnit, infrastruktuuri, osaaminen ja tuet

Vetytuotannon tarpeet voidaan pääosin jakaa neljään kategoriaan, jotka mahdollistavat puhtaan vetytuotannon, joiden analysointi on osa VEPE hankkeen ensimmäisen työpaketin kolmatta vaihetta (1.3). Kategoriat ovat: investoinnit, infrastruktuuri, osaaminen ja taloudelliset tuet. Harmaa vetytuotanto eli vedyn erottaminen maakaasusta tapahtuu ilman tukia, koska se on edullisempaa ja ollut osa kemiallisia prosesseja pitkään mm. öljynjalostuksen yhteydessä. Tässä kappaleessa keskitytään ainakin osittain siihen, mikä erottaa puhtaan vetytuotannon tarpeen harmaasta ja vertaillaan näitä kahta keskenään.

Tuet ovat puhtaan vetytuotannon osalta tärkeässä asemassa alalla, mikä ei kehity vielä markkinaehtoisesti itsestään. Tukien lisäksi on viime aikoina puhuttu ja myös päätetty mm. EU:n tasolla sitovista kiintiöistä puhtaille polttoaineille. Liikenteen toimijat veloitetaan käyttämään jokin tietty määrä synteettisiä tai bioperäisiä polttoaineita kuten kappaleessa 3.4. esitettiin.

### 5.1 Investoinnit ja infrastruktuuri

Vetytuotanto on, varsinkin elektrolyysisysteemien ollessa kalliita, huomattavan investointi-intensiivistä. Harjavaltaan rakennettavan 20 MW vetytuotantolaitoksen investointiarvo on 70 miljoonaa euroa ja näitä laitoksia pitäisi valmistua tosiaan joka kuukausi noin 7 kpl 2030 asti, jotta Suomen asettama tavoite 1 Mt vetytuotannon määrästä toteutuisi. Mitä kalliimpi investointi, sitä olennaisempaa on, että laitos toimii mahdollisimman korkealla käyttöasteella, jotta investointi rasittaa mahdollisimman vähän tuotantokustannusta. Etelä-Pohjanmaan osalta olennaista on pohtia, mitä investointeja julkiset yhteisöt alueella voivat tehdä, jotta vetytuotannon tarpeet täyttyvät.

Sen osalta huomio kiinnittyy sähkönjakeluinfrastruktuuriin sekä kanta-, että alueellisen paikallisverkon puolesta, jota käsiteltiin edellisessä kappaleessa. Sähkö on merkittävin vetytuotannon kustannuksen osatekijä, joten paikalliset investoinnit, mitkä mahdollistavat sähkötuotannon skaalautumisen ovat tärkeitä tekijöitä. Ilman skaalautuvaa sähköntuotantoa ja verkkoa, mikä voi ylläpitää korkeitakin vetytuotannon käyttöasteita, vetyinvestointeja on lähes mahdoton tehdä. Etelä-Pohjanmaan sähköntuotanto on kasvanut noin 180 MW huipputehon tasosta 1070 MW alle kymmenessä vuodessa. Suurin osa tästä tuotannosta myydään muualle kuin Etelä-Pohjanmaan alueelle. Fingridin kantaverkko on tukossa Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan alueella eikä uusia tuotantoyksiköitä oteta verkkoon ennen uuden siirtokapasiteetin valmistumista 2028 (Hari ym., 2022). Näillä investoinneilla ei ole merkitystä vain Pohjanmaan osalta, vaan myös huomattava kansallinen tarve, minkä takia investoinnit etenevät vauhdilla kohti rakentamisvaihdetta, minkä pitäisi alkaa 2026. Etelä-Pohjanmaan kannalta on olennaista, että investoinnit toteutuvat ja vetytuotannon näkökulmasta edistävät kantaverkon vahvistuksia maakunnan alueella.

Alueellinen sähkön jakeluverkko voi paikallisessa mielessä olla avainasemassa pienempien vetytuotantoyksiköiden houkuttelemisessa. Kuten aiemmin on mainittu kappaleessa 4., alueverkon siirtomaksuvaikutus keskimääräisellä tasolla on jopa 1-2 eur vetykiloa kohti, mikä tekee vetytuotannosta kannattamatonta kantaverkkoon liittymiseen verrattuna. Jos muuta mahdollisuutta ei kuitenkaan ole esimerkiksi jonkin yksittäisen Etelä-Pohjanmaalaisen kunnan osalta tavoitteena on oltava, että siirtomaksu kohtuullistetaan, jos mahdollista. Toisaalta Fingridin ylläpitämä kantaverkko on huomattavan kattava Etelä-Pohjanmaan alueella, mikä sisältää monta sähköasemaa ja liittymäkohtaa. Todennäköisintä on, että vetytuotantolaitokset sijoittuvat näihin kantaverkon yhtymäkohtiin ja keskittymiin.

### 5.2 Vetytuotannon saarekemalli

Vetytuotannon osalta on toisaalta ylläpidettävä mahdollisuutta, että se toteutuisi ilman yhteyttä kantatai aluesähköverkkoon. Tällöin tuotanto perustuu läheisiin uusiutuvan energian lähteisiin kuten aurinko- ja tuulivoimaan, joita Etelä-Pohjanmaalla on runsaasti saatavilla. Lappeenrannan teknillinen Yliopisto on käyttänyt tällaista vetytuotannon saarekemallia useissa heidän laskentamalleissaan ja päässyt hyvin edulliseen lopputulokseen vetytuotannon kustannuksen osalta (Ibáñez-Rioja ym., 2023). Heidän laskelmissaan on silti muutama tärkeä ongelma, joista eniten esille nousee elektrolyysisysteemin kustannustaso kuten aiemmin tuotiin esille kappaleessa 2.3.

Näiden tutkimusten tarkempi analysointi ja myös kriittinen tarkastelu on tärkeää, koska ne keskittyvät juuri vedyn paikalliseen saareketuotantoon. Yhtä lailla huomion näiden laskelmien osalta herättää Ibáñez-Rioja ym. (2023) arviot tuuli- ja aurinkovoiman investointikustannuskehityksestä sekä akkusysteemien hinnasta. Aurinkovoiman osalta he arvioivat, että investointikustannus 2020 oli 580 eur/kW, vaikka Irenan (2024, s. 81) ylläpitämän globaalien tietokannan mukaan investointikustannus oli lähes tuplasti enemmän ja keskimäärin 932 eur/kW. Se on laskenut 2024 mennessä 693 eur/kW keskimääräiselle tasolle vuonna 2023, mutta siitä on vielä pitkä matka Ibáñez-Rioja ym. (2023) käyttämään arvioon, että aurinkovoima maksaisi vain 390 eur/kW vuonna 2030.

Tuulivoiman osalta he käyttävät vuodelle 2020 arviona 1150 eur/kW investointitasoa, vaikka Irenan tilaston mukaan tuulivoima maksoi Suomessa 2020 noin 1305 eur/kW eikä ole laskenut vuoden 2023 keskiarvon mukaan (Irena, 2024b). Ibáñez-Rioja ym. (2023) arvioivat, että tuulivoiman capex eli investointikustannus voisi tippua 1000 eur/kW tasolle 2030 mennessä, joten arvio on sen osalta kuitenkin maltillisempi.

On huomattavaa kuinka suuri ero vuoden 2020 lähtöarvoissa on tarkemmin todennettuun kustannustasoon nähden varsinkin, kun huomioidaan kappaleessa 2.3. (s. 19-23) käsitelty investointikustannustaso. Vedyn tuotannon kannattavuuden tutkiminen sähköverkkoyhteyden ulkopuolella on silti ajankohdasta myös Etelä-Pohjanmaalla edellä mainittujen verkkoliittymien pullonkaulojen takia. Näiden tarkempien tutkimusten avulla, mikä voi hankkeen seuraavien vaiheiden mukaan liittyä myös VEPE-hankkeen kokonaisuuteen, voidaan tehdä tarkempi suunnitelma vetytuotannon paikallisen saareketuotannon edistämiseen liittyen. Paikallisten tarpeiden osalta se tarkoittaa sitä, että vetytuotanto on vapaammin sijoitettavissa.

### 5.3 Vedyn tuotannon ja vedyn jatkojalosteiden logistiikka

Sähköverkon tarpeiden ja aluekehityksen lisäksi on syytä kiinnittää huomio vedyn jatkokäyttöön ja asiakkaiden tarpeisiin. Jos asiakkaat eivät sijaitse aivan vetytuotantolaitoksen välittömässä läheisyydessä joudutaan vetyä säilömään väliaikaisesti tai muuttamaan olomuotoon, mikä on helpommin kuljetettavissa. Optimaalisinta olisi, että vedystä voidaan jatkojalostaa laitoksen välittömässä läheisyydessä esimerkiksi ammoniakkia lannoitetuotantoon tai e-metaania eli synteettistä kaasua, joka voidaan kuljettaa helpommin asiakkaille olemassa olevin logistisin ratkaisuin. Logistinen yhtälö on todennäköisesti yksi suurimmista tekijöistä, minkä takia vetyhankesuunnitelmat ovat hakeutuneet kapealle rannikkaistaleelle, mutta toisaalta siellä on myös ollut sopiva teollisuustontteja sähkön kantaverkon välittömässä läheisyydessä.

Ainoa Suomessa vireillä oleva vedyn valmistukseen liittyvä hanke, mikä ei sijaitse rannikolla tai nykyisen kaasuverkkoyhteyden läheisyydessä (kuten Ren-Gas Tampereella) on Liquid Windin hanke Haapavedellä Pohjois-Pohjanmaalla (Sipola, 2023). Hanke on myös tässä yhteydessä maininnan arvoinen, koska sijainniltaan se vastaa Etelä-Pohjanmaan monia kuntia ja rannikolle on matkaa noin 70 km. Laitoksen investointiarvoksi on mainittu 1-2 miljardia euroa ja tuotteena on tarkoitus tehdä e-metanolia laivapolttoaineeksi. Etelä-Pohjanmaasta poiketen Gasgridin vetyputkisuunnitelma haarautuu Pohjois-Pohjanmaalla kahteen osaan ja menee Haapaveden läheisyydestä, mikä voi osaltaan vähentää suunnitelman riskitasoa (Karttakuva 9, s. 64). Yhtenä merkittävänä tekijän hankkeen sijoittumiselle mainitaan se, että Haapavedelle on myös suunnitteilla etanolin ja biokaasun jalostuslaitos, jonka yhteydessä syntyvää hiilidioksidia Liquid Windin metanointilaitos voisi hyödyntää (Sipola, 2023).

Infrastruktuurin ja julkisten investointitarpeiden osalta sähköntuotantoa on vaikea pitää pullonkaulana, vaikka tällä hetkellä uutta tuotantoa ei oteta nykyisten sopimusten lisäksi kantaverkkoon. Etelä-Pohjanmaan ja sen alueen kuntien kannattaa olla aloitteellisia kuten tähänkin asti uusiutuvan energian kehitysyhtiöitä kohti ja kuunnella tarkkaan heidän tarpeitaan esimerkiksi sähköasemien päivittämisen suhteen, mikä voi mahdollistaa hankkeiden nopeamman toteutumisen. Sen suhteen tuskin silti on paljokaan lisää tehtävissä.

### 5.4 Osaaminen

Teknologiатеollisuus ry (2024) jakaa vetytalouteen liittyvät osaamistarpeet kuuteen eri kategoriaan. Kategoriat ovat:

- Vedyn tuotantoon liittyvä osaaminen
- Vetylogistiikka eli siirtäminen ja varastointi
- Vedyn käyttöön liittyvät osaamistarpeet
- Vetytalouteen liittyy laajempi energiajärjestelmien ja energiantuotannon osaamistarve,
- Liiketoimintajohtaminen
- Tuotekehityksen osaamistarpeet
- Digitalisaation liittyvät tarpeet.

Kun puhutaan Etelä-Pohjanmaan vetytaloussuunnitelmasta, mikä on VEPE-hankkeen neljännen työvaiheen tavoite, niin nämä kaikki osaamisalueet voi olla syytä käydä läpi. Osaamisalueiden painotus voi muodostua myös kilpailutekijäksi, jos ekosysteeminä mallintamalla ja arvoketjuja määrittämällä voimme saavuttaa ymmärryksen siitä, mitä osaamista tarkemmin Etelä-Pohjanmaalla tarvitaan. Vähintä, mitä paikallisilla tasolla tulee ottaa huomioon, on laajempi energiajärjestelmien ja energiantuotannon osaamistarve, joka voisi olla luonteva lisä paikallista korkeampaa teknistä koulutusta.

Vetytuotanto on prosessiteollisuutta, mikä vaatii alakohtaista osaamista kemiasta, sähkötekniikasta ja insinööritaitoja ylipäätään. Pelkät insinööritaidot eivät kuitenkaan riitä hankekehittämisen kannalta, vaan pitää myös ymmärtää, mitä taloudellisia mahdollisuuksia ratkaisuilla on. Markkinamahdollisuuden ymmärtämisestä vaikeaa tekee se, että alaa tutkivissa julkaisuissa menee visiotason arviot tulevaisuudesta ja reaali maailma sekaisin kuten kappaleessa 2.3. esitettiin.

Olenainen asia vedyn tuotannon ja niin sanotun vetytalouden osaamistarpeen osalta ymmärtää on se, että itse vedyn tuotanto työllistää vain hyvin vähän osaajia, mikä myös nostettiin jo aiemmin esille kappaleessa 2.4. Laitosten suunnittelu ja rakentaminen voi itseasiassa olla isompi osatekijä ja työllistäjä kuin itse tuotanto. Elinkeinoelämän keskusliiton ja Gaia konsulttiyrityksen tekemän arvion mukaan

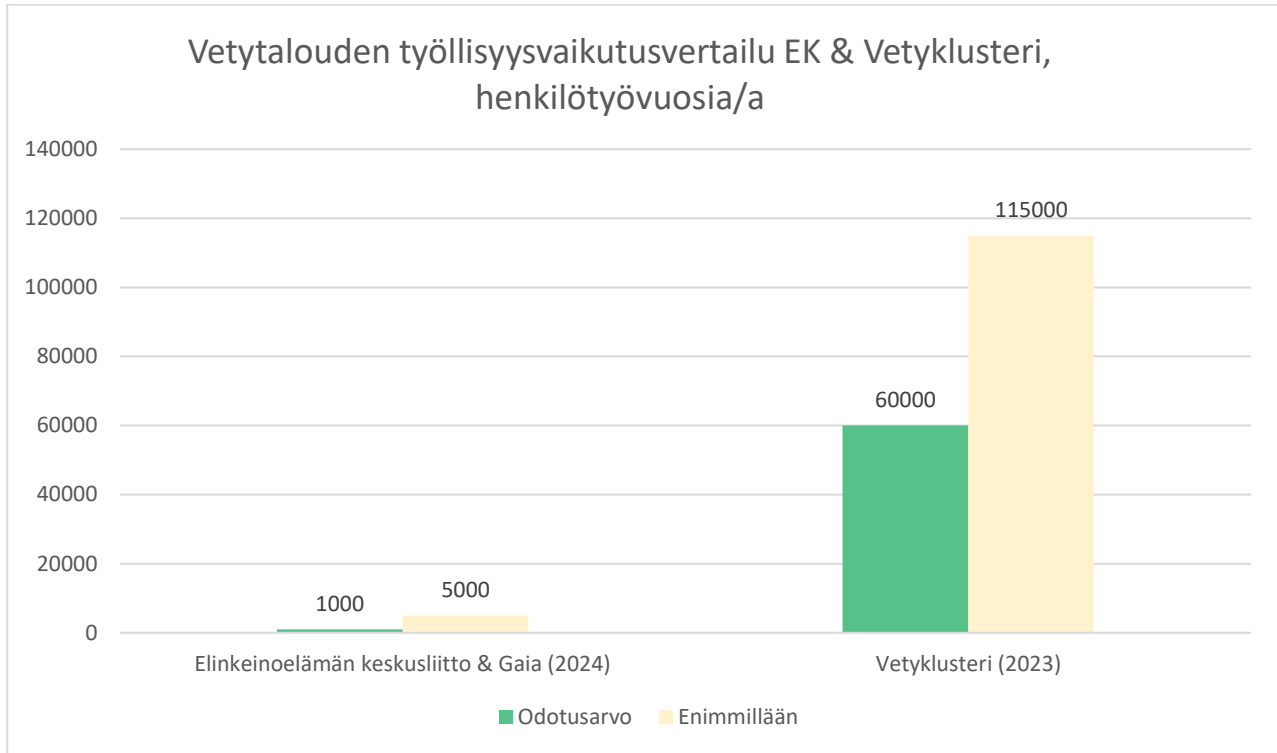
Suomessa on nyt vireillä 36 vetytuotantohanketta ja sen lisäksi 13 muuta hanketta, jotka työllistävät odotusarvoskenaarion mukaan noin 1000 henkilöä vuodessa (EK & Gaia, 2024, s. 20). Työllisyysvaikutus on maksimissaan 5000 henkilötyövuotta vuodessa, mitä ei voi pitää kovinkaan korkeana verrattuna 22 miljardin euron investointisuunnitelmatasoon. Heidän odotusarvoskenaario perustuu siihen, että 20% hankkeista toteutuu.

Vihreän siirtymän ja vetyalan investointien osajatarpeessa on silti eroja ja Blastr Steel arvioi, että vihreän teräksen valmistaminen tuo tullessaan noin 1200 käyttövaiheen työpaikkaa. Kuten aiemmin mainittiin muut sidosryhmät kappaleessa 3.B., niin Etelä-Pohjanmaalla kehitteillä olevat energiareсурssit ja sähköntuotannon lisäys voisivat mahdollistaa jopa kahden Blastr Steelin Inkoon vetyterästehtaan energiatarpeen. Jos energiareсурssihankkeista toteutuu puolet, niin se riittäisi silti yhteen Blastr Steelin kokoiseen lähes päästötöntä terästä valmistavaan tehtaaseen. Työllisten määrän lisäystä eri vetyalojen välillä kuten ammoniakki, vetyteräs ja e-polttoaineet voi olla hyvä käyttää ja verrata keskenään, kun Etelä-Pohjanmaan ekosysteemiä suunnitellaan VEPE hankkeen tulevissa työvaiheissa.

EK:n ja Gaian (2024) tekemää arviota vihreän siirtymän talousvaikutuksista voidaan käyttää arviona myös muuhun vetyyn liittyvän teknologian eli lähinnä energijärjestelmän skaalaamisen vaikutuksena aluetalouteen ja osajatarpeeseen. Tuuli- ja aurinkovoiman osalta työllisyysvaikutus on vetytuotantoa korkeampi, koska vetytuotanto vaatii sähkötalouden moninkertaistumista, mutta investointiarvoon nähden vaikutus on silti vähäisempi. Investoinnin keskiarvo megawattia kohden on näissä hankkeissa 1,42 miljoonaa euroa (hankkeiden investointiarvo/hankkeiden kokonaismäärällä). Jos investointiarvona käytetään samaa 22 miljardia euroa, mikä on vetytaloushankkeiden maksimi, niin työllisyysvaikutus on 2300 henkilötyövuotta, mikä on siis yli puolet vähemmän kuin vetytuotantoon tehty investointi.

Etelä-Pohjanmaalla on julkisten lähteiden mukaan noin 7100 MW edestä energiantuotantohankkeita vireillä. Jos odotusarvona hankkeiden toteutumiseksi käytetään EK & Gaia:n (2024) käyttämää 13% suhdelukua, niin tästä toteutuu noin 950 MW, minkä työllistävä vaikutus on 100 henkilöä lisää seuraavan 30 vuoden aikana. Kiinteistöveroä nämä hankkeet tuottaisivat saman suhdeluvun mukaan noin 4,4 miljoonaa euroa vuodessa (EK & Gaia, 2024, s. 26).

Tässä yhteydessä on syytä nostaa esille, että Suomen vetyklusteri esitti 2023 tekemässä ”Puhtaan vedytaluuden strategia Suomelle” selvityksessä, että vetytalous voisi työllistää jopa 115 000 henkilöä vuodessa vuoteen 2035 mennessä (Vetyklusteri, 2023, s. 6). EK:n ja Gaian tekemä odotusarvo kuten äsken mainittiin, on alle 1% tästä eli 1000 henkilöä ja maksimissaan noin 4% kokonaismäärästä eli 5000 henkilöä vuodessa. Syytä korostaa, että EK:n ja Gaian arvio perustuu julkisuudessa esiteltyihin hankkeisiin, joista vain muutama on rakenteilla tai edennyt investointipäätökseen. Mistä tämä ero johtuu, on olennaista Etelä-Pohjanmaan vetytaloussuunnitelmien osalta.



**Kuvaaja 14. Vetytalouden työllisyysvaikutusarvio vertailu EK & Gaia (2024) ja Vetyklusteri (2023) välillä.**

Vetyklusterin strategiasuunnitelmassa yli 80% eli jopa noin 95 000 vetyalan työpaikkaa syntyy ”vetyyn liittyvien teknologioiden ja palvelujen pariin” kymmenen vuoden aikana 2035 mennessä (Siekinen, 2023). Osa EK:n vihreän siirtymän dataikkunan ylläpitämistä hankkeista koskee näitä, mutta kyse on pienestä vähemmistöstä vetyä tuottaviin hankkeisiin verrattuna. Odotusarvoero EK:n ja Vetyklusterin välillä on silti suuri myös vetytuotannon ja johdannaisten parissa, jossa Vetyklusteri arvioi, että työpaikkoja syntyy parhaimmillaan 20 000. Toivottavasti EK:n selvitys vihreän siirtymän talousvaikutuksista toimii herätyksenä sen suhteen, mitä vetytaloudelta voidaan odottaa arvonlisäyksen ja työpaikkojen suhteen Suomessa. Julkisuuteen esille nousseet hankkeet ja niiden vaikutuksen mittakaava eroavat huomattavasti visiotason suunnitelmista.

Etelä-Pohjanmaan osalta tämä tarkoittaa kahta asiaa. On perusteltua arvioida, että suurin osa arvonlisäyksestä myös vetyalalla tehdään teknologiakehityksen ja palvelutuotteiden saralla. Tästä ehkä parhaina suomalaisina esimerkkeinä voidaan pitää Wärtsilää, joka kehittää vedyn ja vetyjalosteiden käyttöä laivapolttomootoreissa tai varhaisemman vaiheen yritys Solar Foods, joka käyttää elektrolyysia osana prosessia, missä valmistetaan proteiinia elintarviketeollisuuden tarpeisiin. Molemmissa näissäkin tapauksissa puhutaan silti vasta laitteiden ja teknologian pilotoinnista, mikä ei tue arvioita siitä, että nämä yritykset voisivat työllistää kymmeniä tuhansia henkilöitä seuraavan kymmenen vuoden aikana. Toinen johtopäätös on vetytuotanto ja sen johdannaistalous, mikä on hieman pitemmällä hankekehityksen suhteen, mutta on arvonlisäys ja työllistävältä vaikutukseltaan vähäisempi. Etelä-Pohjanmaalla ei ole luontaista tarvetta vedylle, joten uudet arvoketjut puhtaan vedyn ympärillä ovat joko lisäisiä nykyiseen verrattuna tai korvaavat jotain vanhaa fossiilipolttoaineiden arvoketjua.

VEPE-hankkeen tavoitteena on antaa suuntaviivoja myös osaajatarveasian osalta ja vastata muun muassa kysymykseen: Minkälaista osaamista Etelä-Pohjanmaan alueelta tulisi löytyä vetyalan kasvua varten? Vastaus ei todennäköisesti ole yksinkertainen joko-tai, vaan sekä-että, jossa vetyalaa yritetään edistää osaamistarpeen mukaan mahdollisimman monella arvoketjun



tasolla. Samassa yhteydessä on tärkeää, ettei energiamuutoksen muita jo taloudellisesti eteneviä kehityssuuntia aliarvioida vedyn kustannuksella.

### 5.5 Vetytuotannon julkinen tukirakenne

Suurin osa vetytuotannon tukitavoista Suomessa on tähän mennessä ollut valtakunnallista kuten esimerkiksi suora energiatuki, jota Harjavallan laitos sai 37% tuotantolaitoksen investoinnin arvosta. Toisena esimerkkinä voidaan mainita ilmastorahaston pääomailaina, jota Harjavallan P2X laitos sai 14% investoinnin arvosta (Kemia media, 2021). Myös monet muut hankkeet kuten esimerkiksi Ren-Gasin Tampereen ja Lahden laitokset ovat saaneet päätöksen energiatuesta, mikä nousee kymmeneen miljooniin euroihin (Valtioneuvosto, 2024).

Euroopan Unionin tasolla muotoiltu vetypankki on Euroopan laajuinen tuki-instrumentti, minkä tukipäätökset perustuvat tuotantolaitosten käänteisiin tarjouksiin tuenmäärästä (Euroopan komissio, 2024). Lahden Ren-Gas laitos voitti ensimmäisen tarjouskilpailun tarjoten alinta 0,37 eur/ h<sup>2</sup>-kg tukitasa tuotannolle kymmenen vuoden ajan, mikä tekee yhteensä noin 45 miljoonaa euroa. Seuraava tarjouskilpailu tuen osalta käynnistyy joulukuussa 2024, jolloin jaossa on noin 1,2 miljardin euron edestä tukea kymmenen vuoden ajalle (Euroopan komissio, 2024b). Vetypankin tuet ovat osoittautuneet merkittäväksi tukikanavaksi hankkeille, mutta tarjoavat samalla myös julkisuutta, minkä perusteella eri maiden vetytuotannon kustannustasoa voidaan verrata keskenään. Vetypankin tukitaso on silti vain pieni osa hankkeiden kokonaistukitarpeesta.

Ostosopimukset ovat tärkeitä vetytuotannon pitkäaikaisen kustannusrakenteen kannalta ja myös toinen tapa tukea hankkeita julkisesti. Sen pohjalta tuoreena esimerkkinä esille voidaan nostaa valtion omistaman maakaasuyhtiö Gasumin (Gasgrid irtautui omaksi yhtiökseen vuonna 2020) ja Ren-Gas:n välinen ostosopimus, jolla Gasum ostaa koko Tampereelle suunnitellun Ren-Gasin e-metaani tuotannon (Gasum, 2024). Tiedotteen mukaan Gasum ”ostaa kaiken Nordic Ren-Gas Tampereen laitoksen tuotannon 2026 jälkeen ja jakaa sen asiakkailleen.” (Gasum, 2024). Ostosopimukset tarkoittavat sitä, että asiakas suostuu ostamaan laitoksen tuotannon yleensä pitkäksi, vähintään 10-20 vuoden ajaksi tietyllä hinnalla. Näin investoijat voivat varmistua siitä, että kalliin investoinnin tuotannolle on ostaja vielä 10 vuodenkin päästäkin, vaikka vetyyn liittyvät tuotantokustannustasot tulisivat ennusteiden mukaan alas. Kyseessä on tuulivoimatariffiin verrattavissa oleva tukimuoto, vaikka käytäntö ei tähän mennessä ole yhtä avointa kuten Gasumin ja Ren-Gasin tapauksesta voidaan päätellä.

Maakuntatasolla tukea on tuskin mahdollista käyttää samalla tavalla kuin kansallisesti tai kansainvälisesti. Hankkeita voidaan tukea kuitenkin epäsuorasti esimerkiksi jouduttamalla kaavoitusta sekä tonttimaan edullisella vuokralla. Tämä lienee myös hyvin järkevää kuntapäätöksenteon osalta, koska pienkin vetytuotantolaitoksen kiinteistöverotusarvo on huomattava. Työllisyyslisäys jää silti usein vähäiseksi kuten esimerkiksi Tampereen Ren-Gasin yli 150 miljoonan euron laitosinvestoinnin osalta vain 17 uuteen työpaikkaan rakentamisen jälkeen (TEM, 2022).

### 5.6 Tukipolitiikan tarve ja vertaus muihin energiatukiin

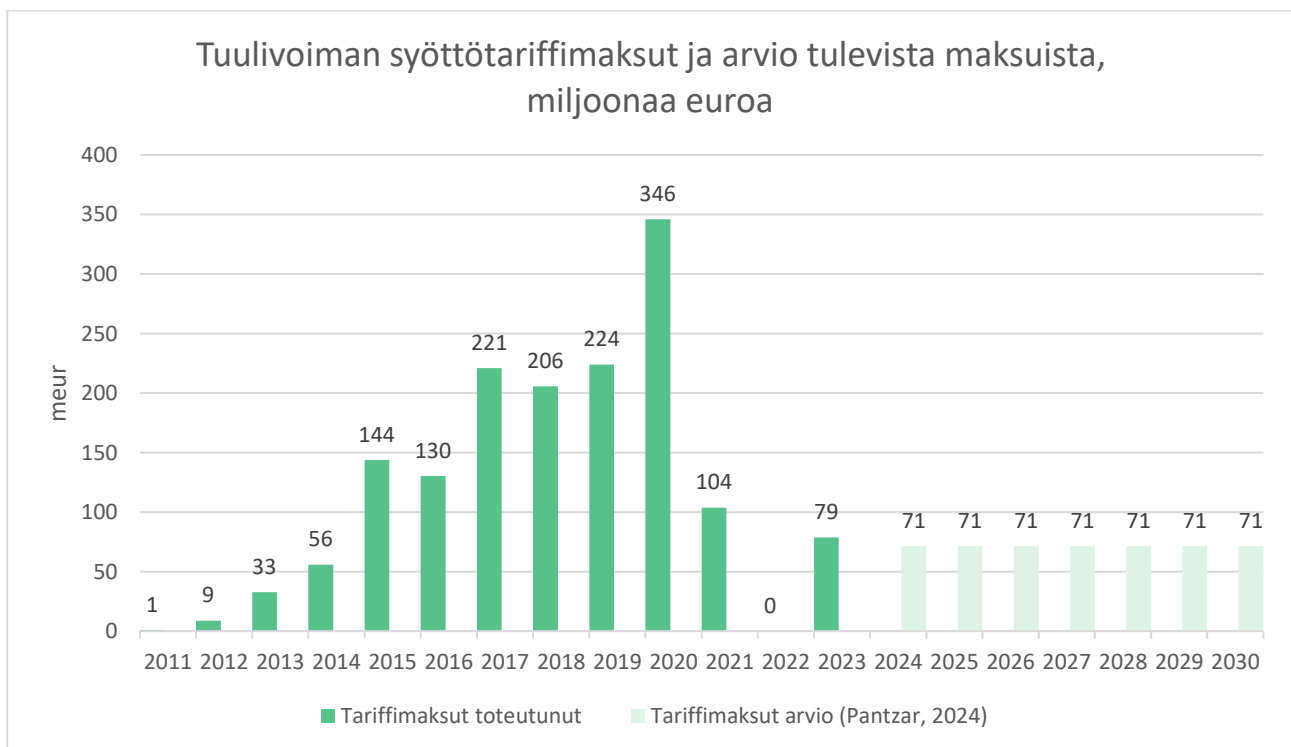
Vetyalan tukipolitiikkaa voidaan jossain määrin verrata tuulivoimateknologiaan, mikä ei ensin ollut kannattavaa sähköntuotantomuotona, mutta saavutti kannattavuuden tietyn ajan kuluessa. Tuulivoiman kehityksen varmisti nimenomaan laaja-alainen tukiympäristö. Samaa toivotaan myös vetyalan puolesta ja edellisessä kappaleessa mainitut tuki-instrumentit osaltaan näin jo toimivat. Tuulivoimatariffien

avulla investoinnit saatiin liikkeelle, vaikka sähköntuotanto ei ollut kannattavaa toisiin tuotantomuotoihin verrattuna. Osittain vähätuulisimmilla alueilla kuten esimerkiksi Saksassa tuista ei ole vielä luovuttu, mutta tuki on muuttumassa tuotantotuesta investointipohjaiseksi (Wacket & Alkousaa, 2024).

Vetyalan tukia ei voi suoraan verrata puhtaan sähköenergian tuotannon tukiiin, koska vety on energian välivaihe tai toisin sanoen sähkön tai lämmön kemiallinen varastointimuoto. Toisaalta vedynkin osalta puhutaan teknologiasta, minkä oletetaan kehittyvän ajan kuluessa edullisemmaksi. Tuulivoiman ja muun energiamaailman tuotantotuet voivat siksi olla hyviä vertauskohtia siihen, mitä vetytuotannon tukitaso voisi tai pitäisi tavoitetasojen mukaan olla Suomessa tai Euroopassa.

Sen takia tässä yhteydessä selvitettiin, kuinka paljon tuulivoiman syöttötariffitukea Suomessa on maksettu tariffin voimaantulosta alkaen ja kuinka paljon sitä todennäköisesti maksetaan sen tariffikauden loppuun eli 2030 mennessä. Se mahdollistaa analyysin siitä, mitä vetytuotannon skaalaaminen markkinaehtoiseksi tuotannon tavoitetasojen mukaan voi vaatia ja onko se mahdollista kun otetaan huomioon vedyntuotantokustannus ja tavoitetaso markkinahinnalle.

Suomen tuulivoimatariffipäätös syntyi vuonna 2009 ja ensimmäiset tuet maksettiin 2011. Sen jälkeen jokaisena vuotena on maksettu tariffin määräämän hinnan eli 83,5 eur/ MWh ja sähkön keskimääräisen hinnan erotus näille tuottajille, jotka tariffin piiriin pääsivät. Tukea on 2023 vuoden loppuun mennessä maksettu yhteensä 1551 miljoonaa euroa, mikä jakautuu 12 vuoden ajalle. Vuonna 2022 tariffia ei maksettu, koska sähkön keskimääräinen hinta oli yli tariffitason (Pelli, 2024b). Energiamarkkinaviraston johtajan, Pekka Ripatin arvion mukaan tukea maksetaan vielä noin 500 miljoonaa euroa lisää 2030 mennessä, mikä tarkoittaa, että tulevien vuosien tariffimaksujen keskiarvo on noin 71 miljoonaa euroa vuodessa (Pantzar, 2024). Tuulivoimatariffia tullaan Suomessa maksamaan siis Pantzar (2024) artikkelissa esitetyn arvion mukaan noin 2,05 miljardia euroa 2030 mennessä.



Kuvaaja 15. Tuulivoiman syöttötariffimaksut 2011-2023 ja arvio tulevista maksuista.

Kysymys kuuluu, mitä tällä samalla tukimäärällä saataisiin aikaiseksi vedyn osalta?

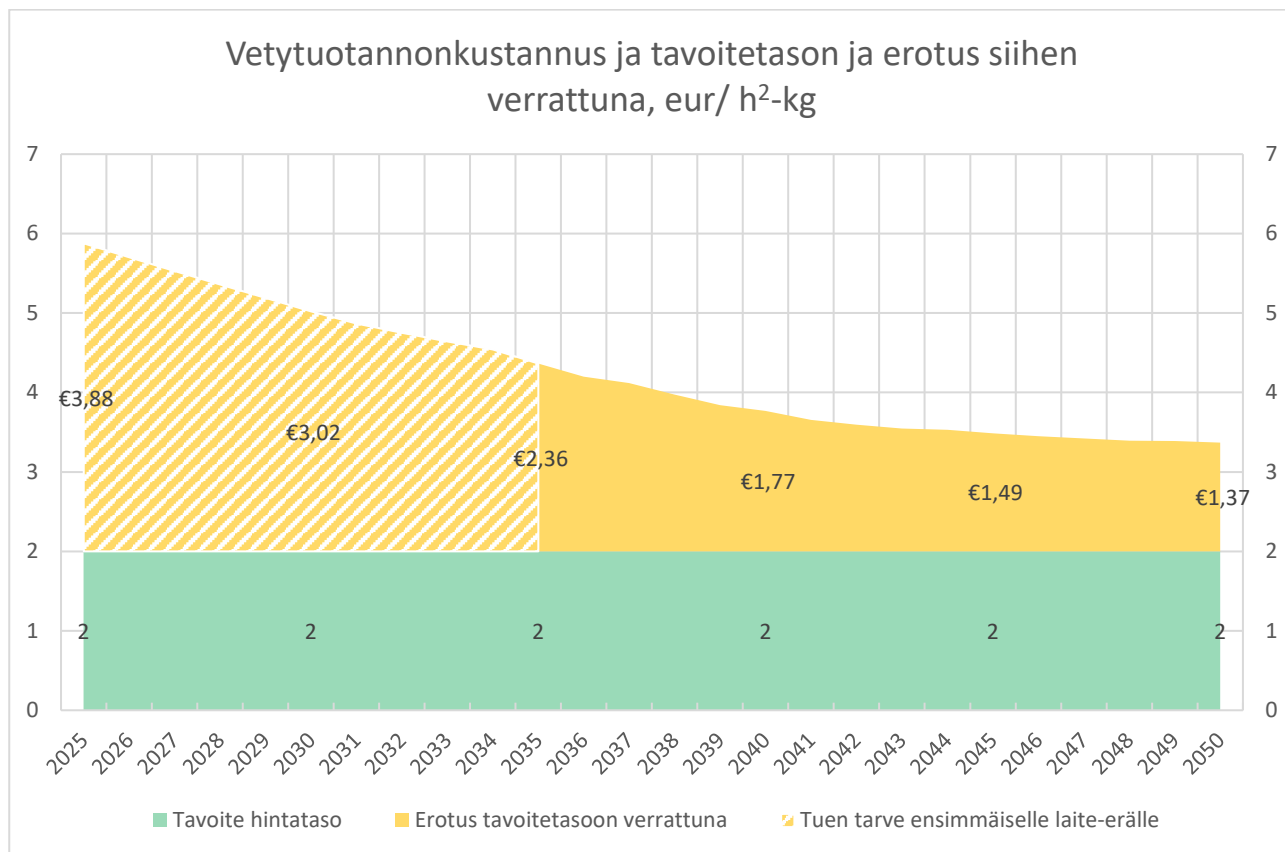
Syöttötariffi on energiateknologian tukimuotona samanlainen kuin nyt useasti vedyn osalta esille nousseet ostosopimukset (englanniksi: off-take agreement) tietyllä hinnalla. Prosessi on toki yksityisten ja julkisten sopimusten välillä eri. Toisessa tapauksessa asiakas maksaa tietyn hinnan ja toisessa tapauksessa markkinahinnasta tuotantokustannuksen erotuksen maksaa julkinen tahto eli veronmaksajat. Vetytuotanto vaatii vastaavia vakuuksia siitä, että hinta pysyy vähintään tuotannon kustannusten tasolla koko elinkaaren ajan (Burchardt ym., 2023). Tämä on yksi syy, miksi vetytuotanto investoinnit ovat hankekehitysvaiheen määrästä huolimatta harvassa, niin Euroopassa kuin Suomessakin. Ottaen huomioon sen, että vedyn tuotantokustannuksen odotetaan tippuvan lähes ennusteesta ja arviosta huolimatta, niin ilman pitkäaikaista ostosopimusta voi olla vaikea tehdä investointipäätöstä vedyn tuotantolaitoksesta kuten Burchardt ym. (2023) tuo esille.

Vetytuotannon tariffin tukitasoa varten tarvitsemme vetytuotannon elinkaaren kustannustasoarvion (LCOH-levelized cost of hydrogen) ja sen kehittymisennusteen. LCOH määritettiin tarkemmin tämän saman VEPE-hankkeen ensimmäisen työpaketin yhteydessä, mutta se julkaistaan erikseen. Tässä yhteydessä sen tuloksia julkaistaan etukäteen käyttäen sitä tukitason määrittämiseen. Vetytuotannon LCOH analyysi johti arvioon, että vedyn tuotanto maksaa nykytekniikalla noin 5,88 eur/kg ja tippuu vuosien saatossa 2035 tasolle 4,36 eur/ h<sup>2</sup>-kg. On syytä huomata, että arvio ei sisällä tuottajan katetta eikä varastointiin tai logistiikkaan liittyviä kustannuksia.

Fossiilisen vedyn tuotantokustannus on noin 1,5-2,0 usd/ h<sup>2</sup>-kg. Sillä hinnalla vihreän vedyn voi siis enustaa korvaavan nykyistä harmaata vetyä markkinaehtoisesti, mutta se tuskin riittää siihen, että vihreä vety valtaa uusia markkinoita. Kannattavuuden rajana ja tavoitteena käytetään usein silti 2 eur/ h<sup>2</sup>-kg kustannustasoa tai sitä pidetään vähintään tavoiteltavana lähtökohtana (Kosonen & Rioja, 2023). VTT:n ja Business Finlandin kansallinen vetykartta selvitys arvioi myös samoin, että: ”konsensus hyväksyttävän vedyn kustannuksesta nykyisille ja lähitulevaisuuden teknologioille on suurin piirtein vähän yli 2 eur/ h<sup>2</sup>-kg (Laurikko ym., 2020, s. 19). Samalla kuitenkin joillekin käyttökohteille kuten sähköpoltoaineille vedyn kustannuksen tulisi olla vähemmän kuin kaksi euroa per kilogramma tehdäkseen niistä kannattavia.” Vetyklusteri arvio, että vedyn tuotantokustannus olisi Suomessa 1,5 eur/ h<sup>2</sup>-kg 2030 mennessä (Vetyklusteri, 2023b, s. 6). Näin ollen niin sanotun vetytalouden ja markkinaehtoisesta vetytalouden hintatasona käytetään 2 eur/ h<sup>2</sup>-kg tämän selvityksen yhteydessä.

On syytä mainita, että vetytuotannon elinkaarikustannuksen ja markkinahinnan välinen ero ei ole ainoa asia, mikä vaikuttaa vetyalan skaalautumisen nopeuteen. Sitä voidaan edistää hinnoitteleamalla päästöoikeudet tarpeeksi korkealle tai vaatimalla tietty osuus tuotannosta uusiutuvana vihreän vedyn kautta kuten EU on nyt toimimassa. BNEF:n tuoreimman arvion mukaan nämä mekanismit synnyttävät noin 2,0 Mt kysynnän EU:n vetymarkkinoille 2030 mennessä (Tengler, 2024). Näin ollen markkinoille syntyy kysyntää vedylle riippumatta sen tuotantokustannuksesta. Tämä määrä edustaa noin 20% EU:n asettamasta tavoitteesta, joten voidaan odottaa, että se vaikuttaa myös Suomessa mahdollisesti toteutuvien hankkeiden toteutumiseen. Tämä otetaan huomioon vetytuotannon tukitarpeessa ja näin ollen markkinaehtoisesta-kokonaisvetytavoitteiden tukimäärästä vähennetään 20% sekä Suomen valtion ja vetyklusterin tavoitteiden osalta.

Oletetaan siis erikseen julkaistavan tuotantokustannuksen arviolaskelman osalta, että vetytuotantoa joudutaan tukemaan vedyntuotantokustannuksen ja tavoitellun markkinahinnan erotuksen verran.



**Kuvaaja 16. Vetytuotannon markkinahinnan kehitys elinkaarikustannuslaskelman avulla ja tavoite hintatason välinen erotus.**

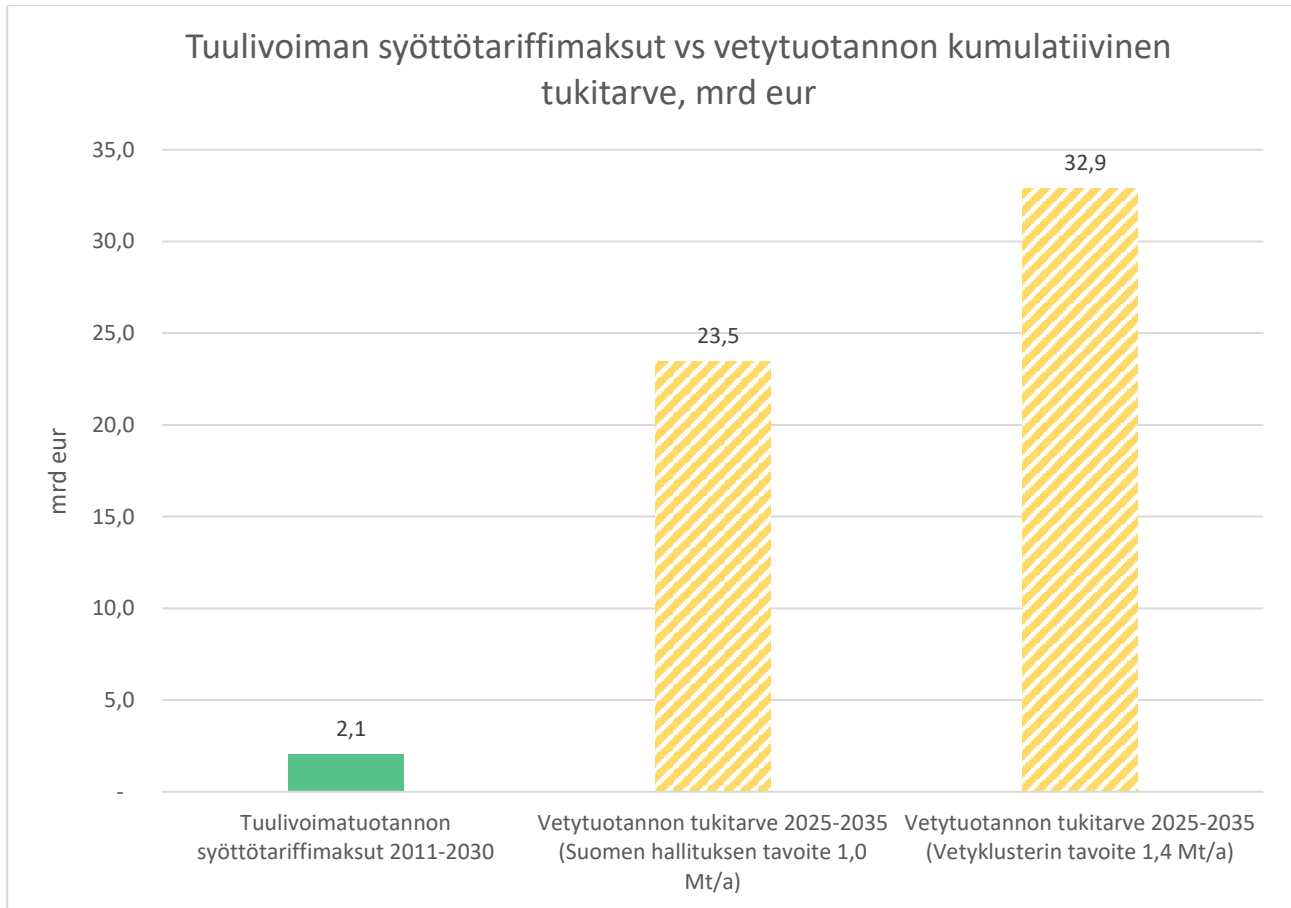
Vetytuotannon kumulatiivisen markkinahinnan kehitysarvion mukaan (kuvaaja 16.) voidaan arvioida, että tavoitellun 2 eur/h<sup>2</sup>-kg hinnan ja todellisen kustannuksen välinen keskimääräinen ero seuraavan 10 vuoden aikana on 3,15 eur/ h<sup>2</sup>-kg. Kymmenen vuoden tukitarve perustuu ensimmäisen elektrolyysilaitteiston käyttöikäarvioon. Tukea tarvitaan tämän analyysin perusteella sen jälkeenkin, mutta 10 vuoden tuki taso vastaa EU:n vetypankin tukiaikaa, joten se on myös tämän arvion perusteena. Sen jälkeen tarvitaan uusia tukia tai muita markkinatukitoimia. Vuoden 2025 alussa tukitarve on 3,88 eur/ h<sup>2</sup>-kg ja vuonna 2035 tukitarve on 2,36 eur/ h<sup>2</sup>-kg.

Näin ollen 2,05 miljardia euroa, mitä tullaan arvion mukaan käyttämään tuulivoiman syöttötariffeihin 20 vuoden aikana riittäisi vetytuotannon osalta 698 300 tonnin valmistamiseen. Se on vuositasolla mitattuna keskimäärin 69 800 tonnia (0,07 Mt) vetyä 10 vuoden ajan.

Suomen edellisen hallituksen julkaisema ja nykyisen hallituksen uudessa hallitusohjelmassa vahvistama tavoite on, että Suomi voisi tuottaa 1 000 000 tonnia vetyä vuodessa (1,0 Mt) 2030 mennessä (Valtioneuvosto 2023b, luku 7.2.). Kun otetaan huomioon, että 20% tästä ei tarvitse tukea syntyäkseen, tavoitteen saavuttaminen vaatii 23,5 miljardia euroa tukea 10 vuoden aikana eli keskimäärin 2,4 miljardia euroa vuodessa. Tuulivoimalle laissa vahvistettu tariffitaso riittää yhdeksän ensimmäisen kuukauden ajan.

Vetyalan edustusjärjestön eli Vetyklusterin esittämä tavoite on, että Suomi voisi tuottaa 1,4 Mt vetyä vuodessa. Kaksi miljardia euroa tukea riittää siihen, että kuusi prosenttia tästä tavoitteesta toteutuu ja puolen vuoden ajan. Yhteensä tukea tarvitaan 32,9 miljardia euroa.

Tukitarpeiden osalta huomattavaa on, ettei tukitasoa voida päättää vuosi kerrallaan kuten ei tuulivoimatariffiakaan, vaan päätös tuen osalta pitää tehdä seuraavaksi 10 vuodeksi koko summan osalta, jotta tavoitetasot voidaan saavuttaa. Vetytuotanto- ja tukisopimukset pitää sopia vuoteen 2030 mennessä, jotta tuotanto voi käynnistyä ennen sitä. Investoinnit eivät etene ennen kuin tuotannon kannattavuus on ratkaistu tavalla tai toisella.



**Kuvaaja 17. Tuulivoimatariffin toteutunut ja oletettu kustannus 2011-2030. Vetytuotantotavoitteiden tarvitsema tuen määrä julkisten tavoitteiden mukaan 2025-2035.**

Toinen asia ajallisen päätöksenteon tarpeen lisäksi on huomata, että laskelma on pelkästään vedyn tuotannon elinkaarilaskelma, mikä ei pidä sisällään tuotannon logistisia tai varastointikustannuksia eikä tuottajan katetta. Nämä huomioiden ja mm. aiempaan Sivill ym. (2022) logistisiinkustannuksiin viitaten markkinahinta on todennäköisesti vielä noin 2 eur/ h<sup>2</sup>-kg kalliimpi kuin kuvaajassa 16. esitetty kustannustaso. Se tarkoittaa, että 10 vuoden ajalta tukea tarvitaan näiden tarpeiden täyttämiseen 20-28 miljardia euroa lisää riippuen käytetäänkö Suomen valtioneuvoston vai vetyklusterin asettamaa vetytuotannon tavoitetasoa.

Vedyn tuottajan näkökulmasta korkea kustannustaso tarkoittaa sitä, että vedylle tarvitaan pitkäaikainen ostaja, joka on sitoutunut maksamaan tuotteesta enemmän kuin markkinan näkökulmasta kannattaa. Euroopan komission lanseeraaman vetypankin tarjoustukikilpailun piti osaltaan nimenomaan täyttää tämä harmaan ja vihreän vedyn tuotantokustannuksen välinen erotus, mutta ensimmäiset voittavat tukitarjoukset olivat silti vain luokkaa 0,40-0,50 eur/ h<sup>2</sup>-kg. Se ei siis kerro tarkemmin tukitarpeesta ollen vain osa vetytuotannon tukirakennetta. Espanjalainen vetyalan kehitysyhtiön pHyNixin

toimitusjohtaja, jolla on muutama vetyhanke rakennusvaiheessa, kommentoi tuoreeltaan tätä EU:n vetypankin tukitasoa:

”Tuet jotka jaettiin EU:n huutokaupassa vihreän vedyn tuotannolle olivat hyödyttömiä, koska ne epäonnistuivat kattamaan kustannuseroa harmaaseen vetyyn verrattuna.”(De Miguel, 2024).

IEA peräänkuuluttaa tuoreessa Global Hydrogen Review 2024 selvityksessä, että poliittiset keinot ovat vielä riittämättömiä siihen, että vetytuotanto voisi täyttää sille asetetut tavoitteet 2030 mennessä (IEA, 2024b). IEA puhuu BNEF:n tapaan (Martin, 2024) erityisesti kysyntäpuolen tuista tai poliittisista päätöksistä, jotka voivat edistää kysyntää tuotannon sijaan (IEA, 2024b, s.12). Näihin kuuluvat sekä lento- ja laivaliikenteelle asetetut päästövähennysrajat EU:ssa sekä päästösektorin kiristyvät markkinaehdot. Selvityksessä mainitaan myös, että suuret laitokset, jotka käyttävät tällä hetkellä paljon harmaata vetyä ovat pitkälti vielä mahdollisuus, jota ei ole käytetty puhtaan vetytuotannon kasvattamiseen.

IEA mainitsee, että: ”Vedyn ostosopimukset ovat erittäin tärkeitä vähäpäästöisen vedyn tuotannon investointiriskin vähentämisessä.” (IEA, 2024b, s.24). Sen lisäksi IEA nostaa esille vedyntuotannon kustannuskehityksen ja ostosopimusten suhteen, kun he puhuvat teollisuuskäyttöön tarkoitettua vedyn tuottamisesta: ”Näiden projektien toteutuminen on kiinni siitä, kuinka hyvin he kykenevät turvaamaan ostosopimuksia tuotannolle, mikä taas on kiinni heidän kyvystään alentaa nykyisiä tuotantokustannuksia sekä mahdollisuuksista uusille tai vanhan infrastruktuurin muokkaukselle vedyn kuljetukselle” (IEA, 2024b, s. 36).

Vastaavat ostosopimukset ovat lähes pakollisia kaikille vetytoimijoille riippumatta siitä, mikä on lopputuote, mikä koskee myös Etelä-Pohjanmaata. Markkinoilla voi olettaa olevan jokin tietty määrä tarvetta puhtaille ratkaisuille kuten ostosopimukset puhtaan teräksen osalta osoittavat. Buchardt ym. (2023) arvioi, että Saksan markkinalla olisi noin 1 Mt puhtaan vedyn verran yrityksiä, jotka ovat valmiita maksamaan vedystä korkeampaa 4-6 eur/ h<sup>2</sup>-kg hintaa. Tämä tarkoittaa esimerkiksi vetyteräksen osalta sitä, että lopputuote maksaa enemmän kuin tavallinen teräs, jota IEA (2024b) on muun muassa arvioinut ja jota käsiteltiin tämän selvityksen luvussa 3.5. (s. 62).

Vetytuotannon tukitasosta ja tarpeesta voidaan tehdä tämän ja myöhemmin julkaistavan kustannustasoennusteen osalta se johtopäätös, että julkisuudessa esitetyt tavoitteet tuotantomääristä ovat suuressa ristiriidassa tukitason kanssa. Ristiriidan taustalla ovat osittain tutkimukset, jotka ovat maallaneet liian optimistisen kuvan teknologian tasosta ja kustannusten kehittymisestä.

Tähän mennessä Suomessa ei ole julkaistu vedylle tehtyä tariffinomaista tukielementtiä kuten tuulivoimalle aikoinaan, joten sen osalta kyse on spekuloinnista. Tässä yhteydessä tehty laskelma kuitenkin olennaisesti osoittaa, että isommassa mittakaavassa vetytuotannon tai -talouden tavoitteiden täyttäminen vaatii huomattavia julkisia panostuksia, jotka joko toteutuvat tuotteiden tai palvelujen markkinahinnan kohoamisen tai julkisten tukien avulla. Kilpailuilla markkinoilla toimivilla yrityksillä on kuitenkin rajalliset mahdollisuudet tarjota kalliimpaa tuotetta kuin muut, joten huomio kiinnittyy siihen, miten julkinen sektori voi tukea puhtaan vetytuotannon kehittymistä.

## 6 Vetytalous Etelä-Pohjanmaalla ja nykytila-analyysin yhteenveto

Tämä selvitys on VEPE eli vetytalous Etelä-Pohjanmaalla hankkeen ensimmäinen selvitys, jossa tutkittiin vetytalouden tilaa paikallisesta, kansallisesta ja kansainvälisestä näkökulmasta. Laaja-alainen katsaus on tarpeen, koska vetytalouden kehittyminen Etelä-Pohjanmaalla on lähes täysin kiinni siitä, mitä tavoitteita ja tukia asian osalta määritetään kansallisesti ja kansainvälisesti. Ensimmäisenä selvityksessä määritettiin vetytalouden terminologiaa ja tultiin siihen tulokseen, että vetytalous on nykyisen tarpeen, uusien käyttötapojen, yleisten ja yksittäisten sekä korvaavan ja lisäisten taloudellisten arvoketjujen kokonaisuus. Ottaen huomioon, että taloustermiä käytetään yleensä harvoin muiden teollisuusalojen osalta, niin myös Etelä-Pohjanmaan yhteydessä asiaan tulee suhtautua laajalla katsoyksella.

Nykytila-analyysin perusteella EU:n asettamat vetytuotantotavoitteet ovat erittäin kunnianhimoisia ja usean lähteen kuten esimerkiksi Tengler (2024), (2024) ja IEA (2024b) mukaan näihin tavoitteisiin tuskin päästään. Suomen valtioneuvoston asettamat vetytavoitteet liittyvät tähän laajempaan 10 Mt sisäisen tuotantotavoitteeseen 2030 mennessä ollen 10% EU:n tavoitteesta, joten sitä voidaan samassa suhteessa pitää epätodennäköisenä. Tavoitetasoa haasteesta voidaan esittää monta esimerkkiä kuten selvityksessä tehdään, mutta yksi niistä on, että kansallisen tavoitetasoa täyttämiseen vaatii sitä, että Suomeen pitäisi valmistua joka viikko vuosien 2025-2030 välillä kaksi Harjavallan P2X Solutions 20 MW kokoista vedyntuotantolaitosta. Tavoite vaikuttaa epärealistiselta eikä sitä varten olemassa olevat julkiset tukijärjestelmät tue tämän tavoitteen saavuttamisen mahdollisuutta.

Etelä-Pohjanmaan asema vetytalouden rajallisenkin toteutumisen näkökulmasta on silti vahva. Maakunnan sähköenergiantase on kehittynyt vahvasti ylijäämäiseksi ja maakunnan läpi kulkee Suomen kannalta tärkeitä sähköverkkoyhteyksiä. Näiden verkkojen sidoskohtiin vetytuotanto luontevimmin sopii. Alueen energiatuotantohankkeiden sähköntuotantopotentiaali on yli 7 GW aurinko- ja tuulivoimaa, mitkä voisivat toteutuessaan tuottaa tarpeeksi sähköä kahta suurta terästehtaan tarvetta varten. Isojen hankkeiden avulla voi olla helpointa määrittää eri vetyjohdannaisten potentiaalia VEPE-hankkeen tulevaisuuden työvaiheissa, mutta vedyn osalta ei kannata unohtaa pienempiä mahdollisuuksia ja paikallisen tarpeen tyydyttämistä. Synteettisten lannoitteen osalta vähäininkin paikallinen tuotantomäärä riittäisi lannoitetarpeen täyttämiseen ja sen päästöjen puhdistamiseen. Tuotantokokoa olennaisempaa on varmistaa, että vetyhankkeiden tuotteiden markkinat on pitkäaikaisesti saavutettavissa ja hintataso on tavalla tai toisella turvattu.

Energiapuolen toimijoiden lisäksi vetytalouden kannalta olennaisia sidosryhmiä ovat alat, jotka käyttävät paljon energiaa tai tarvitsevat vetyä tai sen johdannaisia nykyisellään. Koska vedyllä ei ole Etelä-Pohjanmaalla luontaista käyttökohdetta, niin huomio kiinnittyy alojen yleiseen energiantarpeeseen. Sen osalta Etelä-Pohjanmaan merkittävimmät teollisuuden alat ovat maatalous-, elintarviketeollisuus, saha- ja puuteollisuus sekä metalli- ja koneiteollisuus. Asiakaslähtöisyys on vetytalouden ekosysteemi ja arvoketjusuunnitelmien osalta avainasemassa myös näiden alojen osalta, mikä vedyn osalta tarkoittaa ei pelkästään taloutta ja kannattavuutta, vaan myös käyttökokemusta vetysovellusten osalta verrattuna muihin päästöttömiin vaihtoehtoihin.

Vedyn tuotantokustannus ja sen monia arvioita hitaampi kehitys tarkoittaa sitä, että ellei asiakas ole valmis maksamaan kalliimpaa hintaa, niin vetyhankkeiden toteutuminen on epävarmalla pohjalla Suomessa ja laajemminkin. Vetypelkistetty teräs maksaa IEA:n arvion mukaan 40% enemmän kuin tavallinen teräs ja sama kustannuspaine koskee myös mahdollista ammoniakkituotantoa (IEA, 2024b).



Voisiko Etelä-Pohjanmaa olla puhtaiden lannoitteiden osalta edelläkävijä ruoka-alan pienenä-suurena tekijänä?

Sidosryhmien osalta olennaista huomioida on paikallisten toimijoiden lisäksi myös yhteistyömahdollisuudet naapurimaakuntien ja muiden vetyhankkeiden välillä. Etelä-Pohjanmaan naapurimaakunnat ovat aktiivisia vetytalouden saralla ja suurimmalla osalla on huomattavissa myös erikoistumista vetyyn pohjautuviin ratkaisuihin liittyen (s. 25-33). Tässä vaiheessa on vielä liian varhaista arvioida johtako se myös vetyalojen erikoistumiseen alueellisesti, mutta sitä voidaan pitää myös kannatettavana ajatuksena arvoketjujen näkökulmasta. Suurin osa vetytalouden mahdollisesti mukanaan tuomasta arvonnalisästä ja työpaikoista syntyy tuotekehityksen ja palvelujen yhteyteen, jossa erikoistuminen voidaan nähdä merkittävänä kilpailutekijänä.

Vetytalous on sähköintensiivinen ala, joten kaikki tekijät, jotka alentavat sähkön kustannusta parantavat hankkeiden kannattavuutta. Sinisen vedyn valmistuksessa energiatarve on huomattavasti vähäisempi. Sähkön kuten monen muunkaan muuttujan osalta Etelä-Pohjanmaa ei voi itsessään tehdä paljoakaan olosuhteiden parantamiseksi, mutta hankkeiden vaatimustaso tulee ottaa huomioon. Uusituvien energialähteiden tuotantokustannus on alentunut, niin että tuulivoima on ollut Suomessa markkinaehtoisista 2018 alkaen ja aurinkovoima on hyvin lähellä saavuttaa saman tason. Sähkön tulevaa hintaa Suomessa ennustavat skenaariot arvioivat kuitenkin vain maltillista sähkön hinnan alentumista, mikä tarkoittaa, että vetytuotannon kannalta kustannukset tuskin alenevat merkittävästi.

Sähköverkko asettaa rajoitteita, kuinka nopeasti sähkötalous voi skaalautua ja sen osalta Etelä-Pohjanmaa on tärkeässä asemassa. Suomen etelä-pohjoissuunnassa kulkeva kantaverkko on tarkoitus yli kaksinkertaistaa 2033 mennessä ja siirtokapasiteetti kasvaa myös Etelä-Pohjanmaan alueella merkittävästi. Verkkoinvestoinnit ja rakennushankkeet ovat kuitenkin sen verran hitaita, että Pohjanmaan verkkoon ei oteta uusia energiantuotantolaitoksia ennen kuin uusi kantaverkon siirtokapasiteetti valmistuu 2028.

Tämä avaa Etelä-Pohjanmaan osalta mahdollisuuden tutkia vetytuotannon saarekekäyttöä paikallisen uusiutuvan energian varassa. Useat tutkimukset ovat tätä myös selvittäneet ennen, mutta yhden suurimman haasteen tämän mahdollisuuden osalta asettaa vetytuotantolaitteiston eli elektrolyysisysteemin kustannustaso. Saareketuotannossa elektrolyserin käyttöaste on matalampi, koska tuotanto on alueellisten ja tuotannoltaan vaihtelevien sähköresurssien kuten aurinko- ja tuulivoiman varassa. Käyttöaste tulisi kuitenkin olla investointikustannuksen mahdollisimman korkea tai tuotantokustannus nousee korkeaksi tuotettua vetykiloa kohden. Tätä yhtälöä avataan tarkemmin hankkeen ensimmäisen työpaketin yhteydessä julkaistavassa vetytuotannon elinkaaren kustannusanalyysissä.

Elektrolyysin systeemitason investointikustannus ansaitsee myös erityisen huomion, koska siitä on liikkeellä hyvin toisistaan eriäviä arvioita. Sitä käsitellään selvityksen kappaleessa 2.3. ja sivuilla 17-21. Investointikustannus on ollut huomattavasti korkeampi kuin, mitä muutama vuosi sitten ennustettiin ja säilyy todennäköisesti korkealla tasolla useista ennusteista poiketen. BloombergNEF:n vetyteknologian tutkimuspäällikön mukaan systeemitason kustannus voi puolittua, mutta vasta 2050 mennessä (Martin, 2024e).

Vedyn käyttökohteista huomio on viime vuosina ollut usein liikenteessä, koska vedyn on nähty korvaavana ratkaisuna nykyisille fossiilille polttoaineille. Viimeaikainen kehitys kuitenkin puhuu sen puolesta, että vedylle jää vähäinen tai hyvin pieni rooli tieliikenteessä (BNEF, 2023, s.1). Laiva- ja lentoliikenteen puhtaiden polttoaineiden käyttövaatimukset ja päästökauppariikkinat nostavat vedyn kysyntää, mikä on puhtaana vedyn kannalta positiivinen asia, koska markkinaehtoisesti niin sanotut



sähkölaitteet eivät pärjää fossiilipolttoaineita hintatasoa vastaan. Kilpailu näistä niin sanotuista sähköpolttoaine-kiintiöistä on todennäköisesti kovaa. Etelä-Pohjanmaan osalta on myös olennaista selvittää, mitä mahdollisuuksia alueellisella tuotannolla on pärjätä tällä markkinalla.

Selvityksen viimeisessä luvussa käsiteltiin vetytuotannon ja vetytaloushankkeiden tarpeita tarkemmin, joista erityisesti nostetaan esille osaaminen ja tukipolitiikka. Osaamisen suhteen näyttää siltä, että Vetyklusterin esittämästä yli 100 000 työpaikasta huolimatta lisäinen vaikutus on lähempänä 1000-5000 uutta työpaikkaa (EK & Gaia, 2024). Osaamisessa korostuu vetytuotannon sijaan vedyn jatkojalostus sekä teknologia ja palvelut.

Tukipolitiikan osalta vaikuttaa selvältä, että kansallisten ja kansainvälisten tavoitteiden ja tukitason välillä vallitsee suuri kuilu. Suomen hallituksen tavoitteen eli 1 Mt vedyn tuottamiseen tarvitaan tämän selvityksen arvion perusteella 23 miljardia euroa julkista tukea seuraavan kymmenen vuoden aikana, kun otetaan huomioon, että 20% tästä tavoitteesta täyttyy markkinaehtoisesti EU:n jo päättämien toimien johdosta. Tähän mennessä huomio Suomessa on kiinnittynyt julkisen tuen osalta lähinnä vetyinfrastruktuuriin, mikä ansaitsee suuren mittaluokan puolesta myös huomion, muttei pidä sisällään tuotannon mahdollistavia tukia. Vaikuttaa siltä, että vedyn tuotantotukien määrä nousee jopa 4-5 kertaiseksi putki-investointiin verrattuna seuraavan kymmenen vuoden aikana. Siitä olisi syytä käydä enemmän julkista debattia.

Etelä-Pohjanmaan osalta tukitarpeen tason ymmärtäminen on yhtä tärkeää kuin muuallakin Suomessa ja Euroopassa. Se kertoo valtavasta energiataloudellisesta haasteesta, mitä vetytuotannon skaalaaminen tuo tullessaan ja toisaalta myös siitä, että tällä tukitasolla kaikki käyttökohteet, jotka eivät vetyä tarvitse vaikuttavat huomattavan houkuttelevilta. Vetyala todennäköisesti kehittyy jo nyt tehtyjen poliittisten päätösten avulla, mutta samoin kehittyvät vedyn tarvetta vähentävät ratkaisut mm. teollisuuden energiatarpeen ja lämmön osalta. Näitä kehityskulkuja tulee verrata keskenään, kun vedyn nykytila-analyysia laajennetaan lähitulevaisuuteen ja myöhemmin VEPE-hankkeen osalta Etelä-Pohjanmaan alueen vetytaloussuunnitelmaan.

### 6.1 Selvityksen suositukset ja ohjeet hankkeen seuraaville työvaiheille

Vetytalouden tulevia arvoketjuja ja ekosysteemirakenteita suunniteltaessa tulee huomioida muut päästöttömät vaihtoehdot, jotta maakunnan rajalliset resurssit ohjataan vedyn kannalta olennaisimpien mahdollisuuksien äärelle. Näiden mahdollisuuksien osalta ei tämän selvityksen yhteydessä ole noussut esille syytä, miksei Etelä-Pohjanmaalla voisi olla vähintään maakunnan kokoinen, ellei isompikin paikka Suomen vetyyn liittyvässä taloudessa. Suurempi kysymys vetytalouden osalta koskee kuitenkin sen makrotalouden kehittymistä, johon Etelä-Pohjanmaa ei pysty päätöksillään tai toimillaan paljoakaan vaikuttamaan.

Etelä-Pohjanmaalla on kaikki mahdollisuudet olla aktiivinen osa puhtaan vetyteollisuuden kehittyvää markkinaa ja osallistua sekä sen tuotantoon, että kulutukseen. Olennaista VEPE hankkeen osalta on määrittää sen mahdolliset tarpeet eli käyttökohteet, joissa vetyä välttämättä tarvitaan kuten lannoitteet ja käyttökohteet, joissa vedyn käyttö on erittäin epätodennäköistä nykyisen kehityksen mukaan kuten henkilöautoliikenne todennäköisesti. Mikään ei estä silti näiden kaikkien vaihtoehtojen arvoketjujen määrittämistä ja vertaamista keskenään. Jos vedyn käyttöä tieliikenteessä halutaan pohtia, niin tulee parhaan tietämyksen valossa laskea auki, mitä se tarkoittaa energian käytön ja talouden osalta ja verrata muihin vaihtoehtoihin. Tämä on järkevä lähestymistapa myös muiden vedyn käyttökohteiden osalta.



VEPE-hankkeen kannalta selvityksen tärkein anti koskee sidosryhmiä ja vedyn nykytila-analyysia. Sidosryhmäkartoitus ja sen kautta muodostuva käsitys alueen toimijoista auttaa hahmottamaan toimijoita, jotka voivat liittyä suoraan tai epäsuorasti niin sanottuun vetytalouteen. Energia-alan hankekehitystoimijat, joita mainitaan noin 30 kpl voivat olla yhdessä selvittämässä vedyn saareketuotannon mahdollisuutta. Naapurimaakuntien kanssa kannattaa käydä keskustelua yhteisten hankkeiden ja osaajatarpeen osalta. Julkisten sidosryhmien kannalta olennaiset yhteydet liittyvät sähkö- ja kaasuverkkoihin, joita edustaa Fingrid ja Gasgrid. Toisaalta julkisten sidosryhmien osalta olennaisena voidaan nähdä myös valtiovallan toteuttajat ja poliittiset päätökset, jotka alan kehittymistä ohjaavat.

Tämän selvityksen perusteella, jota myöhempi vedyn tuotannon elinkaarikustannusarvio täydentää, valtiollisen vetytuotantotavoitteen ja sille ohjatun tukimäärän välillä on suuri ero, eikä ero umpeudu muuten kuin tavoitetasoa muuttamalla tai uusista vetytuotannon tuista päättämällä. Tämän ymmärryksen täsmentäminen voidaan nähdä myös olennaisena tämän selvityksen suosituksena sekä Etelä-Pohjanmaan alueen, että kansallisen tason vetyä tutkiville tahoille sekä vetyalan tavoitteista vastaaville päätöksentekijöille.

## Lähteet

- Agora, Fraunhofer ISI, Deneff, Energy Innovation (2024): Direct electrification of industrial process heat. An assessment of technologies, potentials and future prospects for the EU. Study on behalf of Agora Industry. <https://www.agora-industry.org/publications/direct-electrification-of-industrial-process-heat>
- Alisawi, S. (2024). BNEF Talk: Hydrogen - The End of the Hype Cycle? <https://vimeo.com/1018231284>
- Arasto, A. (2023). Vihreä ammoniakki – kestävä ratkaisu ilmastokriisin hillitsemiseen. VTT. <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/vihrea-ammoniakki#:~:text=Suurin%20osa%20teollisesti%20tuotetusta%20ammoniakista,kanalta%20korvaamaton%20raaka%20aine%20jatkossakin.>
- Arasto, A., Kohl, J., Kujanpää, L., Lehto, J., Lehtonen, J., Lintunen, L., Mäkikouri, S. (2024). Päästäjästä tuottajaksi- Hiilidioksiditaloudella arvonlisää Suomen metsäsektorille. VTT & Luke. [https://publications.vtt.fi/julkaisut/muut/2024/VTT\\_Luke\\_Hiilidioksiditalous.pdf](https://publications.vtt.fi/julkaisut/muut/2024/VTT_Luke_Hiilidioksiditalous.pdf)
- Barnard, M. (2024). Canadian City About To Buy Hydrogen Buses Because Feds & CUTRIC Captured by Hydrogen Lobby. Clean Technica. <https://cleantechnica.com/2024/10/15/canadian-city-about-to-buy-hydrogen-buses-because-feds-cutric-captured-by-hydrogen-lobby/>
- Björklund, S. (2022). Kristiinankaupunkiin suunnitteilla Suomen mittakaavassa erittäin suuri vedyn tuotantolaitos – alueesta uusiutuvan energian keskittymä. Yle. <https://yle.fi/a/74-20000432>
- BloombergNEF (BNEF). (2024). Hydrogen Supply Outlook 2024: A Reality Check. <https://about.bnef.com/blog/hydrogen-supply-outlook-2024-a-reality-check/#:~:text=BNEF%20expects%20clean%20H2%20supply,to%20meet%20most%20government%20targets>
- BMW Group. (2024). Hydrogen Vehicles Are Electric Vehicles Too. <https://www.youtube.com/watch?v=-yPmn3kXUDc>
- BNEF b. (2024). New Energy Outlook 2024. <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>
- BNEF. (2022). Wind and Solar Corporate PPA Prices Rise Up To 16.7% Across Europe. BloombergNEF. <https://about.bnef.com/blog/wind-and-solar-corporate-ppa-prices-rise-up-to-16-7-across-europe/>
- BNEF. (2023). Electric Vehicle Outlook 2023. BloombergNEF. [https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/2431510\\_BNEFElectricVehicleOutlook2023\\_ExecSummary.pdf](https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/2431510_BNEFElectricVehicleOutlook2023_ExecSummary.pdf)
- Burchardt, J. ym.. (2023). Turning the European Green Hydrogen Dream into Reality: A Call to Action. Boston Consulting Group (BCG). <https://media-publications.bcg.com/Turning-the-European-Green-H2-Dream-into-Reality.pdf>
- Centria ammattikorkeakoulu. (2024). Kokkolan alueen vedyn arvoketjun yhteistyömalli-esiselvitys. <https://net.centria.fi/hanke/vetyklusteri/>
- Collins, L. (2023). World's largest green hydrogen project 'has major problems due to its Chinese electrolyzers': BNEF. Hydrogen Insight. <https://www.hydrogeninsight.com/production/exclusive-worlds-largest-green-hydrogen-project-has-major-problems-due-to-its-chinese-electrolyzers-bnef/2-1-1566679>



- Collins, L. (2024). 'The EU subsidies we won last week were never meant to cover cost gap with grey H2 — the buyer has to pay a premium'. Hydrogen Insights. <https://www.hydrogeninsight.com/production/the-eu-subsidies-we-won-last-week-were-never-meant-to-cover-cost-gap-with-grey-h2-the-buyer-has-to-pay-a-premium/2-1-1640211>
- Collins, L. (2024b). Demand for green hydrogen to skyrocket after EU nations approve mandatory usage targets in industry and transport. Hydrogen Insight. <https://www.hydrogeninsight.com/policy/demand-for-green-hydrogen-to-skyrocket-after-eu-nations-approve-mandatory-usage-targets-in-industry-and-transport/2-1-1531720>
- Concawe. (2022). E-Fuels: A technoeconomic assessment of European domestic production and imports towards 2050. [https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/Rpt\\_22-17.pdf](https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/Rpt_22-17.pdf)
- De Miguel, R. (2024). EU green hydrogen subsidies “useless” – developer. Montel news. <https://montelnews.com/news/5608d18e-c55b-4ff7-b0f3-76c282c7c118/eu-green-hydrogen-subsidies-useless-developer>
- Doyle E., Krasowski, E. (2023). Achieving affordable green hydrogen production plants. Ramboll. [https://www.ramboll.com/net-zero-explorers/what-will-it-take-to-reduce-capex-in-green-hydrogen-production#what\\_will\\_it\\_take\\_to\\_reduce\\_capex\\_inbuilt\\_form](https://www.ramboll.com/net-zero-explorers/what-will-it-take-to-reduce-capex-in-green-hydrogen-production#what_will_it_take_to_reduce_capex_inbuilt_form)
- Elinkeinoelämän keskusliitto (EK) & Gaia. (2024). Vihreän siirtymän investointien talousvaikutukset. [https://ek.fi/wp-content/uploads/2024/10/Loppuraportti\\_Vihrean-siirtymän-investointien-vaikutusten-arviointi.pdf](https://ek.fi/wp-content/uploads/2024/10/Loppuraportti_Vihrean-siirtymän-investointien-vaikutusten-arviointi.pdf)
- Elinkeinoelämän keskusliitto (EK). (2024). Suomen vihreät investoinnit. <https://ek.fi/tutkittua-tietoa/vihreat-investoinnit/>
- Energiamarkkinavirasto. (2024). Sähkön siirron verollinen keskihinta tyyppikäyttäjittäin eri jakeluverkkohaltioiden vastuualueella. [https://energiavirasto.fi/documents/11120570/0/kaikkisiirtohinnat+2019\\_11+alkaen.xlsx/83b8e301-b1e5-983c-0d1e-c6b98f3d8947?t=1720732721466](https://energiavirasto.fi/documents/11120570/0/kaikkisiirtohinnat+2019_11+alkaen.xlsx/83b8e301-b1e5-983c-0d1e-c6b98f3d8947?t=1720732721466)
- Energiateollisuus ry. (2021). Energiavuosi 2020-Sähkö. <https://www.slideshare.net/slideshow/energiavuosi-2020-shk/242254727#5>
- Energiateollisuus ry. (2022). Energiavuosi 2021- Sähkö. <https://www.slideshare.net/slideshow/energiavuosi-2021-shk/250981846>
- Energiateollisuus ry. (2024). Energiavuosi 2023- Sähkö. [https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/01/Sahkovuosi-2023\\_paivitetty.pdf](https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/01/Sahkovuosi-2023_paivitetty.pdf)
- Enqvist, K. (2023). Kari Enqvistin kolumni: Nyt ei kannata sössiä mahdollisuutta rikastua vedyllä ja tuulivoimalla. Yle uutiset. <https://yle.fi/a/74-20037168>
- EPV Energia. (2024). Aurinkovoiman jättihanke rakenteilla Etelä-Pohjanmaalle. <https://www.epv.fi/project/aurinkovoiman-megahanke/>
- Euroopan komissio. (2022). Hydrogen. [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen_en)
- Euroopan komissio. (2024). European Hydrogen Bank auction provides €720 million for renewable hydrogen production in Europe. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_24\\_2333](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_24_2333)

- Euroopan komissio. (2024b). Second renewable hydrogen auction: European Commission publishes Terms and Conditions. [https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/second-renewable-hydrogen-auction-european-commission-publishes-terms-and-conditions-2024-09-27\\_en](https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/second-renewable-hydrogen-auction-european-commission-publishes-terms-and-conditions-2024-09-27_en)
- European Court of Auditors (ECA). (2024). Special report: The EU's industrial policy on renewable hydrogen. [https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2024-11/SR-2024-11\\_EN.pdf](https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2024-11/SR-2024-11_EN.pdf)
- European Hydrogen Observatory. (2024). Hydrogen demand. [https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/hydrogen-landscape/end-use/hydrogen-demand#:~:text=Total%20demand%20for%20hydrogen%20in,25%25%20\(~2.0%20Mt\).](https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/hydrogen-landscape/end-use/hydrogen-demand#:~:text=Total%20demand%20for%20hydrogen%20in,25%25%20(~2.0%20Mt).)
- Fasihi, M., Breyer, C. (2020). Baseload electricity and hydrogen supply based on hybrid PV-wind power plants. Journal of Cleaner Production, 243, pp. 1-31. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619333360?via%3Dihub>
- Fingrid. (2023b). Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2024 – 2033. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/ajankohtaista-tapahtumat/is-kantaverkon-kehittamissuunnitelma-2024--2033---ita-suomen-alueilaisuus.pdf>
- Fingrid. (2024). Aurinkovoima. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformaatio/aurinkovoima/>
- Fingrid. (2024a). Sähkön tuotannon ja kulutuksen kehitysnäkymät/ Q1. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/sahkon-tuotannon-ja-kulutuksen-kehitysnakymat-q1-2024-fingrid.pdf>
- Fingrid. (2024b). Tuulivoimatuotantotilastot ja kapasiteetikertoimet 2020-2022.
- Fingrid. (2024c). Sähkön tuotannon ja kulutuksen kehitysnäkymät-Fingridin ennuste Q3/2024. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/sahkon-tuotannon-ja-kulutuksen-kehitysnakymat/>
- Fingrid. (2024d). Tuulivoiman tuotanto. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformaatio/tuulivoiman-tuotanto/>
- Galinova, T., Fasihi, M., Bogdanov, D., Breyer, C. (2023). Feasibility of green ammonia trading via pipelines and shipping: Cases of Europe, North Africa, and South America. Journal of Cleaner Production. 427.
- Gasgrid & Fingrid. (2023). Energian siirtoverkot vetytalouden ja puhtaan energijärjestelmän mahdollistajina – Skenaariot. <https://gasgrid.fi/wp-content/uploads/Gasgrid-Fingrid-vetytaloushankkeen-skenaariot-5-2023.pdf>
- Gasgrid. (2023). Suomesta maailman houkuttelevin vetytalousmaa. <https://gasgrid.fi/kehitys/suomesta-maailman-houkuttelevin-vetytalousmaa/>
- Gasgrid. (2024). Suomen kansallinen vetyverkko. <https://gasgrid.fi/kehitys/suomen-kansallinen-vetyverkko/>
- Gasgrid. (2024b). Nyt on yritysten aika vaikuttaa vetyinfran muodostumiseen alueilla. <https://gasgrid.fi/2024/09/03/nyt-on-yritysten-aika-vaikuttaa-vetyinfran-muodostumiseen-alueilla/>
- Gasgrid. (2024c). Baltic Sea Hydrogen Collector. <https://gasgrid.fi/en/projects/baltic-sea-hydrogen-collector/>

- Gasgrid. (2024d). Gasgrid julkaisi alustavat suunnitelmat kansalliselle vedynsiirtoverkolle vauhdittamaan vetytalouden kehitystä. <https://gasgrid.fi/2024/04/23/gasgrid-julkaisi-alustavat-suunnitelmat-kansalliselle-vedynsiirtoverkolle-vauhdittamaan-vetytalouden-kehitysta/>
- Gasum. (2024). Gasum and Nordic Ren-Gas to bring renewable e-methane to market starting 2026. <https://www.gasum.com/en/news-and-customer-stories/news-and-press-releases/2024/gasum-and-nordic-ren-gas-to-bring-renewable-e-methane-to-market-starting-2026/>
- Gasum. (2024). Gasum ja Nordic Ren-Gas tuovat vuodesta 2026 lähtien markkinoille uusiutuvaa e-metaania. <https://www.gasum.com/fi/uutiset-ja-asiakastarinat/uutiset-ja-tiedotteet/2024/gasum-ja-nordic-ren-gas-tuovat-vuodesta-2026-lahtien-markkinoille-uusiutuvaa-e-metaania/>
- Haastattelu: Hätilä. (2024). Seinäjoen Energian toimitusjohtaja, Vesa Hätilä. 28.8.2024
- Haavisto, P. (2023). Kokkola haluaa Suomen vetypääkaupungiksi- tavoitteena vähentää teollisuuden ja liikenteen päästöjä. Yle. <https://yle.fi/a/74-20061110>
- Hari, L, Porras, H., Siintoharju, T., Malinen, V. (2022). Sähkönsiirtoselvitys Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan tuulivoimalle soveltuville alueille. Rejlers Oy. [https://epliitto.fi/wp-content/uploads/2022/12/Sahkonsiirtoselvitys\\_Pohjanmaan\\_ja\\_Etela-Pohjanmaan\\_tuulivoimalle\\_soveltuville\\_alueille.pdf](https://epliitto.fi/wp-content/uploads/2022/12/Sahkonsiirtoselvitys_Pohjanmaan_ja_Etela-Pohjanmaan_tuulivoimalle_soveltuville_alueille.pdf)
- Hartikainen, J. (2023). Suomi toivoo vedystä jätti-menestystä – Reissu Harja-valtaan kertoo, miten kaikki kiertyy pian vedyn ympärille. Helsingin Sanomat. <https://www.hs.fi/talous/art-2000009332620.html>
- Hii, J. S. (2024). Netherlands awards 4GW of offshore wind in zero-subsidy tender. Renew Economy. <https://reneweconomy.com.au/netherlands-awards-4gw-of-offshore-wind-in-zero-subsidy-tender/>
- Hycamite. (2024). People-associated members. <https://www.linkedin.com/company/hycamite-ltd/people/>
- Hycamite. (2024b). Technology. <https://hycamite.com/technology/>
- Hydrogen Council (HC). (2023). Hydrogen Insights 2023. <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2023/12/Hydrogen-Insights-Dec-2023-Update.pdf>
- Ibáñez-Rioja, A., Järvinen, L, Kosonen, A., Ruuskanen, V., Hynynen, K., Ahola, J., Kauranen, P. (2023). Off-grid solar PV–wind power–battery–water electrolyzer plant: Simultaneous optimization of component capacities and system control. Applied Energy, 345. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261923006414?via%3Dihub>
- IEA. (2021). Net Zero by 2050. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- IEA. (2023a). Global Hydrogen Review. International Energy Agency. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ecdfc3bb-d212-4a4c-9ff7-6ce5b1e19cef/GlobalHydrogenReview2023.pdf>
- IEA. (2023b). Hydrogen. International Energy Agency. <https://www.iea.org/energy-system/low-emission-fuels/hydrogen>
- IEA. (2023c). Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach>



- IEA. (2023c). Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach>
- IEA. (2023d). Lagging policy support and rising cost pressures put investment plans for low-emissions hydrogen at risk. International Energy Agency. <https://www.iea.org/news/lagging-policy-support-and-rising-cost-pressures-put-investment-plans-for-low-emissions-hydrogen-at-risk>
- IEA. (2024b). Global Hydrogen Review 2024. <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024>
- IEA. (2024c). Clean Energy Market Monitor- March 2024. International Energy Agency. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/d718c314-c916-47c9-a368-9f8bb38fd9d0/CleanEnergyMarketMonitorMarch2024.pdf>
- IEA. (2024d). Energy Technology Perspectives 2024. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2024>
- IEA. (2024e). Trends in electric cars. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/trends-in-electric-cars>
- International Energy Agency (IEA). (2024a). Clean Energy Market Monitor- March 2024. <https://www.iea.org/reports/clean-energy-market-monitor-march-2024>
- International Hydrogen Association. (2024). The History of Hydrogen. <https://www.mwcog.org/file.aspx?&A=zkpV0NhzZDWLPqP7LLLYTPZMlg-xuq1QGhT8%2BMkINPbo%3D#:~:text=1800%E2%80%93English%20scientists%20William%20Nicholson,was%20later%20termed%20%E2%80%93Electrolysis.%E2%80%9D>
- IRENA. (2020). Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet the 1.5°C Climate Goal. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA. (2024). Renewable Power Generation Costs 2023. International Renewable Energy Agency. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Sep/IRENA\\_Renewable\\_power\\_generation\\_costs\\_in\\_2023.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Sep/IRENA_Renewable_power_generation_costs_in_2023.pdf)
- IRENA. (2024b). Renewable Power Generation Costs 2023-Data. International Renewable Energy Agency.
- Järvisseudun Sanomat. (2021). Kyläpajoista on siirrytty automaatioon, mutta tekemisen ylpeyttä koetaan yhä – Ruukki Construction on merkittävä työntekijä Vimpelissä ja Alajärvellä. <https://www.jarvisseudunsanomat.fi/arkisto/2021/12/01/kylapajoista-on-siirrytty-automaatioon-mutta-tekemisen-ylpeyttä-koetaan-yha-ruukki-construction-on-merkittava-tyoantaja/>
- Junkkari, T. (2021). Etelä-Pohjanmaan vahva elintarviketuotanto luo pohjan ruokasektorin laaja-alaiselle kehittämiselle. SeAMK verkkolehti. <https://lehti.seamk.fi/kestavat-ruokaratkaisut/etela-pohjanmaan-vahva-elintarviketuotanto-luo-pohjan-ruokasektorin-laaja-alaiselle-kehittamiselle/>
- Jyväskylä. (2024). Suomen ensimmäinen käyttöön tuleva vetytankkausasema rakennetaan Jyväskylään – Mahdollistaa vetybussien käyttöönoton ensimmäisenä Suomessa. <https://www.jyvaskyla.fi/uutinen/2024-09-26-suomen-ensimmainen-kayttoon-tuleva-vetytankkausasema-rakennetaan-jyvaskylyaan-mahdollistaa>

- Jyväskylän Teknillinen Seura. (2024). Seminaari: Vetytalouden Toteuttaminen Keski-Suomessa 21.5.2024. <https://www.jts.fi/tapahtumat/tervetuloa-seminaariin-vetytalouden/>
- Jyväskylän Yliopisto (JYU). (2024). University of Jyväskylä and VTT to establish a hydrogen production and storage test facility in Central Finland. <https://www.jyu.fi/en/news/university-of-jyvaskyla-and-vtt-to-establish-a-hydrogen-production-and-storage-test-facility-in>
- Kankare, M. (2024). Saksalaistutkimus: Suomella ei roolia vedyn viemisessä Euroopassa. Kauppalehti. <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/saksalaistutkimus-suomella-ei-roolia-vedyn-viemisessa-euroopassa/07b490f7-cb1f-40bd-859d-a812c4c4c46f>
- Karismo, A. (2024). ”Sadan miljardin euron bisnes Suomelle” ja ”parempaa kuin Nokia” hehkutettiin bisnesväen tapaamisessa Düsseldorfissa. Yle uutiset. <https://yle.fi/a/74-20117818>
- Keitele Group. (2023). Alajärven sahan hankinta-alue yltää rannikolle asti. <https://www.keitele-group.fi/artikkeli/alajarven-sahan-hankinta-alueet-laajenevat-2/>
- Kemia media. (2021). Harjavallan vihreälle vetylaitokselle 26 miljoonan investointituki. <https://www.kemiamedia.fi/harjavallan-vihrealle-vetylaitokselle-26-miljoonan-investointituki/>
- Kemia media. (2023). Kokkola tähtää vetytalouden ja vähähiilistämisen suomalaisiksi pääkaupungiksi. <https://www.kemiamedia.fi/kokkola-tahtaa-vetytalouden-ja-vahahiilistamisen-suomalaisiksi-paakaupungiksi/>
- Kirk, K. (2022). Electrifying transportation reduces emissions AND saves massive amounts of energy. Yale Climate Connections. <https://yaleclimateconnections.org/2022/08/electrifying-transportation-reduces-emissions-and-saves-massive-amounts-of-energy/>
- Knop, V. (2023). The Haber-Bosch Process. <https://www.awoe.net/Ammonia-Haber-Bosch-Process.html#:~:text=Assuming%20an%20electrolysis%20efficiency%20of,%20~2.7%20GJ%2FtNH3.>
- Knuuttila, M., Niemi, J., Vatanen, E. (2024b). Luken selvitys: ruoka-ala työllistää Suomessa 320 000 henkeä. Luonnonvarakeskus. <https://www.luke.fi/fi/uutiset/luken-selvitys-ruokaala-tyollistaa-suomessa-320-000-henkea>
- Knuuttila, M., Vatanen, E., Niemi, J. (2024). Ruoka-alan taloudellinen ja alueellinen merkitys Suomessa. Luonnonvarakeskus. <https://www.luke.fi/fi/documents/ruokaalan-taloudellinen-ja-alueellinen-merkitys-suomessa-esitys>
- Kosonen, A., Rioja, A-I. (2023). Off-grid solar PV–wind power–battery–water electrolyzer plant: Simultaneous optimization of component capacities and system control. Applied Energy, 345. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261923006414>
- Kuivasmäki, U. (2023). Vihreän vedyn tuotantolaitos ja metanointiyksikkö etenee Kristiinankaupungissa. Yle. <https://yle.fi/a/74-20042452>
- Lassila, A. (2023b). Miljardi-investoinnin teknologiasta ei tiedetä paljoa – Kuinka terästä syntyy ilman päästöjä? Helsingin Sanomat. <https://www.hs.fi/talous/art-2000009304539.html>
- Lassila, A. (2024). Tuulivoiman kasvu pysähtyi. Helsingin Sanomat. <https://www.hs.fi/talous/art-2000010510165.html>
- Lassuri, A., Rantanen, A. (2023). Surisevat sähköbussit saapuvat Jyväskylään – uudistus ei tule nostamaan lippujen hintoja, kertoo kaupungin palvelupäällikkö Kari Ström. Yle uutiset. <https://yle.fi/a/74-20028570>



- Laurikko J. ym.. (2020). National Hydrogen Roadmap for Finland. Business Finland. [https://www.businessfinland.fi/4abb35/globalassets/finnish-customers/02-build-your-network/bioeconomy--cleantech/alykas-energia/bf\\_national\\_hydrogen\\_roadmap\\_2020.pdf](https://www.businessfinland.fi/4abb35/globalassets/finnish-customers/02-build-your-network/bioeconomy--cleantech/alykas-energia/bf_national_hydrogen_roadmap_2020.pdf)
- Liebreich, M. (2023). Liebreich: Clean Hydrogen's Missing Trillions. BloombergNEF. <https://about.bnef.com/blog/liebreich-clean-hydrogens-missing-trillions/>
- Liebreich, M. (2023b). Hydrogen Ladder Version 5.0. <https://www.linkedin.com/pulse/hydrogen-ladder-version-50-michael-liebreich/>
- Lintunen, O. (2023). Pirkanmaan vetytalonuden tilannekuva. Pirkanmaan liitto. <https://pirkanmaa.mediafiles.fi/catalog/Pirkanmaa/r/2050/viewmode=infoview>
- Luhtanen, M., Vuorela, J. (2023). Satakunnan kaasu- ja vetytalousuunnitelma 2030. Prizztech & Satakuntaliitto. <https://www.prizz.fi/kehittamisteemat/energiaratkaisut/kaasu-ja-vetytalous-2030.html>
- Majanne, Y. (2024). Esimerkkejä vetytalonuden kohteista Pirkanmaalla. Pirkanmaan liitto. <https://pirkanmaa.mediafiles.fi/catalog/Pirkanmaa/r/2083/viewmode=infoview>
- Mäkinen, J., Lahtinen, T., Somerpalo, S., Huhta, R., Mäntynen, J., Rantala, J., Säätelä, A. (2020). Etelä-Pohjanmaan liikennejärjestelmäsuunnitelma 2020, WSP Finland Oy & Linea Konsultit Oy.
- Mäntylä, J-M. (2024). Suomen suurin vihreän siirtymän investointi on vaikeuksissa – jättihanke repii Inkoota. [https://yle.fi/a/74-20121027?utm\\_medium=social&utm\\_source=copy-link-share](https://yle.fi/a/74-20121027?utm_medium=social&utm_source=copy-link-share)
- Martin, P. (2022). Scaling Lesson #2: Water Electrolysis. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/scaling-lesson-2-water-electrolysis-paul-martin/>
- Martin, P. (2024). Governments will miss their 2030 clean hydrogen targets due to a lack of demand-side incentives: BNEF. Hydrogen Insights. <https://www.hydrogeninsight.com/policy/governments-will-miss-their-2030-clean-hydrogen-targets-due-to-a-lack-of-demand-side-incentives-bnef/2-1-1653380>
- Martin, P. (2024b). EU hydrogen targets are 'impossible' as green H2 costs eight times as much as grey H2 today: Total CEO. Hydrogen Insight. <https://www.hydrogeninsight.com/production/eu-hydrogen-targets-are-impossible-as-green-h2-costs-eight-times-as-much-as-grey-h2-today-to-total-ceo/2-1-1634747>
- Martin, P. (2024c). Why blue ammonia imports might be necessary for Europe to meet green hydrogen targets. Hydrogen Insight. <https://www.hydrogeninsight.com/production/why-blue-ammonia-imports-might-be-necessary-for-europe-to-meet-green-hydrogen-targets/2-1-1689968>
- Martin, P. (2024d). EU's 2030 targets for green hydrogen use in industry and transport become law with publication in official journal. Hydrogen Insight. <https://www.hydrogeninsight.com/policy/eus-2030-targets-for-green-hydrogen-use-in-industry-and-transport-become-law-with-publication-in-official-journal/2-1-1545432>
- Martin, P. (2024e). 'We overestimated how much hydrogen the world would need to reach net zero': analysts admit. Hydrogen Insight. <https://www.hydrogeninsight.com/production/we-overestimated-how-much-hydrogen-the-world-would-need-to-reach-net-zero-analysts-admit/2-1-1728262>
- Martin, P. (2024f). SSAB to supply green hydrogen-derived steel for first 'fossil-free' building next year, as EU signs off on state aid. Hydrogen Insight.



<https://www.hydrogeninsight.com/industrial/ssab-to-supply-green-hydrogen-derived-steel-for-first-fossil-free-building-next-year-as-eu-signs-off-on-state-aid/2-1-1727651>

Mattila, R. (2024). Pelastaako vety Suomen? Olemme samassa tilanteessa kuin Norja löytäessään öljyä 70-luvulla, hehkuttaa asiantuntija. Yle uutiset. <https://yle.fi/a/74-20087954>

Mckerracher, C. (2024). Daily passenger EV sales are higher than annual fuel cell vehicle sales by quite a lot. <https://x.com/colinmckerrache/status/1847178352823599576>

Meritähti, P. (2021). Suomen ensimmäinen vihreän vedyn tuotantolaitos suunnitteilla Harjavaltaan. Yle uutiset. <https://yle.fi/a/3-12053157>

Motiva. (2022). Energian loppukäyttö: Teollisuus. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto\\_suomessa/energian\\_loppukaytto/teollisuus#:~:text=Vuonna%202022%20teollisuuden%20energi-ank%C3%A4ytt%C3%B6%20Suomessa,17%20%25%20ja%20metallinjalostuk-sen%2014%20%25.](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/energian_loppukaytto/teollisuus#:~:text=Vuonna%202022%20teollisuuden%20energi-ank%C3%A4ytt%C3%B6%20Suomessa,17%20%25%20ja%20metallinjalostuk-sen%2014%20%25.)

Motiva. (2024). Aurinkosähkövoimalat Suomessa. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/uusiutuva\\_energia\\_suomessa/aurinkosahkovoimalat\\_suomessa](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa/aurinkosahkovoimalat_suomessa)

Motiva. (2024b). Hake-, pilke- ja halkokattilat. [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/energiateho-kas\\_pientalo/lammitysjarjestelman\\_valinta/lammitysmuodot/hake-pilke-ja\\_halkokattilat](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiateho-kas_pientalo/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/hake-pilke-ja_halkokattilat)

Närhi, J. (2022). Kristiinankaupunkiin suunnitteilla 450 miljoonan euron vetylaitos. Helsingin Sanomat (HS). <https://www.hs.fi/talous/art-2000009178579.html>

Nature Synthesis. (2023). Green ammonia synthesis. <https://www.nature.com/articles/s44160-023-00362-y#:~:text=Green%20ammonia%20can%20be%20produced,if%20pro-tonated%2C%20can%20form%20ammonia.>

Neova Group. (2024). Wind and solar power. <https://www.neova-group.com/products/wind-and-solar-power/>

Nguyen, E., Oliver, P., Pera, M-C., Pahon, E., Roche, R. (2024). Impacts of intermittency on low-temperature electrolysis technologies: A comprehensive review. International Journal of Hydrogen Energy 70. s. 474–492.

OX2. (2023). Aurinkovoima: Aurinkonevat. <https://www.ox2.com/fi/suomi/hankkeet/aurinkonevat/#:~:text=Aurinkovoimahanke%20Aurinkonevat%20sijaitsee%20Kauhajoen%20Nummij%C3%A4rvell%C3%A4,kokonaisteho%20on%20arviolta%20500%20MW.>

OX2. (2024). Project development portfolio. <https://www.ox2.com/about-ox2/how-we-do-it/project-development-portfolio/>

P2X Solutions. (2022). P2X Solutions on tehnyt investointipäätöksen Suomen ensimmäisen vihreän vedyn tuotantolaitoksen rakentamisesta Harjavaltaan. <https://p2x.fi/p2x-solutions-on-tehnyt-investointipaatos-suomen-ensimmaisen-vihrean-vedyn-tuotantolaitoksen-rakentamisesta-harjavaltaan/#:~:text=Suomalainen%20vihre%C3%A4n%20vedyn%20ja%20power,tuotantolaitoksen%20ja%20metanointiyksik%C3%B6n%20rakentamisesta%20Harjavaltaan>

Palkia, P., Manninen, V. (2024). Vedyn hyödyntämismahdollisuudet osana ruokaketjua. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu ja Vaasan Yliopisto. [https://storage.googleapis.com/seamk-production/2024/08/ea9cda70-tp2\\_vetytalouden\\_mahdollisuudet\\_ruokaketjussa.pdf](https://storage.googleapis.com/seamk-production/2024/08/ea9cda70-tp2_vetytalouden_mahdollisuudet_ruokaketjussa.pdf)

- Pantsu, P. (2022). Jopa 150 tuulivoimalaa joutuu odottamaan kytkentää valtakunnan verkkoon vuosia – tuulivoimabuumi toi sähköähkyn voimalinjoihin. Yle Uutiset. <https://yle.fi/a/3-12649530>
- Pantzar, M. (2024). Näin kalliiksi tuulivoimatuet ovat tulleet – vanhat sopimukset maksavat vielä pitkään. Yle. <https://yle.fi/a/74-20072141#:~:text=%2D%20Sy%C3%B6tt%C3%B6tariffin%20tuki-taso%20m%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ytyy%20tavoitehinnan%208,53%2C50%20euroa%20megawattitunnilta>)
- Parkes, R. (2024). Cost of electrolyzers for green hydrogen production is rising instead of falling: BNEF. Hydrogen Insight. <https://www.hydrogeninsight.com/electrolyzers/cost-of-electrolyzers-for-green-hydrogen-production-is-rising-instead-of-falling-bnef/2-1-1607220>
- Pelli, P. (2024a). Vihreän teräksen jättitehdas synnyttäisi jopa 5 000 työpaikkaa – Aikataulu lykkääntyi taas. Helsingin Sanomat (HS). <https://www.hs.fi/talous/art-2000010300802.html>
- Pelli, P. (2024b). Tuulivoimatukia maksettiin viime vuonna 100 miljoonaa euroa, vaikka ala pärjää jo omillaan – miten tähän päädyttiin? Helsingin Sanomat. <https://www.hs.fi/talous/art-2000010312293.html>
- Pelli, P. (2024c). Järjestö: Hallituksen tukema muutos voi nostaa bensiinin hintaa yli 60 senttiä litralta. Helsingin Sanomat. <https://www.hs.fi/paivanlehti/04102024/art-2000010739755.html>
- Pietarinen, H. (2024). Suomi hävisi jätti-investoinnin Ruotsille – SSAB investoi 4,5 miljardia euroa fossiilittomaan teräs- tehtaaseen Luulajassa. Helsingin Sanomat. <https://www.hs.fi/talous/art-2000010330816.html>
- Plug Power. (2024). Plug Doing Real Things: Kristinestad, Finland. <https://www.plugpower.com/plug-doing-real-things-kristinestad-finland/>
- Ramboll. (2021). Energiantuotanto Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla 2050 selvityksen liitteet-saavutettava. <https://www.obotnia.fi/assets/Sidor/1/206/Energiantuotanto-Pohjanmaalla-ja-Etela-Pohjanmaalla-2050-selvityksen-liitteet-saavutettava.pdf>
- Ramboll. (2021b). Energiantuotanto Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla 2050. <https://epliiitto.fi/wp-content/uploads/2021/06/Energiantuotanto-Pohjanmaalla-ja-Etela-Pohjanmaalla-2050-selvitys-saavutettava.pdf>
- Rantanen, A. (2024). Jyväskylän seudun paikallisliikenteeseen on jo ostettuna yli 60 sähköbussia Hollannista ja Kiinasta. Yle uutiset. <https://yle.fi/a/74-20079163>
- Rautalin, T. (2024). Suomen päästökauppasektorin laitosten päästötiedot 2023. Energiamarkkinavirasto. [https://energiavirasto.fi/documents/11120570/211848688/Rautalin-Tiina\\_P%C3%A4%C3%A4st%C3%B6kauppasektorin\\_p%C3%A4%C3%A4st%C3%B6tiedot\\_2023.pdf/c12b2dce-91bd-8a87-d170-70f04d497d2c/Rautalin-Tiina\\_P%C3%A4%C3%A4st%C3%B6kauppasektorin\\_p%C3%A4%C3%A4st%C3%B6tiedot\\_2023.pdf?t=1716272508659](https://energiavirasto.fi/documents/11120570/211848688/Rautalin-Tiina_P%C3%A4%C3%A4st%C3%B6kauppasektorin_p%C3%A4%C3%A4st%C3%B6tiedot_2023.pdf/c12b2dce-91bd-8a87-d170-70f04d497d2c/Rautalin-Tiina_P%C3%A4%C3%A4st%C3%B6kauppasektorin_p%C3%A4%C3%A4st%C3%B6tiedot_2023.pdf?t=1716272508659)
- Ren-Gas. (2024). Nordic Ren-Gas develops over one billion euro hydrogen investment in Pori. <https://ren-gas.com/en/news/nordic-ren-gas-develops-over-one-billion-euro-hydrogen-investment-in-pori/>
- Riekkö, S. (2023). Toyota perustaa Jyväskylään teknologiakeskuksen – "Tavalliselle kaupunkilaiselle asiat näkyvät, kunhan ne alkavat konkretisoitua". Suur-Jyväskylän lehti. <https://www.sjl.fi/paikkakunnat/6113185>



- Rintamaa, T. (2021). Atria laajentaa Suomen suurinta aurinkopuistoa Etelä-Pohjanmaalla – sähkön-  
tuotanto lähes kaksinkertaistuu. Yle. <https://yle.fi/a/3-12010179>
- Rintamaa, T. (2024). Etelä-Pohjanmaalta nostettiin aikoinaan iso määrä rautamalmin, nyt kaivos on  
avattu matkailijoille – tältä siellä näyttää. YLE uutiset. <https://yle.fi/a/74-20097801>
- Ruukki. (2023). Ruukki uusi Vimpelin tehtaan särmäyskoneen: entistä parempia profiilituotteita asiak-  
kaille. <https://www.ruukki.com/fin/building-envelopes/building-envelopes/ajankohtaista/16-02-2023-ruukki-uusi-vimpelin-tehtaan-s%C3%A4rm%C3%A4yskoneen-entist%C3%A4-pa-rempia-profiilituotteita-asiakkaille>
- Sandblom, S. (2023). Kohti vetyä-louhta yhdessä kumppaneiden kanssa. Fortum. <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/forthedoers-blogi/kohti-vetytaloutta-yhdessa-kumppaneiden-kanssa>
- Seinäjoen ammattikorkeakoulu (Seamk). (2024). AMK-tutkinnot. <https://www.seamk.fi/koulutus/amk-tutkinnot/>
- Seinäjoen Voima. (2024). Voimalaitokset. <https://www.sevo.fi/voimalaitokset/>
- Siekinen, V. (2023). Vetyklusterin strategian analyysi. <https://x.com/visaskn/status/1676872055554203648>
- Siekinen, V. (2024). Raahen terästehtaan osuus Suomen kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. <https://x.com/visaskn/status/1852333665784602925>
- Siirilä, M. (2023). Plug Power ja Kristiinankaupunki pidentävät maanvaraussopimustaan. Yle. <https://yle.fi/a/74-20064591>
- Sipola, T. (2023). Haapavedelle suunnitellaan jopa kahden miljardin euron investointeja vihreään  
energiaan. Yle Uutiset. <https://yle.fi/a/74-20064441>
- Sivill, L ym.. (2022). Vetytalous- mahdollisuudet ja rajoitteet. Valtioneuvoston selvitys tutkimustoimin-  
nan julkaisusarja. 2022:21. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163901>
- STT. (2023). Plug Power suunnittelee kumppaneidensa kanssa kolmea vihreän vedyn tuotantolaitosta  
Kokkolaan, Porvooseen ja Kristiinankaupunkiin. <https://www.sttinfo.fi/tiedote/69983235/plug-power-suunnittelee-kumppaneidensa-kanssa-kolmea-vihrean-vedyn-tuotantolaitosta-kokkolaan-porvooseen-ja-kristiinankaupunkiin?publisherId=69819483&lang=fi>
- Sunfire. (2024). Sunfire Successfully Installs First Industrial-Scale Electrolysis Plant in Finland. <https://sunfire.de/en/news/sunfire-successfully-installs-first-industrial-scale-electrolysis-plant-in-finland/>
- Suomen tuulivoimayhdistys ry. (2013). Tuulivoimahankkeet- Wind power projects. <https://web.archive.org/web/20130922233649/http://www.tuulivoimayhdistys.fi/hankkeet>
- Suomen uusiutuvat ry. (2021). Tuulivoimalla katettiin noin 10 % Suomen sähkönkulutuksesta vuonna  
2020. <https://suomenuusiutuvat.fi/tuulivoimalla-katettiin-noin-10-suomen-sahkonkulutuksesta-vuonna-2020/>
- Suomen uusiutuvat ry. (2024). Tuulivoimakartta. <https://suomenuusiutuvat.fi/tuulivoima/hankkeet-ja-voimalat-suomessa/kartta/>
- Tanskanen, J. (2024). Missä sähkö riittää tulevaisuudessa? Kohta sen voi tarkistaa kartasta. Yle uuti-  
set. <https://yle.fi/a/74-20116830>

- Tapio. (2018). Metsäbiotalouden arvoketjut maakunnissa: Etelä-Pohjanmaan metsäbiotalous. [https://tapio.fi/wp-content/uploads/2021/04/Maakuntapohja\\_Etela-Pohjanmaa.pdf](https://tapio.fi/wp-content/uploads/2021/04/Maakuntapohja_Etela-Pohjanmaa.pdf)
- Teirilä, J. (2024). Sähkötalouden tilannekuvia. <https://sahkomarkkinablogi.blogspot.com/2024/10/sahkomarkkinan-tilannekuvia.html>
- Teknologiateollisuus ry. (2023). Suomella on ainutlaatuinen tilaisuus nousta Euroopan johtavaksi vetytaloudeksi. <https://teknologiateollisuus.fi/fi/ajankohtaista/uutinen/suomella-ainutlaatuinen-tilaisuus-nousta-euroopan-johtavaksi-vetytaloudeksi>
- Teknologiateollisuus ry. (2024). Vetytalous. <https://osaamispulssi.fi/osaaminen/vetytalous/#:~:text=Vetytalouden%20rakentaminen%20edellytt%C3%A4%C3%A4%20liiketoiminnan%20ja,yhteen%20tuovia%20verkostoja%20ja%20arvoketjuja>.
- TEM. (2023). Toimialaraportit 2023:4 Kaivosteollisuus. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163279/TEM\\_2021\\_4\\_T.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163279/TEM_2021_4_T.pdf)
- Tengler, M. (2024). Electrolyzer Industry: Hydrogen Talk: Strengthening the Leadership for European Electrolyser Manufacturing. Hydrogen Europe. <https://www.youtube.com/watch?v=RZeciKdF9ls>
- Tilastokeskus. (2020). Maa- ja puutarhatalouden energiankulutus (GWh) muuttujina Vuosi, ELYkeskus, Energialähde ja Tieto. PxWeb. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/maa-ja-puutarhatalouden-energiankulutus>
- Tilastokeskus. (2022). Väestö ja yhteiskunta. [https://stat.fi/tup/suoluk/suoluk\\_vaesto.html#vaestotieto-ja-maakunnittain](https://stat.fi/tup/suoluk/suoluk_vaesto.html#vaestotieto-ja-maakunnittain)
- Tilvis, E. (2024). SSAB:n jätti-investointi karkasi Ruotsiin: ”Poliittisilla lakoilla ei mitään vaikutusta päätökseen”. Helsingin Sanomat. <https://www.hs.fi/talous/art-2000010331499.html>
- TNO. (2024). Evaluation of the levelised cost of hydrogen based on proposed electrolyser projects in the Netherlands. Netherlands Organisation for Applied Scientific Research. <https://publications.tno.nl/publication/34642511/mzKClN/TNO-2024-R10766.pdf>
- Transport & Environment. (2024). Implementing the EU’s e-SAF mandate. [https://www.transportenvironment.org/uploads/files/202410\\_ReFuelEU\\_Penalties.pdf](https://www.transportenvironment.org/uploads/files/202410_ReFuelEU_Penalties.pdf)
- Transport & Environment. (2024b). The challenges of scaling up e-kerosene production in Europe. [https://www.transportenvironment.org/uploads/files/2024\\_01\\_E-kerosene\\_Tracker\\_TE\\_2024-04-29-155012\\_cevi.pdf](https://www.transportenvironment.org/uploads/files/2024_01_E-kerosene_Tracker_TE_2024-04-29-155012_cevi.pdf)
- Transport & Environment. (2024c). Estimate of average efficiency of different fuel types in cars. <https://x.com/transenv/status/1823253213350334577/photo/1>
- Tuominen, P. (2024). Keski-Suomi vetytalouden toimintaympäristönä. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu. <https://www.jamk.fi/fi/uutiset/2024/keski-suomi-vetytalouden-toimintaymparistona-arvoketjussa-olisi-tilaa-tekijoille>
- TVO. (2024). OL3. Teollisuuden voima. <https://www.tvo.fi/tuotanto/laitosyksikot/ol3.html#:~:text=Suomen%20suurin%20ilmasto-tekko&text=OL3%3An%20s%C3%A4hk%C3%B6ntuotanto%20kattaa%20noin,3%2C6%20miljoonan%20s%C3%A4hk%C3%B6auton%20lataustarpeeseen>.

- Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM). (2022). Valtion avustusten myöntäminen TEM/2022/210. Sitoumuksen antaminen valtionavustuksen maksamiseen Nordic Ren-Gas Oy:lle. <https://tem.fi/paatos?decisionId=0900908f807f9ed0>
- Väänänen, M., Laasasenaho, K. (2021). Energiaturpeen käytön vähentäminen tuntuu Etelä-Pohjanmaalla. Etelä-Pohjanmaan liitto. <https://epliitto.fi/ajankohtaista/energiaturpeen-kayton-vahentaminen-tuntuu-etela-pohjanmaalla/>
- Vaasan Yliopisto. (2021). Vetyä ja tuulta tulevaisuuden laivoihin – EU:lta merkittävä rahoitus Vaasan yliopistolle vähähiilisen merenkulun tutkimukseen. <https://www.uwasa.fi/fi/uutishuone/uutiset/vetya-ja-tuulta-tulevaisuuden-laivoihin-eulta-merkittava-rahoitus-vaasan>
- Valtioneuvosto. (2023). Hallitus hyväksyi periaatepäätöksen vedystä - Suomella edellytykset valmistaa 10 prosenttia EU:n vihreästä vedystä 2030. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/hallitus-hyvakysi-periaatepaatoksen-vedysta-suomella-edellytykset-valmistaa-10-prosenttia-eu-n-vihreasta-vedysta-2030>
- Valtioneuvosto. (2023b). Vahva ja välittävä Suomi- Pääministeri Petteri Orpon hallitusohjelma. <https://valtioneuvosto.fi/hallitukset/hallitusohjelma#/7/2>
- Valtioneuvosto. (2024). Hallituksen raha-asianvaliokunta puoltanut 28 miljoonan euron energiatukea Nordic Ren-Gas Oy:lle hiilidioksidin talteenottoon ja metanointiin. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/hallituksen-raha-asianvaliokunta-puoltanut-28-miljoonan-euron-energiatukea-nordic-ren-gas-oy-lle-hiilidioksidin-talteenottoon-ja-metanointiin>
- Vetyklusteri. (2023). Clean hydrogen economy strategy for Finland. H2 Cluster Finland <https://h2cluster.fi/wp-content/uploads/2023/06/H2C-H2-Strategy-for-Finland.pdf>
- Vetyklusteri. (2023b). Suomi: Johtava vetytalouden ekosysteemi Euroopassa vuonna 2035. <https://h2cluster.fi/wp-content/uploads/2023/06/HCF-Strategia-Julkistusesitys.pdf>
- Vihanta, A., Amonoo, H. (2024). Hycamite keksi vihreän tavan pilkkoa metaania vedyksi ja kiinteäksi hiileksi – Euroopan suurin tehdas nousi Kokkolaan. Yle uutiset. <https://yle.fi/a/74-20109498>
- Virtanen, S. (2024). Puolustusvoimat torppasi 13 merituulipuiston rakentamisen Ruotsissa – vain yhdelle lupa. Tekniikka & talous. <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/puolustusvoimat-torppasi-13-merituulipuiston-rakentamisen-ruotsissa-vain-yhdelle-lupa/617f3085-0cf6-43c0-b160-43ce22a67769>
- Wacket, M., Alkousaa, R. (2024). Germany set to overhaul subsidy regime for renewable energy- document. Reuters. <https://www.reuters.com/business/energy/germany-set-overhaul-subsidy-regime-renewable-energy-document-2024-07-05/>
- Wärtsilä. (2024). Tietoa Wärtsilästä. <https://www.wartsila.com/fi/wartsila>
- Webb, S. (2024). Fortescue, Liebherr secure orders for 100 electric mining trucks, Forrest says. Reuters. <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/fortescue-liebherr-secure-orders-100-electric-mining-trucks-forrest-says-2024-09-27/>
- Wettengel, J. (2024). Danish-German hydrogen pipeline project delayed by three years. Clean Energy Wire. <https://www.cleanenergywire.org/news/danish-german-hydrogen-pipeline-project-delayed-three-years#:~:text=Danish%20electricity%20and%20gas%20transmission,2032%20and%202033%2C%20said%20Energinet.>

WIC Science Channel. (2022). 10 GW vetytuotantoa nopeasti - P2X Solutions tavoittelee osaa Suomen vetymarkkinoista (WIC Talk). <https://www.youtube.com/watch?v=qexOUPqVCjk>

World Steel Association. (2021). 2021 World Steel in Figures. <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/2021-World-Steel-in-Figures.pdf>

XAMK. (2023). Vetyä, virtaa Kaakkoon – hukkalämmön hyödyntämispotentiaali. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/818932/URNISBN9789523445697.pdf;jsessionid=0AF700E6C2E6C27B5CD8C0C2F9ABC571?sequence=5>

Ympäristö. (2011). Hannukaisen rautakaivoshanke, Kolari. <https://www.ymparisto.fi/fi/osallistu-ja-vaikuta/ymparistovaikutusten-arviointi/hannukaisen-rautakaivoshanke-kolari>

