

Raportti

2026, Päijät-Hämeen Vetystrategia

Päijät-Hämeen vetystategia: alueellinen selvitys

Erika Tapaninen^a, Eero Inkeri^b, Mika Keski-Luopa^a, Ville Kukkonen^a, Aki Hämäläinen^a

^aLAB-ammattikorkeakoulu

^bLUT-yliopisto

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Vihreän vetyteollisuuden reunaehdot ja potentiaali Päijät-Hämeessä	3
2.1	Tuulivoimapotentiaali	3
2.2	Aurinkovoimapotentiaali	5
2.3	CO ₂ -potentiaali.....	7
2.4	PtX-tuotteiden potentiaali	8
2.5	Vedyn tuotanto ja käyttö liikenteessä	12
2.6	PtX sivuvirtojen hyödyntämismahdollisuudet	12
2.7	Vetytalouteen liittyvät alueen teollisuustoimijat	13
2.8	Vetyteollisuuteen liittyvä kaavoitus ja lainsäädäntö	13
2.8.1	Kaavoitus	13
2.8.2	Lainsäädäntö	15
2.9	Tarvittavat siirtoverkot sekä varastot (aine ja energia)	16
3	Uusiutuvan energian tuotannon ja vetytalouden alueellinen merkitys.....	18
3.1	Tuulivoiman mahdollistamat alueelliset talous- ja työpaikkavaikutukset	18
3.2	Tuulivoimaloihin liittyvä kaavoitus	18
3.3	Tuulivoimaloiden haasteet	19
4	Johtopäätökset	20

1 Johdanto

Energiajärjestelmä on parhaillaan merkittävässä muutoksessa, kun fossiilisia energialähteitä korvataan yhä enemmän erilaisilla uusiutuvan energian tuotantotavoilla. Vedyllä on todennäköisesti merkittävä rooli energiajärjestelmän muutoksessa kohti ilmastoneutraalia taloutta ja kestävää energiantuotantoa. Suomen hallitus hyväksyi periaatepäätöksen vedystä [1], jonka mukaan Suomi pyrkii vahvistamaan asemaansa Euroopan kärkimaiden joukossa vetytaloudessa kehittämällä koko arvoketjua, ja luomaan vetyyn ja sen johdannaisiin perustuvan teollisuudenalan. Tavoitteena on, että Suomi tuottaa vuoteen 2030 mennessä merkittävän osuuden EU:n fossiilivapaasta vedystä. Suomen kilpailuetuina päästöttömän vedyn tuotannolle ovat uusiutuvan energian tuotantopotentiaali, luotettava sähkön kantaverkko, ennakoitava toimintaympäristö, maankäytön suunnittelu ja lupamenettelyjen sujuvuus. Vedyn hyödyntämispotentiaalia nähdään etenkin teollisuudessa, raskaassa tieliikenteessä ja lento- ja meriliikenteessä sekä energiajärjestelmissä.

Kansainvälinen energiajärjestö IEA on korostanut, että vedystä voi tulla tärkeä osa globaalisti kestävää energiajärjestelmää juuri sen varastointi- ja monikäyttöisyyden ansiosta [2]. Vedylle on asetettu myös EU:n toimesta suuri rooli ilmastomuutoksen torjunnassa [3]. Hyödyistään huolimatta vihreään vetyyn liittyy haasteita, kuten nykyinen korkea hinta, rajallinen tuotantomäärä, suuren uusiutuvan energiatarpeen aiheuttamat investointipaineet sekä infrastruktuurin ja turvallisen varastoinnin kehittämistarpeet. EU pyrkii vastaamaan näihin haasteisiin lisäämällä tuotantokapasiteettia, luomalla yhtenäiset vetymarkkinat ja edistämällä siirtymää pois fossiilisista vedyn tuotantomuodoista.

Vedystä voidaan myös jatkojalostaa muita lopputuotteita korvaamaan fossiilisia vaihtoehtoja (CCU, carbon capture and utilization). Erityisesti hiilivetyjä ja niiden johdannaisia pidetään tärkeinä ammoniakkin lisäksi [4]. Tarvittava hiili voidaan hankkia mm. kaappaamalla hiilidioksidia esimerkiksi savukaasuista tai biokaasusta, tai kaasuttamalla biomassaa. Hiilidioksidia voidaan hyödyntää myös varastoimalla se pysyvästi (CCS, carbon capture and storage) esimerkiksi vanhoihin öljy- ja kaasulähteisiin.

Tämän raportin tavoitteena on muodostaa kokonaisvaltainen tilannekuva Päijät-Hämeen vetytalouden nykytilasta, edellytyksistä ja mahdollisuuksista. Raportissa tarkastellaan alueen nykyistä energianjakelu- ja tuotantoinfrastruktuuria sekä vetytalouden kannalta keskeisiä lainsäädännöllisiä kysymyksiä, lupa-asioita ja kaavoitukseen liittyviä rajoitteita. Lisäksi raportissa arvioidaan Päijät-Hämeen mahdollisuuksia ja reunaehtoja vedyn tuotannolle. Puhtaan vedyn tuotanto edellyttää uusiutuvan sähkön saatavuutta, minkä vuoksi alueen olemassa olevat ja suunnitteilla olevat tuuli- ja aurinkovoimalaitokset on kartoitettu. Samalla on arvioitu uusiutuvan energiantuotannon kasvupotentiaalia. Koska useimmat vedyn jatkojalosteet tarvitsevat hiilidioksidia, on selvitetty Päijät-Hämeen merkittävimmät hiilidioksidin tuottajat.

Tämä raportti on tuotettu osana Päijät-Hämeen vetystrategia –hanketta, jonka on rahoitettu Euroopan aluekehitysrahastosta. Raportti toimii myös lähtökohtana tarkemmille teknistaloudellisille selvityksille, hankkeessa myöhemmin tuotettavalle vetystrategialle, sekä paikkatietotyökalun kehittämiselle. Raportin tuottamiseen ovat osallistuneet LAB ammattikorkeakoulu ja LUT yliopisto.

Analyysin tulokset toimivat lähtötietoina QGIS-ohjelmistolla toteutettavalle monikerroksiselle kartastolle, joka visualisoi alueen vetytalouden kannalta keskeiset rakenteet, sijainnit ja rajapinnat. Kartaston tarkoituksena on tukea alueellista päätöksentekoa, investointisuunnittelua sekä tutkimus- ja yritysysteistyötä, tarjoten dynaamisen työkalun vetytalouden kehittämisen seurantaan ja ohjaamiseen Päijät-Hämeessä.

Yhteiskunnallisessa alueellisessa selvityksessä kartoitetaan nykyinen energianjakelu- ja tuotantoinfrastruktuuri, lainsäädännölliset kysymykset, kokonaisvaltaiset lupa-asiat ja kaavoituksesta tulevat rajoitteet liittyen vetytalouden eri osa-alueisiin. Teknisessä alueellisessa selvityksessä kartoitetaan alueen teolliset toimijat, nykyiset vedyn tuottajat- ja kuluttajat, sekä merkittävimmät CO₂-päästölähteet.

2 Vihreän vetyteollisuuden reunaehdot ja potentiaali Päijät-Hämeessä

Vetyä voidaan kutsua vihreäksi vedyksi, kun sen tuotantoon käytetty sähkö on tuotettu uusiutuvilla energialähteillä. Vety ei usein ole pääasiallinen lopputuote, vaan siitä voidaan jatkojalostaa mm. synteettistä maakaasua (metaania), metanolia, lentopolttoainetta, bensiiniä, dieseliä, sekä muita kemianteollisuuden raaka-aineita. Vedyn käytöllä voidaan merkittävästi vähentää päästöjä, korvaamalla sillä fossiilisia raaka-aineita. Vetyyn pohjautuvia tuotteita on esitetty käytettäväksi erityisesti kohteissa, jotka ovat vaikeita sähköistää suoraan, esimerkiksi raskaassa liikenteessä ja teollisuudessa. Vedyn jatkojalosteet voivat hyödyntää osin jo olemassa olevaa infrastruktuuria, mikä helpottaa käyttöönottoa. Vetyä voidaan myös varastoida suuria määriä, jolloin se voi toimia keskipitkän aikavälin energiavarastona, tasapainottaen tuuli- ja aurinkovoimaan pohjautuvaa energiajärjestelmää. Tässä osiossa käsitellään vihreän vedyn tuotantoon liittyviä rajoitteita ja mahdollisuuksia, sekä tuotannon potentiaalia Päijät-Hämeessä. (Euroopan parlamentti, 2021)

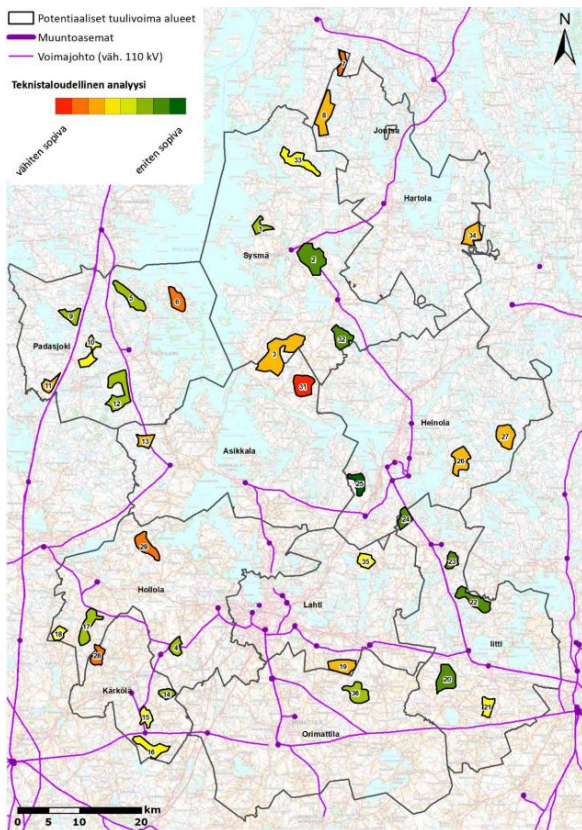
2.1 Tuulivoimapotentiaali

Tällä hetkellä Päijät-Hämeessä ei ole lainkaan tuulivoimaloita, mutta yksi projekti on rakenteilla, seitsemän projektia on luvituksessa, ja yksi esisuunnittelussa (Taulukko 1). Näiden yhteenlaskettu maksimituotantopotentiaali on 313 MW [5].

Taulukko 1. Tuulivoimahankkeet Päijät-Hämeessä [5].

Kohde	Kapasiteetti	Tilanne
Sysmä, Rekolanvuoret	26 MW	luvitut/kaavoitus
Padasjoki, Tornimäki	30–50 MW	luvitut/kaavoitus
Padasjoki, Riuttankolu	29–36 MW	luvitut/kaavoitus
Heinola, Huukinkorpi	36 MW	luvitut/kaavoitus
Hollola, Tuohijärvi	8 MW	Esisuunnittelu
Orimattila, Kuivanto	18–30 MW	luvitut/kaavoitus
Iitti, Perheniemi	37.2 MW	Rakenteilla
Iitti, Anhava	90 MW	luvitut/kaavoitus

Alueelle (Kuva 1) on tehty FCG:n toimesta analyysi tuulivoiman potentiaalista [6]. Arvioitu tuotantopotentiaali on noin 5000–11500 GWh/vuosi. Arvioon vaikuttaa mm. oletettu huipunkäyttöaika, turbiinityyppi, ja toteutuvien alueiden osuus. Tuotantopotentiaali vastaa 1600–3600 MW maksimitehoa (oletettu huipunkäyttöaika 3200 h).



Kuva 1. FCG:n raportissa [6] tunnistetut tuulivoiman tuotantoon soveltuvat alueet, niiden luokittelu sekä sähköverkko.

Myös Ramboll on arvioinut tuulivoimatuotantoa osana aurinkovoimaselvitystä [7]. Tuotantopotentiaali 1490–2300 GWh/vuosi on arvioitu tiedossa olevien hankesuunnitelmien pohjalta, joten se on FCG:n arviota pienempi, mutta tarkempi lähitulevaisuuden osalta. Maksimitehoksi saadaan 3200 tunnin huipunkäyttäjällä 470–720 MW.

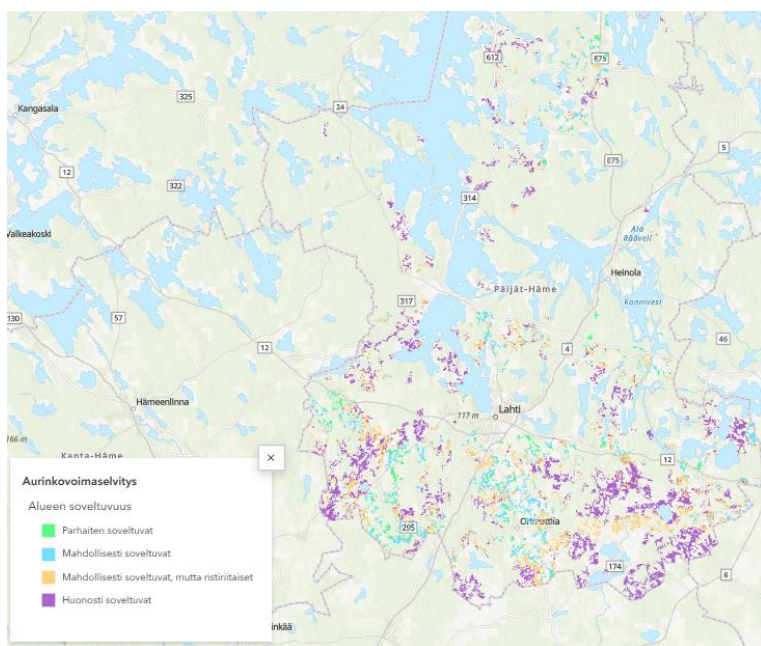
2.2 Aurinkovoimapotentiali

Teollisen kokoluokan (yli 1 MW) aurinkovoimaloiden kapasiteetti Suomessa on 251 MW [8], josta Päijät-Hämeessä sijaitsee 5 MW (2 %). Alueella on kuitenkin useita projekteja käynnissä (Taulukko 2), yhteensä 636.5 MW [9]. Huipunkäyttöajalla 900 h vuosituotannoksi tulisi yhteensä 459 GWh/vuosi.

Taulukko 2. Alueen aurinkovoimahankkeet [9].

Kohde	Kapasiteetti	Tilanne
Lahti, Isku	2 MW	Tuotannossa
Orimattila, Metsola	45 MW	luvitut/kaavoitus
Orimattila, Pennala	220 MW	luvitut/kaavoitus
Orimattila, Pakaa	125 MW	luvitut
Kärkölä, Marttila	30 MW	luvitut
Kärkölä, Järvelä	2 MW	tuotannossa
Kärkölä, Äväntso	21 MW	luvitut
Iitti, Iitti	93 MW	luvitut
Heinola, Laviasuo	33 MW	luvitut
Heinola, Laviasuo	5.5 MW	luvitut valmis
Hartola, Hartola	60 MW	luvitut

Ramboll on selvittänyt alueen (Kuva 2) soveltuvuutta aurinkovoimalle [7]. Tuloksena selvityksessä oli soveltuvan alueen pinta-ala luokiteltuna neljään kategoriaan 0–3 (0 = huonosti soveltuvat, 3 = parhaiten soveltuvat). Kategorian 3 alue on yhteensä 3227 hehtaaria. Keskimääräiseksi vuosituotannoksi raportissa arvioitiin 1370 MWh/ha, jonka perusteella kategorian 3 kokonaistuotannoksi saadaan 4421 GWh/vuosi. Toiminnassa olevat ja luvitetut projektit (459 GWh/vuosi) ovat noin 10 % tästä. Kategorian 2 alue kattoi 9308 ha, jonka arvioitu vuosituotanto olisi 12752 GWh/vuosi.



Kuva 2. Rambollin aurinkovoimaselvityksessä [7] tunnistetut potentiaaliset alueet.

2.3 CO₂-potentiaali

Ladec selvityksessä [10] tunnistettiin Päijät-Hämeen alueelta useita bio-CO₂ lähteitä (Taulukko 3). Osa laitoksista tuottaa pelkästään kaukolämpöä, joten niiden CO₂ saatavuus vaihtelee suuresti läpi vuoden. Lämmityksen sähköistyessä biomassan poltto ja bio-CO₂ päästöt voivat vähentyä entisestään. Paljon vaihteleva saatavuus vaikeuttaa hiilidioksidin hyötykäyttöä, aiheuttaen varastointitarvetta tai käytön joustavuutta saatavuuden mukaan. Pelkän lämmöntuotannon lisäksi muita CO₂ lähteitä ovat Koskisen Oy:n puuteollisuusalueet Kärkölässä, joille suurimman osan lämmöstä tuottaa Loimua Oy, sekä Stora Enson tehdas Heinolassa. Koskisen Oyj hiilidioksidipäästöjen määrä on arvioitu käytetyn polttoaineen määrän perusteella: 281 GWh, josta bioperäistä 97.4 %. Poltossa vapautuvan hiilidioksidin määräksi arvioidaan 112 t/TJ [11]

Taulukko 3. Bio-CO₂ lähteet Päijät-Hämeessä.

Kohde	Bioperäiset CO ₂ päästöt (t/vuosi)	Lähde
Lahti Energia Oy, Lahti (18 laitosta)	348 374	[10]
Orimattilan Lämpö Oy	19 122	[10]
Store Enso Oyj, Heinola	13 581	[10]
Kausalan Lämpö Oy (2 laitosta)	9 396	[10]
Lahti Energia Oy, Asikkala (2 laitosta)	8 543	[10]
Versowood Oy (5 laitosta)	7 504	[10]
Loimua Oy + Koskisen Oy, Kärkölä	110 353	[12]
Yhteensä	516 873	

Savukaasujen lisäksi hiilidioksidia on myös biokaasussa. Biokaasu sisältää n. 40 % hiilidioksidia, ja biokaasulaitokset tarjoavat melko tasaisen tuotannon läpi vuoden. Päijät-Hämeessä on neljä laitosta (Taulukko 4) [13]. Arvioitaessa biokaasulaitoksen CO₂-tuotantoa, oletetaan biokaasun lämpöarvoksi 6 kWh/m³ [14], CO₂-pitoisuudeksi 40 % [14] ja tiheydeksi 1.215 kg/Nm³ [15]. Stora Enson tuottama biokaasu käytetään tehdasintegraatin sisällä omaan käyttöön. Gasum tuottaa Labion biokaasusta puhdasta metaania liikennekäyttöön, mutta poistettua hiilidioksidia ei oteta prosessissa talteen. Verrattuna savukaasupohjaisiin lähteisiin, biokaasun CO₂ potentiaali on melko vähäinen.

Taulukko 4. Biokaasulaitosten CO₂ tuotanto.

Kohde	CO ₂ tuotanto (t/vuosi)	Biokaasun tuotanto	Lähde
Labio, Lahti	6 567	22 831 m ³ /päivä	[16]
Stora Enso, Heinola	1 484	5 160 – 6 240 m ³ /päivä	[17]
Kariniemi ja Ali-Juhakkala	1 362	4 737 m ³ /päivä	[18]

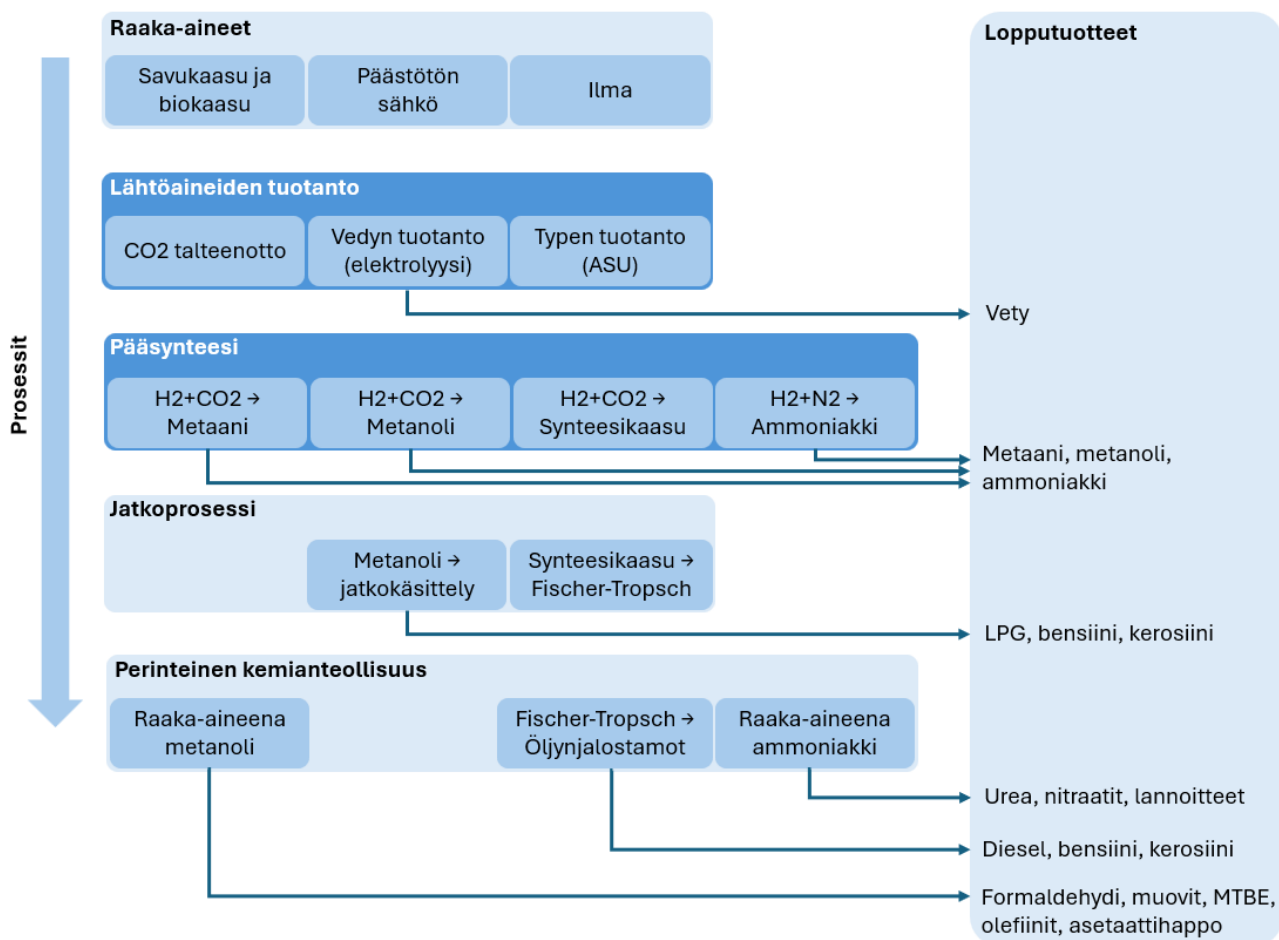
Alueella on myös jo toiminnassa tai suunnitteilla merkittäviä hiilidioksidin käyttäjiä, joten osa CO₂-tuotannosta on mahdollisesti jo varattu. Hollolassa pilotoidaan pysyvää CO₂ varastointia betoniin Rakennusbetoni ja Elementti Oy:n tehtaalla [19], ja Ren-Gas suunnittelee e-metaanin tuotantoa Lahdessa (CO₂ tarve 70 000 t/vuosi) [20]. Myös Hartwallin juomatehdas käyttää hiilidioksidia.

2.4 PtX-tuotteiden potentiaali

Vedyn lisäksi sähköstä voidaan tehdä muitakin tuotteita (PtX, power-to-x). Käytetystä määritelmästä riippuen, myös sähköinen lämmitys (Power-to-Heat) voitaisiin lukea yhdeksi kategoriaksi, mutta tässä raportissa lämpöä käsitellään vain muiden PtX prosessien hukkalämmön osalta. Tässä osiossa arvioidaan Päijät-Hämeen potentiaalia PtX tuotteiden osalta, ottaen huomioon rajoitteina uusiutuvan sähkön saatavuuden ja bio-CO₂ tuotannon alueella. Tuotteet voidaan jakaa kolmeen kategoriaan käytettyjen raaka-aineiden mukaan:

- Vety
- Vedyn ja hiilidioksidin johdannaiset (metanoli, metaani, ...)
- Vedyn ja typen johdannaiset (ammoniakki)

Lisäksi eri arvoketjuja muodostuu eri synteesien, prosessien ja lopputuotteiden kautta (Kuva 3). Osa lopputuotteista on polttoaineita, osa raaka-aineita perinteisen kemianteollisuuden prosesseihin.



Kuva 3. Eri arvoketjut vedylle. Tämän selvityksen ja alueen kannalta merkittävin uusi liiketoiminta liittyy lähtöaineiden tuotantoon ja pääsynteeseihin, sekä mahdollisesti jatkoprosesseihin.

Pelkän vedyn sekä vedyn ja typen johdannaisien potentiaalia rajoittaa lähinnä saatavissa oleva päästöttömän sähkön määrä, sekä vapaana oleva sähkön siirron kapasiteetti. Typen erottaminen ilmasta on tunnettu teknologia, jonka kustannus on murto-osa vedyntuotannon kustannuksesta.

Vedyn ja hiilidioksidin johdannaisilla rajoitteena on myös hiilidioksidin saatavuus. Hiilidioksidilähteitä on kolmea tyyppiä: fossiilinen, biologinen, sekä ilmasta erotus. Saatavuus, kustannustaso ja regulaatio aiheuttavat suurimmat rajoitteet.

Vedyn ja hiilidioksidin johdannaisia voidaan käsitellä myös hiilidioksidin talteenoton, hyötykäytön ja varastoinnin kategoriassa (CCUS), josta valtioneuvoston kanslia on tehnyt kattavan raportin [21]. Tässä vaihtoehdossa lopputuote toimii pitkän ajan varastona hiilidioksidille, kun taas PtX-lopputuotteet kulutetaan melko nopeasti mahdollisen varastoinnin jälkeen.

Lopputuotteiden osalta tarkastellaan vetyä, metaania, metanolia, ammoniakkia, sekä Fischer-Tropsch -tuotteiden osalta dieseliä ja lentopetrolia. Potentiaalit (Taulukko 5) arvioidaan eri skenaarioille aurinko- ja tuulivoima osalta: 1) suunnitellut investoinnit, 2) tekninen potentiaali, konservatiivinen, ja 3) tekninen potentiaali, optimistinen. Lisäksi huomioidaan nykyinen biologisen hiilidioksidin tuotanto skenaariossa 0, erikseen polttolaitoksille ja biokaasulle. Oletuksena on, ettei biologisen hiilidioksidin tuotanto voi merkittävästi kasvaa nykyisestä, sillä erityisesti metsäbiomassat ovat jo nyt tarkoin hyödynnetyt. Suunta voi olla ennemminkin alaspäin, sillä polttolaitoksia korvataan

mm. lämmöntuotannossa sähkökattiloilla ja lämpöpumpuilla, ja lisäksi biomassasta voitaisiin tuottaa suoraan polttoaineita tulevaisuudessa mm. kaasutus- tai pyrolyysiprosessien kautta.

Taulukko 5. PtX tuotteiden vuosituotannon potentiaali Päijät-Hämeessä.

0: Bioperäinen hiilidioksidi (kt)		Tuotantopotentiaali (kt)					
<i>Tuotanto</i>		<i>Vety</i>	<i>Metaani</i>	<i>Metanoli</i>	<i>Diesel</i>	<i>Lentopetroli</i>	<i>Ammoniakki</i>
Polttolaitokset: 517	-	188	376	90	76	-	-
Biokaasu: 8	-	3	6	1	1	-	-
1: Suunnitellut investoinnit (GWh)		Tuotantopotentiaali (kt)					
<i>Tuotettu energia</i>		<i>Vety</i>	<i>Metaani</i>	<i>Metanoli</i>	<i>Diesel</i>	<i>Lentopetroli</i>	<i>Ammoniakki</i>
Aurinkovoima: 455 GWh	9	18	47	9	8	50	50
Tuulivoima: 1002 GWh	20	39	104	21	18	111	111
2: Konservatiivinen potentiaali (GWh)		Tuotantopotentiaali (kt)					
<i>Tuotettu energia</i>		<i>Vety</i>	<i>Metaani</i>	<i>Metanoli</i>	<i>Diesel</i>	<i>Lentopetroli</i>	<i>Ammoniakki</i>
Aurinkovoima: 4412	86	172	459	92	77	488	488
Tuulivoima: 2300	45	90	239	48	40	254	254
3. Optimistinen potentiaali (GWh)		Tuotantopotentiaali (kt)					
<i>Tuotettu energia</i>		<i>Vety</i>	<i>Metaani</i>	<i>Metanoli</i>	<i>Diesel</i>	<i>Lentopetroli</i>	<i>Ammoniakki</i>
Aurinkovoima: 12 752	249	498	1328	265	233	1411	1411
Tuulivoima: 8 000	156	312	833	166	140	885	885

Huomioitavaa on, että jo konservatiivisen tuuli- ja aurinkovoimapotentiaali ylittää hiilidioksidin saatavuuden, eli hiilidioksidi on oletettavasti rajoittava tekijä tulevaisuudessa. Ilmiötä voi voimistaa se, että suuri osa hiilidioksidin tuotannosta liittyy kaukolämmön tuotantoon, joka vaihtelee suuresti vuodenajan mukaan. Mikäli sähköä on saatavilla enemmän kuin hiilidioksidipohjaiset PtX tuotteet vaativat, voidaan loppuosa käyttää myös pelkän vedyn ja ammoniakin tuotantoon.

Kun verrataan tuotantopotentiaaleja nykyiseen käyttöön, on Suomen sisäinen tarve mahdollista tuottaa olemassa olevilla resursseilla melko kattavasti (Taulukko 6). Markkinapotentiaalia arvioitaessa on huomioitava, etteivät PtX tuotteet pysty vielä kilpailemaan hinnalla fossiilisten tuotteiden kanssa, mikäli katsotaan pelkästään tuotteen hintaa. Kokonaistaloudellisesti tilanne on kuitenkin eri, sillä fossiilisten tuotteiden käytöstä voi joutua maksamaan päästökaupan kautta. Päästökauppa laajentuu kattavammaksi eri sektoreille, ilmaisten päästöoikeuksien myöntäminen päättyy, ja päästöoikeuksien hinnat nousevat tulevaisuudessa. Lisäksi käytössä on regulaatiota, joka pakottavat e-polttoaineiden osittaiseen käyttöön liikenteessä sekoitevelvoitteen kautta.

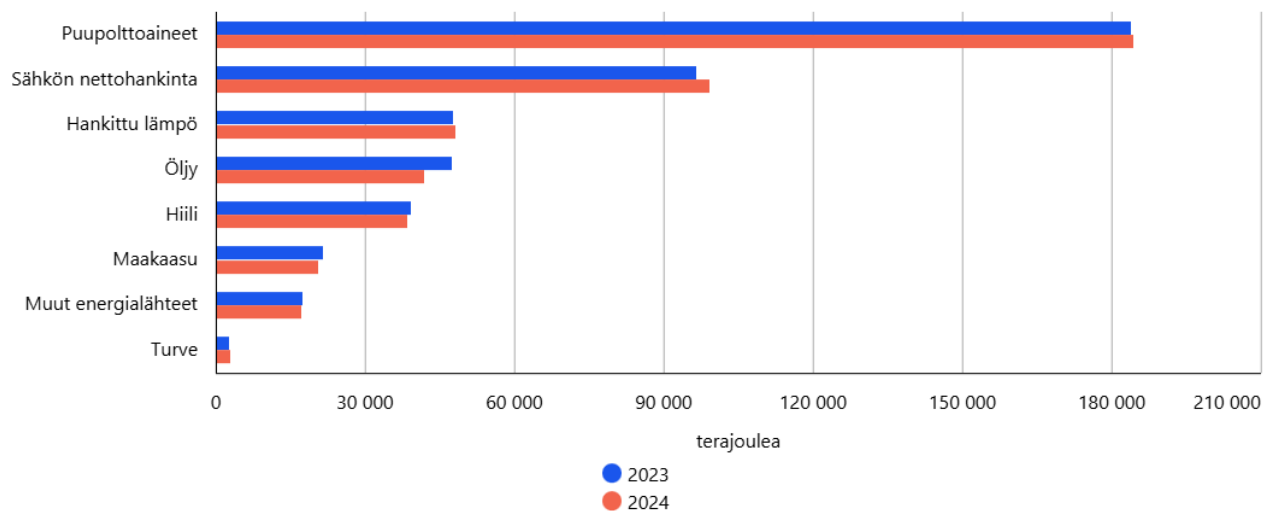
Taulukko 6. Eri tuotteiden käyttö Suomessa ja maailmassa.

Lopputuote	Käyttö, Suomi (kt)	Käyttö, Päijät-Häme (kt)*	Käyttö, maailma (Mt)	Lähteet
Vety	150–200	5.4–7.2	97	[22,23]
Metaani	923	33.2	2981	[24,25]
Metanoli	138**	5.0	90	[26]
Diesel	1705	61.4	1245	[27,28]
Bensiini	1005	36.2	1110	[27,29]
Lentopetrol	707	25.5	341	[30]
Ammoniakki	170-180	6.1–6.5	185	[31,32]

*Laskettu väestömäärän (3.6 %) mukaan koko maan kulutuksesta

**Oletettu 2 % koko Euroopan kulutuksesta

Toinen arvio alueelliselle kulutukselle saadaan teollisuuden energiankäytön tilastojen [33] maakuntakohtaisten tilastojen ja koko maan energianlähdekohtaisten tilastojen perusteella (Kuva 4). Päijät-Hämeen teollisuuden energian kulutus vuonna 2024 oli tilastokeskuksen mukaan 2241 GWh. Oletetaan, että Päijät-Hämeessä on sama kulutusjakauma kuin muualla maassa, jolloin voidaan laskea energianlähdekohtainen kulutus Päijät-Hämeessä. Näin öljyn ja kaasun kulutukseksi saadaan 18.4 ja 7.3 kt.



Kuva 4. Teollisuuden energiankäyttö energianlähdekohtaisesti [33].

2.5 Vedyn tuotanto ja käyttö liikenteessä

Jakeluinfra-asetuksen (AFIR) mukaan EU:n TEN-T liikenneverkossa on vuoden 2030 loppuun mennessä oltava vetytankkaus piste enintään 200 km välein, ja lisäksi myös kaupunkisolmukohtissa [34]. Koska Lahti on yksi solmukohta ja Päijät-Hämeen läpi kulkeva VT5 kuuluu TEN-T ydinverkkoon, alueelle tarvitaan vähintään yksi tankkaus piste. Tankkaus pisteen kapasiteetin on oltava vähintään 1 tonni/päivä, ja sen on tarjottava tankkaus 700 bar paineessa. Vedyn lämpöarvolla 120 MJ/kg ja vedyntuotannon hyötysuhteella 65 % saadaan päivittäiseksi sähköntarpeeksi 51 MWh/päivä. Vuotuinen sähköntarve on siten 19 GWh/vuosi. Tarve on pieni verrattuna aurinko- ja tuulivoiman potentiaaliin, sillä vedyn tuottamiseen tarvittava keskimääräinen sähköteho on vain 2.1 MW.

Vuonna 2022 Päijät-Hämeessä on toteutettu henkilöautojen ja ranskaan liikenteen latausinfrastruktuurit. Raskaan liikenteen selvityksen toteutti Korkia Consulting Oy ja Rejlers Oy [35]. Raskaan liikenteen raportissa selvitettiin, miten Päijät-Hämeen alueella voidaan kehittää raskaan liikenteen sähköistä latausinfrastruktuuria, erityisesti TEN-T-verkon vaatimusten ja EU:n AFIR-asetuksen mukaisesti. Päijät-Häme sijaitsee TEN-T ydinverkon varrella Vt4 etelä-pohjois akselilla ja Vt12 itä-länsi akselilla. Lahti on tunnustettu viralliseksi kaupunkisolmukohtaksi TEN-T liikenneverkossa [36]. Raportissa arvioitiin alueen jo olemassa olevia tai kaavoitettuja alueita, joihin raskaan liikenteen sähköinen lataus piste voitaisiin sijoittaa. Alueita valittiin seuraavien kriteerien perusteella: sähköaseman läheisyys, palvelutaso, pysäköintikapasiteetti ja laajennusvara, saavutettavuus ja liikennevirrat sekä kaavoitus ja kehityspotentiaali. Näiden kriteerien jälkeen tarkasteluun jäi kuusi kohdetta, jotka ovat Matkakeidas Vierumäki (Vt4), ABC Heinola & Heinolan Heila (Vt4), Neste Jari-Pekka Hartola (Vt4), Koskikartano Hämeenkoski (Vt12), Pippo-Kujalan logistiikkavyöhyke (Lahti) ja ABC & SEO Padasjoki (Vt24).

Sitowisen raportissa [37] esitellään suunnitelmia vedyn tankkaus pisteen rakentamisesta Vanhanradankadulle Lahteen. Arvioitu vedyntarve on 350–2000 kg/päivä. Korkeampaan arvioon päästään, jos raskaasta liikenteestä 1 % olisi vetykäyttöistä.

2.6 PtX sivuvirtojen hyödyntämismahdollisuudet

Tärkeimmät PtX sivuvirrat ovat happi (elektrolyysistä) sekä lämpö. Lämpöä muodostuu elektrolyysistä ja mahdollisista synteesisprosesseista. Lämmön osalta on tärkeä ensin hyötykäyttää se PtX prosessin sisällä lämpöintegroitien avulla. Esimerkiksi hiilidioksidin talteenotto ja raakametanolin tislaukseen tarvitsevat suuren määrän lämpöä.

Happea käytetään teollisuudessa ja mm. lääkinnällisissä tarkoituksissa. Mikäli tarve on suuri, happi tuotetaan usein paikan päällä erottamalla se ilmasta. Pienempiä määriä voidaan kuljettaa paineastioissa maanteitse. Elektrolyysin tuottamalla hapella voitaisiin korvata näitä käyttöjä. Ongelmaksi voi muodostua elektrolyysihapen epätasainen saatavuus ja kuljetuskustannukset. Parhaassa tapauksessa perinteistä hapen ilmaerotusta voitaisiin säätää elektrolyysihapen tuotannon ja kulutuksen mukaisesti, ja kuljetus voitaisiin toteuttaa putkisiirrolla.

Happea on mahdollista käyttää myös esimerkiksi polttoprosesseissa ja jäteveden puhdistuksessa, mutta nämä eivät ole vielä käytössä suuressa mittakaavassa. Happipolttoprosessia voidaan hyödyntää esimerkiksi hiilidioksidin talteenotossa poistamalla savukaasuista typpi. Tämä vaatii kuitenkin merkittäviä muutoksia polttoprosessiin, joten se on työläämpi lisätä olemassa oleviin laitteisiin, verrattuna yleisemmin käytettyyn amiiniprosessiin.

Hukkalämpöjä voidaan hyödyntää rakennusten ja käyttöveden lämmitykseen suoraan tai kaukolämpöverkon kautta. Lahti Energian kaukolämmön käyttö oli 1272 GWh vuonna 2024 [38], joka vastaa 415 MW elektrolyysitehon hukkalämpöä (oletettu hyötysuhde 65 %). Mikäli vedyntuotannon hukkalämmöt voidaan myydä esimerkiksi kaukolämmöksi, siitä voi tulla merkittävä taloudellinen hyöty [39]. Kaukolämmön osalta lämmöntarve on kuitenkin rajallinen, ja myös vuodenaikainen vaihtelu rajoittaa lämmön hyödyntämistä. Jo nykyisellään kaukolämpöä tuotetaan monin paikoin useilla eri vähäpäästöisillä tavoilla, myös hukkalämmöillä. On myös odotettavissa, että datakeskusten ja vetyteollisuuden lisääntyessä hukkalämmön tarjonta kasvaa entisestään, jolloin kaukolämpöverkko voi saturoitua hukkalämpöjen osalta.

Nykyisellään lämpöä tuotetaan myös metsäbiomassan sivuvirroista. Mikäli näille löydetään muuta taloudellista käyttöä, olisi mahdollista vapauttaa lisää lämmöntarvetta katettavaksi PtX hukkalämmöillä.

Teollisuuden lämmönkäyttöä (höyryn käyttöä) olisi myös mahdollista korvata, mikäli hukkalämmön lämpötilatasoa nostetaan esimerkiksi lämpöpumpulla. Tilastokeskuksen tilastoista nähdään, että Päijät-Hämeen teollisuuden energiankäyttö oli 2241 GWh vuonna 2024 [33]. Mikäli oletetaan energian käytön jakauma samaksi kuin koko maan osalta (Kuva 4), teollisuuden lämmönkulutukseksi saadaan 238 GWh, joka vastaa 27.2 MW jatkuvaa lämpötehoa. Tämän verran hukkalämpöä voitaisiin saada 78 MW elektrolyysilaitoksesta.

Ren-Gas suunnittelema Lahden PtX laitos tuottaisi yksinään 600 GWh kaukolämpöä, joka vastaa noin puolta Lahti Energian kaukolämmön tarpeesta [20].

2.7 Vetytalouteen liittyvät alueen teollisuustoimijat

Tällä hetkellä Päijät-Hämeessä ei ole vedyn tuotantoa tai käyttöä. Ren-Gas suunnittelee vedyn ja e-metaanin tuotantoa Lahdessa yhdessä Lahti Energian kanssa.

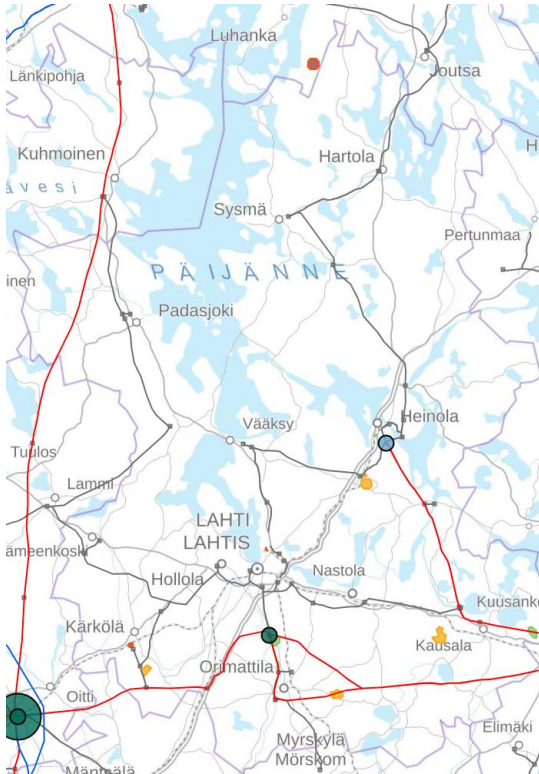
2.8 Vetyteollisuuteen liittyvä kaavoitus ja lainsäädäntö

2.8.1 Kaavoitus

Vedyn tuotantolaitokset ovat kemikaalilaitoksia, joiden sijoittaminen edellyttää huolellista kaavoitusta, lupamenettelyjä ja turvallisuusarviointia. Suomessa vedylle ei ole omaa erityislainsäädäntöä, vaan sitä säädellään osana vaarallisia kemikaaleja koskevaa sääntelyä [40]. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes suosittelee, että laajamittaiset vedyn tuotantolaitokset sijoitetaan tonteille, joilla on T/kem-kaavamerkintä (teollisuus- ja varastoalue, jolle saa sijoittaa merkittävän kemikaalilaitoksen). Mahdollisia ovat myös muut teollisuutta mahdollistavat kaavamerkinnot, kuten T (teollisuus- ja varastoalue), TT (ympäristövaikutuksiltaan merkittävien teollisuustoimintojen alue) ja EN (energiahuollon alue), mikäli ne mahdollistavat kemikaaliturvallisuuden vaatimukset. [41]

Kaavoituksessa on huomioitava myös ympäröivien tonttien kaavamerkinnot. Vedyn tuotantolaitos ei saa rajoittaa viereisten alueiden kaavassa osoitettua käyttöä, kuten asumista, palveluita tai herkkiä kohteita, kuten päiväkotia, kouluja tai hoitolaitoksia. Onnettomuuksien vaikutusten tulee lähtökohtaisesti rajoittua tuotantolaitoksen omalle alueelle. [41]

Tuotantolaitoksen lisäksi kaavoitusta vaatii myös sähkön tuotanto ja siirto, jossa kunnilla on suuri rooli ennakoitaessa tarvetta. Fingridin Verkkokiikari-palvelu [42] näyttää vapaana olevan liityntäkapasiteetin (Kuva 5). Tällä hetkellä alueella on vapaana 600 MW Pennalassa ja 80 MW Heinolassa.



Kuva 5. Sähköverkon liityntämahdollisuudet [42].

Mikäli suunnitellut laitokset vaativat uusien 110 kV sähkölinjojen rakentamista, niiden kaavoittaminen täytyy aloittaa hyvissä ajoin, jotta sähkön saatavuus ei muodostu esteeksi vedyntuotantolaitokselle. Tästä esimerkkinä on Lappeenrannan energian uusi siirtolinja Selkäharjun teollisuusalueelle, joka edesauttoi Solar Foods -tuotantolaitoksen suunnittelua alueelle [43].

Kunnilla on keskeinen rooli vihreän siirtymän investointien mahdollistajina. Vedyn tuotantolaitokset asettavat kaavoitukselle ja infrastruktuurille erityisiä vaatimuksia, kuten riittävän etäisyyden asutukseen, toimivat liikenneyhteydet sekä riittävän sähkö- ja vesihuollon. Ennakoiva kaavoitus ja valmiiksi lainvoimaiset teollisuusalueiden kaavat voivat merkittävästi nopeuttaa investointien toteutumista [44]. Aiempi teollinen toiminta alueella on usein etu, sillä infrastruktuuri ja yleinen hyväksyntä teollisuudelle ovat jo olemassa. Lisäksi teollisuuden tuottamaa hukkalämpöä voidaan hyödyntää esimerkiksi kaukolämmön tuotannossa, mikä parantaa hankkeiden kokonaiskannattavuutta [44]. Ennakoiva kaavoitus on keskeistä vedyn tuotannon nopeuttamisessa. Jos alueella on valmiiksi teollisuutta mahdollistava kaavamerkintä ja riittävä infrastruktuuri, hankkeet voidaan toteuttaa huomattavasti nopeammin. Sen sijaan kaavoitukseen liittyvät epävarmuudet, kuten kaavamutosten tarve tai ristiriidat ylemmän kaavatason kanssa, voivat muodostua merkittäviksi pullonkauloiksi vedyn tuotannon laajentamiselle [3].

2.8.2 Lainsäädäntö

Suomessa vedylle ei ole omaa erityislainsäädäntöä, vaan sen tuotantoa ja käyttöä ohjataan useiden eri lakien ja hallinnollisten menettelyjen kautta. Valtioneuvoston raportin, Vetytalous - mahdollisuudet ja rajoitteet [3], mukaan vedyn keskeinen sääntelyhaaste liittyy siihen, että vetyä ei ole historiallisesti tarkasteltu energijärjestelmän kokonaisuutena, vaan se on kuulunut eri sääntelykehikoihin riippuen käyttötarkoituksesta. Suomessa vety luokitellaan vaaralliseksi kemikaaliksi ja sen tuotantoon sovelletaan pääosin kemikaali-, ympäristö- ja turvallisuuslainsäädäntöä. Samalla vedyn rooli energiamurroksessa on tuonut sen myös energia- ja ilmastopolitiikan ohjauksen piiriin.

Vedyn tuotantoon vaikuttaa merkittävästi maankäyttöä ja rakentamista koskeva lainsäädäntö. Vedyn tuotantolaitokset rinnastuvat usein kemianteollisiin laitoksiin, mikä asettaa vaatimuksia niiden sijoittumiselle suhteessa muuhun maankäyttöön. Kaavoituksen tehtävänä on yhteensovittaa teollinen toiminta, turvallisuuskohdat ja ympäröivän yhdyskuntarakenteen tarpeet. [3]

Ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA) on keskeinen lainsäädännöllinen työkalu suurten vedyn tuotantohankkeiden ohjauksessa. YVA-menettely ei koske automaattisesti kaikkia vedyn tuotantohankkeita, mutta se voi tulla sovellettavaksi hankkeen koon, teknologioiden yhdistelmien tai varastointimäärien perusteella. YVA-menettelyllä voi olla merkittävä vaikutus hankkeiden aikatauluihin ja kustannuksiin, mutta samalla se parantaa päätöksenteon hyväksyttävyyttä. YVA toimii tärkeänä linkkinä ympäristönsuojelulainsäädännön ja alueidenkäytön suunnittelun välillä, sillä sen tuloksia hyödynnetään sekä kaavoituksessa että myöhemmissä lupamenettelyissä. Ympäristönsuojelulaki vaikuttaa vedyn tuotantoon erityisesti silloin, kun toiminta katsotaan teolliseksi kemikaalien valmistukseksi tai kun toiminnasta aiheutuu päästöjä ympäristöön. [3]

Kemikaali- ja turvallisuuslainsäädäntö muodostaa vedyn tuotannon sääntelyn ytimen. Vedyn luokittelu vaaralliseksi kemikaaliksi tuo mukanaan tiukat vaatimukset riskienhallinnalle, turvallisuusselvityksille ja viranomaisvalvonnalle. Nämä vaatimukset vaikuttavat suoraan laitosten sijoitteluun ja tekniseen suunnitteluun. Vaikka turvallisuusvaatimukset ovat perusteltuja vedyn ominaisuuksien vuoksi, niiden soveltaminen uusiin teknologioihin ei ole aina yksiselitteistä. Tämä voi johtaa tilanteisiin, joissa hanketoimijat ja viranomaiset joutuvat tulkitsemaan sääntelyä tapauskohtaisesti, mikä lisää hankkeiden epävarmuutta. [3]

Tukes julkaisi uuden päivitetyn ohjeistuksen turvalliseen vedyn käsittelyyn ja varastointiin.

Vedyn varastointi ja kuljetus edellyttävät erityistä huolellisuutta, sillä vety on erittäin helposti syttyvä kaasu, jonka pieni molekyyl koko lisää vuotojen todennäköisyyttä ja altistaa materiaalit vetyhaurastumiselle. Varastointiratkaisun turvallisuus riippuu olennaisesti vedyn olomuodosta: kaasumaisen vedyn korkeapaineiset säiliöt vaativat vuotojen estämiseksi vetytiiviitä materiaaleja, luotettavia varoventtiilejä ja huolellista sijoittelua niin, ettei vety pääse kerääntymään katonrajaan tai suljettuihin tiloihin. Nestemäisen vedyn varastointi puolestaan tuo mukanaan kriogeenisiä riskejä, kuten boil-off -ilmiön aiheuttaman paineen nousun, materiaalien kylmäaurastumisen sekä hapen tiivistymisen pinnoille. Näiden ilmiöiden hallinta edellyttää kaksoisvaippaisia, tyhjiöeristettyjä säiliöitä sekä tehokasta varolaitteistoa. [40]

Vedyn kuljetuksessa keskeisiä turvallisuustekijöitä ovat asianmukainen säiliörakenne, paineenhallinta ja vuodonkatkaisujärjestelmät, sillä kuljetuskontit ja putkiperävaunut voivat sisältää satoja kiloja korkeapaineista vetyä. Kryogeeninen nestemäinen vety vaatii kuljetuksessa erityisesti lämpötilaerojen ja boil-off -kaasun hallintaa, minkä vuoksi säiliöitä ei saa täyttää yli 85 prosenttiin ja ne tulee varustaa toimivilla varoventtiileillä. Kaikissa varastointi- ja kuljetusmuodoissa olennaista

on vuotojen nopea havaitseminen, minkä vuoksi tiloihin ja laitteistoihin asennetaan vedylle sopivia kaasunilmaisimia ja turva-automaatioita. Onnettomuustilanteessa keskeisin toimenpide on vuodon katkaisu, sillä vetytalo sammuu vasta kaasun syötön päättyessä. [40]

Viitaten Lahden Vanhanradankadun vedyn jakeluasemaa koskevaan selvitykseen [37], Suomessa ole vielä erillistä, nimenomaan vedyn jakeluun suunnattua säädöspohjaa. Tästä syystä hankkeiden lupamenettelyissä sovelletaan useita eri lakikokonaisuuksia, erityisesti kemikaaliturvallisuuslakia, painelaitelainsäädäntöä, pelastuslakia, ATEX-säädöksiä sekä maankäyttö- ja rakennuslakia. Viranomaisvastuut määräytyvät varastoitavan vetymäärän perusteella. Pelastuslaitos valvoo toimintaa silloin, kun varastointimäärä on 100–2000 kg, ja Tukes toimii lupaviranomaisena, jos vetyä varastoidaan yli 2000 kg, jolloin toiminta katsotaan laajamittaiseksi. Rakennusvalvonta käsittelee rakentamiseen liittyvät luvat ja painelaitteiden sijoittumisen turvallisuuden arvioi tarkastuslaitos.

Lupaprosessi edellyttää kohdekohtaista riskien arviointia ja onnettomuusmallinnuksia, joiden perusteella määritellään sekä tarvittavat suojaetäisyydet että mahdolliset suojarakenteet. Mallinuksissa tarkastellaan muun muassa lämpösäteilyn, painevaikutusten ja vetypilven leviämisen vaikutuksia. Kaavoituksen tehtävänä on varmistaa, että nämä tekniset ja turvallisuuteen liittyvät reunaehdot voidaan toteuttaa, ja että ympäröivä maankäyttö soveltuu vaarallisen kemikaalitoiminnan läheisyyteen ilman, että sille aiheutuu kohtuutonta riskiä. [37]

2.9 Tarvittavat siirtoverkot sekä varastot

Vedyn, ja laajemmin PtX tuotantoon liittyvät siirtoverkot ovat sähköverkko, vetyverkko ja hiilidioksidiverkko. Ne mahdollistavat suuremmat markkinat, jotka voivat tarjota sähköä ja materiaaleja tasaisemmin ja halvemmalla. Tämä mahdollistuu jakamalla tuotantoa ja kulutusta, sekä suuren kokoluokan varastoinnin avulla.

Kansallisten sähkö- ja vetyverkon kehityksestä vastaavat Fingrid ja Gasgrid Finland. Heidän suunnitelmissa [45,46] PtX tuotanto on otettu huomioon, mutta vuoropuhelua tarvitaan jatkossakin teknologian ja teollisuuden kehittyessä. Paikalliset sähköverkot ovat eri sähkönsiirtoyrytysten vastuulla, mutta paikallisen vetyverkon kehitykselle esimerkiksi teollisuusalueen sisällä ei ole tällä hetkellä nimettyjä vetäjiä. Alueelliset kehitysyhtiöt, kuten Ladec, tukevat alueen yrityksiä.

Hiilidioksidin markkinoiden ja siirtoverkkojen kehitys ei ole tällä hetkellä kootusti kenenkään vastuulla, mutta aihetta (CO₂ hub) on tutkittu mm. LUT:n bioCCU hankkeessa [47], ja VTT:n raportissa [48]. Kuten sähkön ja vedyn osalta, toimiva markkina ja infrastruktuuri olisi tärkeä myös hiilidioksidille. Ilman markkinatoimijaa hiilidioksidin hankinta, siirto ja kulutus jäävät yksittäisten toimijoiden vastuulle, joka vaikeuttaa hankkeiden toteuttamista, ja lisää hankkeiden riskejä.

Paikallinen ja jopa off-grid tuotanto irti verkoista on mahdollista, mutta se vaatii kaikkien resurssien olevan hyvin lähellä toisiaan. Tällöin ei päästä myöskään hyötymään mittakaava-eduista esimerkiksi varastoinnin ja tuotannon hajauttamisen osalta.

Siirtoverkkojen tarvittavien kapasiteettien määrittäminen ei ole suoraviivaista. Mikäli kulutus ei ole tasaista, siirtokapasiteetin ei tarvitse olla yhtä suuri kuin alueen yhteenlasketut maksimikulutukset. Fingrid arvioi kantaverkon tarvittavaa kapasiteettia liittymispyyntöjen ja ennusteiden perusteella. Gasgrid Finland suunnittelee vetyverkkoa omien arvioiden ja kyselyiden perusteella. Paikalliset

sähkönsiirtoverkot mitoitetaan sähköyhtiöiden ja paikallisen teollisuuden toimesta. Varastoja käyttämällä voidaan tasoittaa tuotantoa ja pienentää siirtoverkon kapasiteettia. Yksittäisillä kulutusprofiileilla on suuri vaikutus varastojen merkitykseen.



Kuva 6. Kansallisen vetyverkon alustava suunnitelma [45].

Varastointi on tarpeen eri mittaluokissa sähkölle, lämmölle, sekä hiilidioksidille ja vedylle. Jo nyt alueella on rakenteilla lämpövarastoja [49,50], mitkä edesauttavat joustavan sektori-integraation toteuttamista sähkön, hukkalämpöjen ja lämmön kulutuksen välillä.

Vedyn jatkojalostus vaatii vähintään paikallista varastointia, esimerkiksi Ren-Gas Oy:n suunnitteleman uusiutuvan metaanin tuotantolaitokselle Lahteen on suunniteltu 15 000, 600 ja 15 tonnin varastointikapasiteetit hiilidioksidille, metaanille ja vedylle [51]. Laajempi vedyntuotanto alueella hyötyisi suuremmista yhteiskäyttöisistä vetyvarastoista, esimerkiksi kallioon louhittuna [52]. Gasgrid Finland:n suunnitteleman kansallisen vetyverkon linjaus [53] ei kulje Päijät-Hämeen kautta, joten vedyn osalta siirtoinfraassa täytyy nojautua muihin ratkaisuihin (rekka, juna), ja varastointiratkaisujen täytyy olla paikallisia. Samoin hiilidioksidin käytön yleistyessä, yhteinen kaasuinfra eri toimijoiden kesken toisi synergiaetuja, mutta tällaista ei vielä ole suunnitelmissa.

3 Uusiutuvan energian tuotannon ja vetytalouden alueellinen merkitys

3.1 Tuulivoiman mahdollistamat alueelliset talous- ja työpaikkavaikutukset

Tuulivoimaloilla on ilmastonmuutoksen hillinnän lisäksi myös alueellisia vaikutuksia talouteen ja työpaikkoihin liittyen. Tuulivoimalainvestoinnit lisäävät työpaikkoja niiden rakentamis- ja ylläpitovaiheissa. Tuulivoimala hankkeet työllistävät ihmisiä tuulivoimaloiden suunnittelussa, rakentamisessa, käytössä ja kunnossapidossa. Lisäksi tuulivoimaloiden käytettävien materiaalien ja osien teollisessa valmistuksessa. Huoltotehtäviin kuuluu voimaloiden huolto ja ylläpito, mutta myös alueen huolto, esimerkiksi teiden ja sähköverkon huoltotoimenpiteet. Suomessa tuulivoima työllistää jo tuhansia ihmisiä. [54]

Rakentamisvaiheessa tuulivoimalahankkeilla on myös epäsuoria vaikutuksia alueelle, esimerkiksi rakentajat majoittuvat hotelleihin rakennushankkeiden läheisyydessä, mikä lisää alueen muiden yritysten elinvoimaa. Tuulivoimaloiden työllistävä vaikutus voi olla merkittävää etenkin maaseuduilla, jossa voi olla matala työllisyysaste. [55]

Tuulivoimalat vaikuttavat myös kuntien talouteen. Kunnat saavat tuulivoimaloistaan kiinteistöveroja, verotuksen perustuessa todellisiin investointikustannuksiin. Tuulivoimalan ensimmäisen vuoden kiinteistöverotuksessa verotettava arvo vastaa 75 prosenttia investointikulusta. Seuraavina vuosina arvo laskee 2,5 % joka vuosi perustuen voimalan ikälennukseen. Verotus määräytyy joko kunnan yleisen kiinteistöveroprosentin tai voimalaitosten kiinteistöveroprosentin mukaan. Voimalan teholla on vaikutusta veroprosentin suuruuteen. Alle 10 megavoltinpeerin (MVA) yksiköihin sovelletaan aina kunnan prosenttia, kun taas sitä suurempiin voidaan käyttää myös voimalaitosten veroprosenttia. Tuulivoimaloista maksetaan kunnille myös yhteisövero, mutta tämän osuus jää tuulivoimaloiden suurien investointikulujen takia pieneksi. Maanomistajille jaetaan maankäyttökorvausta, jos tuulivoimala sijoittuu maanomistajan maille. [56]

3.2 Tuulivoimaloihin liittyvä kaavoitus

Tuulivoimaloiden rakentamisen kaavoittamiseen vaikuttaa maankäyttö- ja rakennuslaki [57]. Sen perusteella päätetään, tarvitaanko kaavoitusta, vai voisiko tuulivoimalan rakentaa perustuen vain luparatkaisuihin. Tuulivoimahankkeiden toteutus edellyttää tavallisesti tuulivoimaosayleiskaavaa, joka on vakiintunut ensisijaiseksi suunnitteluvälineeksi sen jälkeen, kun lakimuutos mahdollisti rakennusluvan myöntämisen suoraan yleiskaavan perusteella. Asemakaavaa tarvitaan lähinnä alueilla, joilla sellainen jo on voimassa, kun taas pienimuotoiset hankkeet voidaan käsitellä suunnittelutarveratkaisulla, jos ympäristö ja maankäyttö eivät edellytä kaavoitusta. Osayleiskaavoitus etenee vaiheittain aloituksesta valmisteluun ja kaavaehdotuksen nähtäville asettamiseen, ja sen aikana tehdään vaikutusten arviointi sekä tarvittavat

ympäristöselvitykset; kaava voidaan myös laajentaa kattamaan YVA-menettelyn vaatimukset ilman erillistä prosessia. Suunnittelutarveratkaisua käytetään tapauskohtaisesti silloin, kun tuulivoimalan koko, sijainti ja ympäristön ominaisuudet eivät aiheuta merkittävää yhteensovittamistarvetta muun alueiden käytön kanssa. Menettelyssä kuullaan naapureita ja viranomaisia, mutta lähtökohtaisesti tuulivoimarakentamisen soveltuvuus pyritään ratkaisemaan kaavoituksella, koska maaston, maiseman ja ympäristöarvojen merkitys korostuu varsinkin suurikokoisissa voimaloissa. [58,59]

3.3 Tuulivoimaloiden haasteet

Tuulivoimaloilla voi olla erilaisia ympäristöön liittyviä vaikutuksia, jotka heikentävät alueen houkuttelevuutta esimerkiksi asuinpaikkana [60]. Yleisimpiä häiriöitä ovat melu sekä välke- ja valovaikutukset, joita syntyy auringonvalon välkkyessä lapojen välistä tai mastoihin sijoitettujen merkkivalojen vuoksi. Lisäksi voimalat muuttavat maisemaa, sillä ne näkyvät laajalle alueelle.

Luontovaikutuksista merkittävimpiä ovat lintujen ja muiden eläinten törmäysriskit sekä mahdollinen häiriö lajien luonnollisille lentoreiteille. On kuitenkin huomioitava, että vaikutukset voivat olla sekä negatiivisia että joissain tapauksissa myös positiivisia esimerkiksi alueen imagon tai uusiutuvan energiantuotannon näkökulmasta.

4 Johtopäätökset

Tässä raportissa on kuvattu Päijät-Hämeen alueen tilannekuva vetyteollisuuteen liittyen. Tavoitteena oli muodostaa kokonaiskuva nykytilasta, potentiaalista ja edellytyksistä. Selvitettäviä asioita olivat mm. uusiutuvan energian tuotanto, bioperäisen hiilidioksidin tuotanto, sekä näiden perusteella arvioitava PtX lopputuotteiden potentiaali. Lisäksi arvioitiin sivutuotteiden kuten hapen ja lämmön käyttöä, sekä eri lopputuotteiden tarvetta.

Alueella on tällä hetkellä hyvin vähän uusiutuvan energian tuotantoa, mutta useita hankkeita on vireillä. Alueen tuuli- ja aurinkovoiman kokonaispotentiaali on merkittävä. Suunnitellut tuuli- ja aurinkovoimainvestoinnit yhdessä hiilidioksidilähteiden kanssa mahdollistavat paljon uutta alueellista sähköntuotantoa, jota olisi mahdollista hyödyntää myös vedyn ja sen jatkojalosteiden tuotantoon. Alueen sähköverkossa on vapaata liityntäkapasiteettia rajoitetusti. Tästäkin syystä uusi alueen oma sähköntuotanto vahvistaisi edellytyksiä uusille, paljon sähköä käyttäville laitoksille.

Bioperäistä hiilidioksidia on saatavilla melko runsaasti, sekä puunjalostusteollisuudesta että kaukolämmön tuotannosta. Nämä mahdollistaisivat Suomen mittakaavassa merkittävän määrän vetyjalosteiden valmistamisen. Kuitenkin suhteessa uusiutuvan energian potentiaaliin, hiilidioksidin määrä on rajallinen. Myös biokaasun tuotantoa on alueella, mutta sen määrä on pieni verrattuna savukaasuihin.

Alueella oleva maakaasuverkko edesauttaa vedyn jatkojalostusta synteettiseksi metaaniksi, sillä lopputuotteen vienti on yksinkertaista. Paikalliset kaukolämpöverkot ja rakenteilla olevat lämpövarastot tuovat myös joustomahdollisuuksia sähkö- ja lämpösektorin kytkentään, sekä hukkalämpöjen hyödyntämiseen.

Suoraa vedyn käyttöä alueella edesauttaa pääteiden läheisyys, jonka varsille, sekä suurten kaupunkien yhteyteen ollaan suunnittelemassa vetytankkauspisteitä EU:n AFIR asetuksen myötä. Tankkauspisteiden vedyn tarve on pieni suhteessa vedyn jatkojalostusprosesseihin.

Ennakoivalla kaavoituksella ja selvityksillä voidaan edesauttaa vetyyn liittyvien teknologioiden käyttöönottoa alueella.

- [1] Valtioneuvosto, Valtioneuvoston periaatepäätös vedystä, 2023. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-990-8>.
- [2] IEA, The Future Of Hydrogen, 2019. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen> (accessed September 3, 2026).
- [3] Sivill, Leena, Bröckl, Marika, Semkin, Nikita, Ruismäki, Antti, Pilpola, Henriikka, Laukkanen, Olli, Vetytalous – mahdollisuudet ja rajoitteet, 2022. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-413-2>.
- [4] A.R. Dahiru, A. Vuokila, M. Huuhtanen, Recent development in Power-to-X: Part I - A review on techno-economic analysis, Journal of Energy Storage 56 (2022) 105861. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105861>.
- [5] Suomen Uusiutuvat Ry, Tuulivoima, (2026). <https://suomenuusiutuvat.fi/tuulivoima/> (accessed September 3, 2026).
- [6] FCG, Päijät-Hämeen tuulivoimaselvitys, 2023. https://paijat-hame.fi/wp-content/uploads/2023/09/Paijat-Hameen_tuulivoimaselvitys_raportti.pdf (accessed September 3, 2026).
- [7] Ramboll, Uusiutuvan energian tarkastelut, 2025. https://paijat-hame.fi/wp-content/uploads/2025/03/Paijat-Hameen_Uusiutuvan_energian_tarkastelut_valmis.pdf (accessed September 3, 2026).
- [8] Suomen Uusiutuvat Ry, Teollisen kokoluokan aurinkovoima 6/2025, (2025). https://suomenuusiutuvat.fi/media/aurinkovoima-6_2025.pdf (accessed September 3, 2026).
- [9] Suomen Uusiutuvat Ry, Aurinkovoimakartta, (2025). <https://suomenuusiutuvat.fi/aurinkovoima/aurinkovoimahankkeet-ja-voimalat-suomessa/kartta/> (accessed September 3, 2026).
- [10] Ladec, Biogeeniset hiilidioksidin pistelähteet Päijät-Hämeessä – mahdollisuus päästövähennyksiin sekä uudelle liiketoiminnalle, (2024). <https://www.ladec.fi/ajankohtaista/biogeeniset-hiilidioksidin-pistelahteet-paijat-hameessa-mahdollisuus-paastovahennyksiin-seka-uudelle-liiketoiminnalle> (accessed September 3, 2026).
- [11] IPCC, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf.
- [12] Koskisen Oyj, Koskisen Oyj Järvelän toiminnot Ympäristöraportti 2023, (2023). <https://koskisen.fi/wp-content/uploads/materials/Koskisen-ymparistoraportti.pdf> (accessed September 3, 2026).
- [13] P. Lähteenaro, K. Medkova, S. Luste, Päijät-Hämeen materiaalienergia biokaasuenergian lisäämiseksi alueella, 2020. <https://www.labopen.fi/lab-pro/paijat-hameen-materiaalienergia-biokaasuenergian-lisaamiseksi-alueella/> (accessed September 3, 2026).
- [14] Motiva, Biokaasun energiatehokkaat käyttöratkaisut: energiatehokas vesihuoltolaitos, 2025. <https://www.motiva.fi/wp-content/uploads/sites/2/2025/09/Biokaasun-energiatehokkaat-kayttoratkaisut.pdf> (accessed September 3, 2026).
- [15] L. Immonen, Biometaanin Tukes-lupaprosessi, (2024). https://www.proagria.fi/uploads/ProAgria/Etela-Suomi/Biokaasukohteet_turvallisuus_ja_tarvittavat_luvat_Tukesilta_2024_11_Immonen.pdf (accessed September 3, 2026).
- [16] Yle, Nevel osti Lahden Kujalassa biokaasua ja kompostia valmistavan Labion, (2025). <https://yle.fi/a/74-20158876> (accessed September 3, 2025).
- [17] O. Lotti, Etikkahappopitoisen lauhteen anaerobinen käsittely, 2013. <https://aaltodoc.aalto.fi/items/3536b221-aa98-4182-a32f-005ef475b40f>.

- [18] M.J. Huttunen, V. Kuittinen, Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 20, 2019.
<https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2019/06/Biokaasulaitosrekisteri-2016.pdf>.
- [19] Betoni-verkkolehti, Carbonaide rakentaa Hollolassa maailman ensimmäistä hiilinegatiivisen betonin teollista pilot-tuotantolinjastoa, (2023).
<https://betoni.com/lehti/ajankohtaista/carbonaide-rakentaa-hollolassa-maailman-ensimmaista-hiilinegatiivisen-betonin-teollista-pilot-tuotantolinjastoa/>.
- [20] AFRY Finland Oy, Puhtaiden P2X kaasupolttoaineiden ja CO2-vapaan kaukolämmön yhteistuotantolaitos, Lahti, 2023. https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Ren-Gas_YVA-selostus_LAHTI_28062023_FINAL_suojattu.pdf.
- [21] Kujanpää, Lauri, Reznichenko, Alexander, Saastamoinen, Heidi, Mäkikouri, Sampo, Soimakallio, Sampo, Tynkkynen, Oras, Carbon dioxide use and removal : Prospects and policies, 2023. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-197-1>.
- [22] Kivilinna, Hannu, Kokko, Sirpa, Mecklin, Mika, Vedyn tuotanto ja käyttö - nykytilan raportti, 2025. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-7592-09-0>.
- [23] IEA, Global Hydrogen Review 2024, 2024. <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024> (accessed September 3, 2026).
- [24] Motiva, Energian ko-ko-nais-ku-lu-tus Suomessa, 2025.
<https://www.motiva.fi/tietopankki/energian kaytto-suomessa/energian-kokonaiskulutus-suomessa/> (accessed September 3, 2026).
- [25] Our World in Data, Gas consumption, 2025. <https://ourworldindata.org/grapher/natural-gas-consumption-by-region> (accessed September 3, 2026).
- [26] L. Moreno, Renewable Methanol as a Sustainable Fuel for Cruise Shipping : Availability, Cost, and Barriers, 2025. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2025070176622>.
- [27] Tilastokeskus, Biopolttoaineiden osuus tieliikenteen energiankulutuksesta oli 13 % vuonna 2024, 2025. <https://stat.fi/fi/julkaisu/cm1kpu6z8d86907w7zm7ln9m6> (accessed September 3, 2026).
- [28] Industry Research, Diesel market overview, (2025).
<https://www.industryresearch.biz/market-reports/diesel-market-112013> (accessed September 3, 2026).
- [29] The Global Economy, Gasoline consumption - Country rankings, 2022.
https://www.theglobaleconomy.com/rankings/gasoline_consumption/ (accessed September 3, 2026).
- [30] The Global Economy, Jet fuel consumption - country rankings, 2022.
https://www.theglobaleconomy.com/rankings/jet_fuel_consumption/ (accessed September 3, 2026).
- [31] Yle, Ammoniakkia ei valmisteta Suomessa vielä lainkaan, mutta pian voi olla toisin – neljä syytä, miksi tuotantoa tarvittaisiin, (2023). <https://yle.fi/a/74-20034487>.
- [32] IEA, Global ammonia production by technology and scenario, 2021.
<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-ammonia-production-by-technology-and-scenario-2020-2050> (accessed September 3, 2026).
- [33] Tilastokeskus, Teollisuuden energiankäyttö, 2025. <https://stat.fi/fi/tilasto/tene> (accessed September 3, 2026).
- [34] EU, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2023/1804, vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta ja direktiivin 2014/94/EU kumoamisesta, 2023.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX%3A32023R1804> (accessed September 3, 2026).
- [35] Korkia Consulting Oy, Rejlers Oy, Raskaan liikenteen latausinfra, Päijät-Hämeen tarpeet ja mahdollisuudet, 2022. <https://paijat-hame.fi/wp->

- content/uploads/2023/01/Loppuraportti_Raskaan-liikenteen-latausinfra-
Pa%CC%88ja%CC%88t-Ha%CC%88meen-tarpeet-ja-mahdollisuudet_Pakattu.pdf (accessed
September 3, 2026).
- [36] Väylävirasto, Euroopan laajuinen liikenneverkko TEN-T, (2025).
<https://vayla.fi/vaylista/liikennejarjestelma/tent> (accessed September 3, 2026).
- [37] Sitowise, Vedyn jakeluasemat ja mahdollisuudet sijoittaa jakeluasema Vanhanradankadulle
Lahteen, 2024. [https://www.lahti.fi/tiedostot/a-2827a-vedyn-jakeluasemaselvitys-
vanhanradankatu-lahti/](https://www.lahti.fi/tiedostot/a-2827a-vedyn-jakeluasemaselvitys-vanhanradankatu-lahti/) (accessed September 3, 2026).
- [38] Energiavirasto, Kaukolämpötilasto, 2024. <https://energia.fi/tilastot/kaukolampotilasto/>
(accessed September 3, 2026).
- [39] P. Kiviranta, J. Hyypiä, M. Keski-Luopa, S. Rahiala, T. Tynjälä, E. Inkeri, Vetyä, virtaa
Kaakkoon – hukkalämmön hyödyntämispotentiaali, 2023. [https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-
344-569-7](https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-569-7).
- [40] Tukes, Vedyn käsittelyn ja varastoinnin turvallisuus, 2024. [https://tukes.fi/vedyn-kasittelyn-
ja-varastoinnin-turvallisuus](https://tukes.fi/vedyn-kasittelyn-ja-varastoinnin-turvallisuus) (accessed September 3, 2026).
- [41] Tukes, Tuotantolaitosten sijoittaminen, 2025. <https://tukes.fi/tuotantolaitosten-sijoittaminen>
(accessed September 3, 2026).
- [42] Fingrid, Verkkokiikari, (2025). <https://karttapalaute.fingrid.fi/?link=Wkgh> (accessed
September 3, 2026).
- [43] Lappeenrannan Energia, Lappeenrannan Energia varmistaa sähkönsiirron Solar Foodsin
suunnitellulle tuotantolaitokselle, (2025).
[https://www.lappeenrannanenergia.fi/tiedote/lappeenrannan-energia-varmistaa-
sahkonsiirron-solar-foodsin-suunnitellulle](https://www.lappeenrannanenergia.fi/tiedote/lappeenrannan-energia-varmistaa-sahkonsiirron-solar-foodsin-suunnitellulle) (accessed September 3, 2026).
- [44] E. Voutilainen, T. Rysä, Vihreän siirtymän investoinnit ja kaavoitus kunnissa, (2025).
<https://www.sweco.fi/blog/vihrean-siirtyman-investoinnit-ja-kaavoitus-kunnissa/> (accessed
September 3, 2026).
- [45] Gasgrid Finland Oy, Hydrogen Information Package for Market Participants, (2025).
[https://gasgrid.fi/wp-content/uploads/Gasgrid_H2-Information-Package-for-Market-
Participants_V1_Sep-2025_Final.pdf](https://gasgrid.fi/wp-content/uploads/Gasgrid_H2-Information-Package-for-Market-Participants_V1_Sep-2025_Final.pdf) (accessed October 3, 2026).
- [46] Fingrid Oy, Fingridin sähköjärjestelmävisio vuodelle 2040, 2025.
[https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-
kehittaminen/sahkojarjestelmavisio-2025/fingrid-sahkojarjestelmavisio-2040.-loppuraportti-
10_2025.pdf](https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/sahkojarjestelmavisio-2025/fingrid-sahkojarjestelmavisio-2040.-loppuraportti-10_2025.pdf) (accessed October 3, 2026).
- [47] J. Hyypiä, H. Karjunen, T. Tynjälä, Multi-operator biogenic CO2 hub linked with electricity and
heat markets, International Journal of Greenhouse Gas Control 150 (2026) 104586.
<https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2026.104586>.
- [48] Outlook of CO2 logistics in Finland for CCUS, 2024. [https://www.bioenergia.fi/wp-
content/uploads/2024/10/PUBLIC-SUMMARY-REPORT-CO2-LOGISTICS_Bioenergiary-VTT-04-
10-2024.pdf](https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2024/10/PUBLIC-SUMMARY-REPORT-CO2-LOGISTICS_Bioenergiary-VTT-04-10-2024.pdf) (accessed October 3, 2026).
- [49] Lahti Energia Oy, Kaukolämpöakun täyttö vedellä on alkanut, (2025).
<https://www.lahtienergia.fi/ajankohtaista/kaukolampoakun-taytto-vedella-on-alkanut/>
(accessed May 24, 2025).
- [50] Polar Night Energy Oy, Lahti Energia investoi hiekka-akkuun – Kohti päästötöntä ja
kustannustehokasta energiaa, (2025). [https://polarnightenergy.com/fi/news/lahti-energia-
investoi-hiekka-akkuun-kohti-paastotonta-ja-kustan-nustehokasta-energiaa/](https://polarnightenergy.com/fi/news/lahti-energia-investoi-hiekka-akkuun-kohti-paastotonta-ja-kustan-nustehokasta-energiaa/) (accessed August
24, 2026).
- [51] AFRY Finland Oy, Nordic Ren-Gas Oy, Puhtaiden P2X kaasupolttoaineiden ja CO2-vapaan
kaukolämmön yhteistuotantolaitos, Lahti, (2022). <https://www.ymparisto.fi/fi/osallistu-ja->

vaikuta/ymparistovaikutusten-arviointi/nordic-ren-gas-oy-puhtaiden-p2x-kaasupolttoaineiden-
ja-co2-vapaan-kaukolammon-yhteistuotantolaitos.

- [52] M. Masoudi, A. Hassanpouryouzband, H. Hellevang, R.S. Haszeldine, Lined rock caverns: A hydrogen storage solution, *Journal of Energy Storage* 84 (2024) 110927. <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.110927>.
- [53] Gasgrid Finland Oy, Suomen kansallinen vedynsiirtoverkko, (n.d.). <https://gasgrid.fi/vetykehitys/suomen-kansallinen-vedysiirtoverkko/>.
- [54] Suomen Uusiutuvat Ry, Tuulivoiman yhteiskuntavaikutukset, (2026). <https://suomenuusiutuvat.fi/tuulivoima/tuulivoiman-yhteiskuntavaikutukset/> (accessed October 3, 2026).
- [55] Suomen Uusiutuvat Ry, Tuulivoiman työllisyysvaikutukset, (2026). <https://suomenuusiutuvat.fi/tuulivoima/tuulivoiman-yhteiskuntavaikutukset/tuulivoiman-tyollisyysvaikutukset/> (accessed October 3, 2026).
- [56] Suomen Uusiutuvat Ry, Tuulivoiman vaikutukset kuntatalouteen, (2026). <https://suomenuusiutuvat.fi/tuulivoima/tuulivoiman-yhteiskuntavaikutukset/tuulivoiman-vaikutukset-kuntatalouteen/> (accessed October 3, 2026).
- [57] Finlex, Alueidenkäyttölaki, (1999). <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/1999/132> (accessed October 3, 2026).
- [58] Suomen Uusiutuvat Ry, Tuulivoimahankkeen luvitus Suomessa, (2019). https://suomenuusiutuvat.fi/media/1397-sty_tuulivoiman_luvittaminen_5_2019.pdf (accessed October 3, 2026).
- [59] Motiva, Tuulivoiman lu-pa-me-net-te-lyt, (2026). <https://www.motiva.fi/tietopankki/tuulivoiman-lupamenettelyt/> (accessed October 3, 2026).
- [60] ELY-keskus, Tuulivoiman yleisopas, 2025. <https://www.motiva.fi/wp-content/uploads/sites/2/2025/09/Tuulivoiman-yleisopas.pdf> (accessed October 3, 2026).