



LUT
University

Vetytalous Suomessa

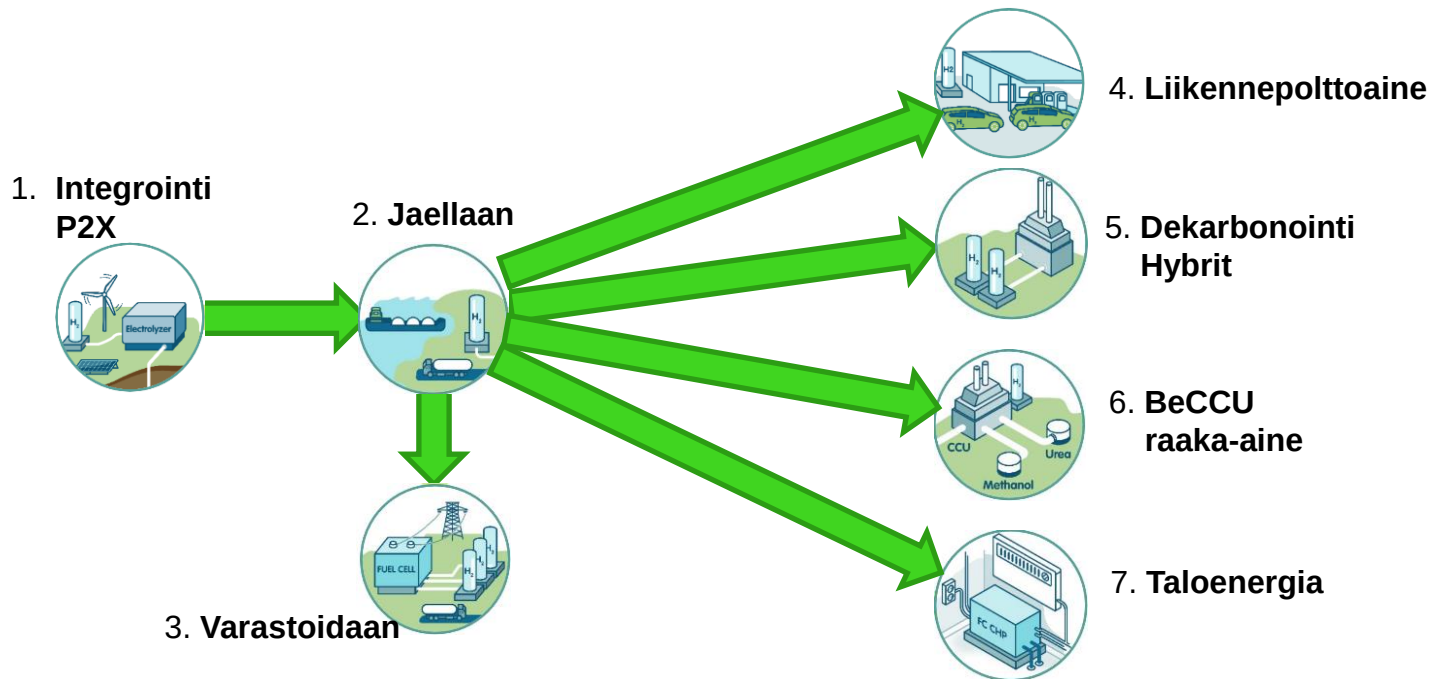
Esa Vakkilainen

25.10.2022

Mitä on vetytalous

Vety ei ole primäärienergian lähde. Sitä tuotetaan joko vedestä elektrolyysillä tai metaanista höyryreformoinnilla

Vedyn rooli Suomen energiataloudessa



Jakelu ja integrointi - nyt

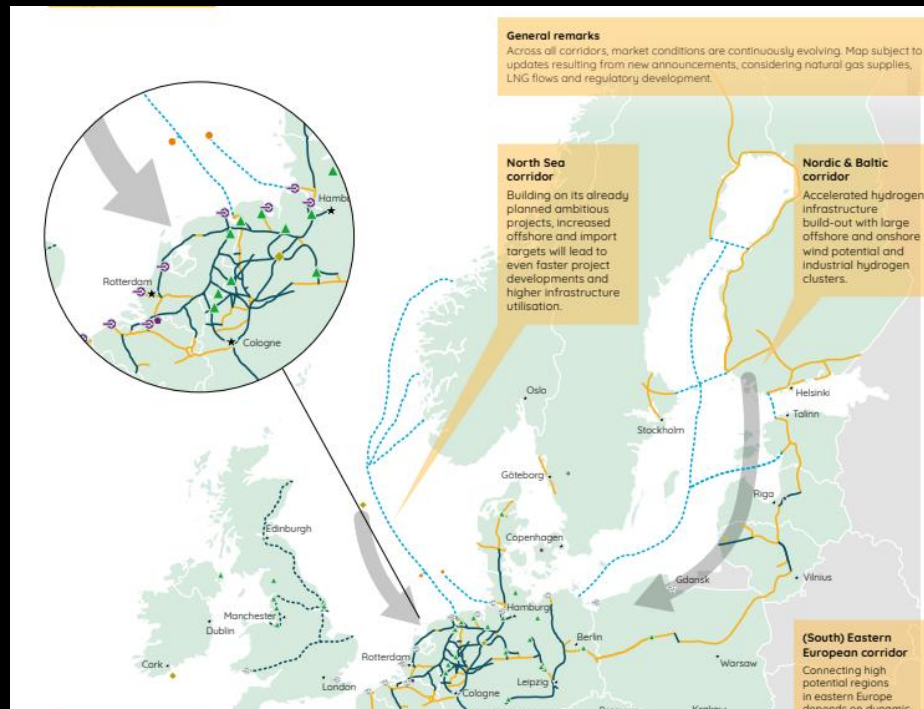
- » Kaasu- ja sähköverkko toimii Euroopassa yhdessä
- » Vaihteleva sähköntuotanto vaatii säätövoimaa
- » Jo nyt huomataan että yö- ja päivähinnat eroavat reilusti
- » Vetytaloutta haetaan sähkön tuotantoa ja kulutusta tasapainottavaksi tekijäksi*



*https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/tiedotteet/ajankohtaista/fingrid_sahkojarjestelmavisio_2022_skenaarioluonnokset-final-korjattu-29.8.pdf

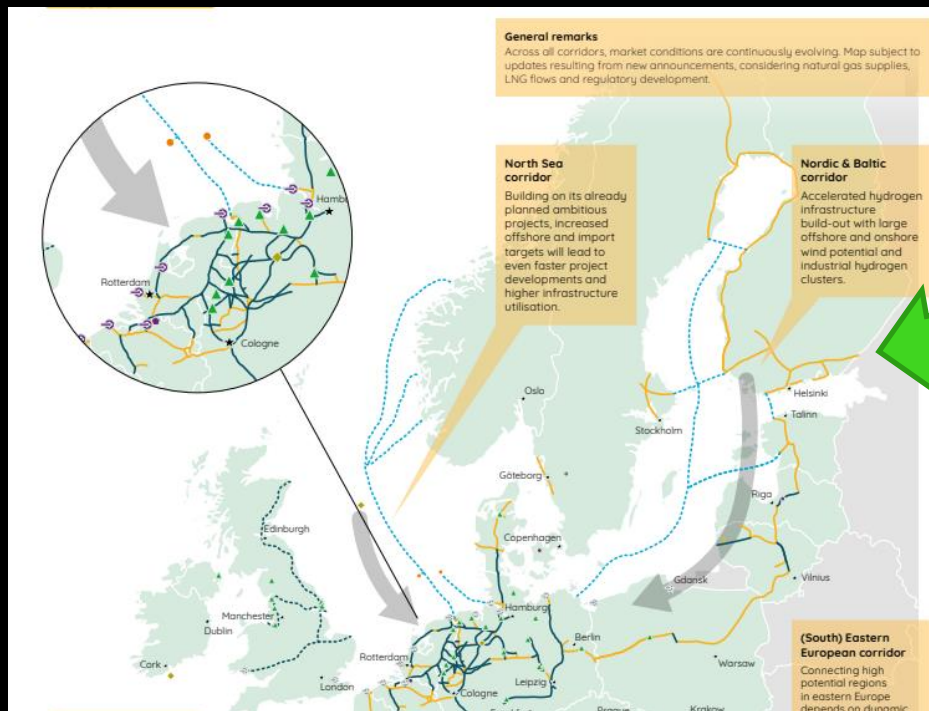
Jakelu

» Vetyä voi laittaa maakaasun sekaan sellaisenaan 8% jopa 15%



Jakelu

» Vetyä voi laittaa maakaasun sekaan sellaisenaan 8% jopa 15%

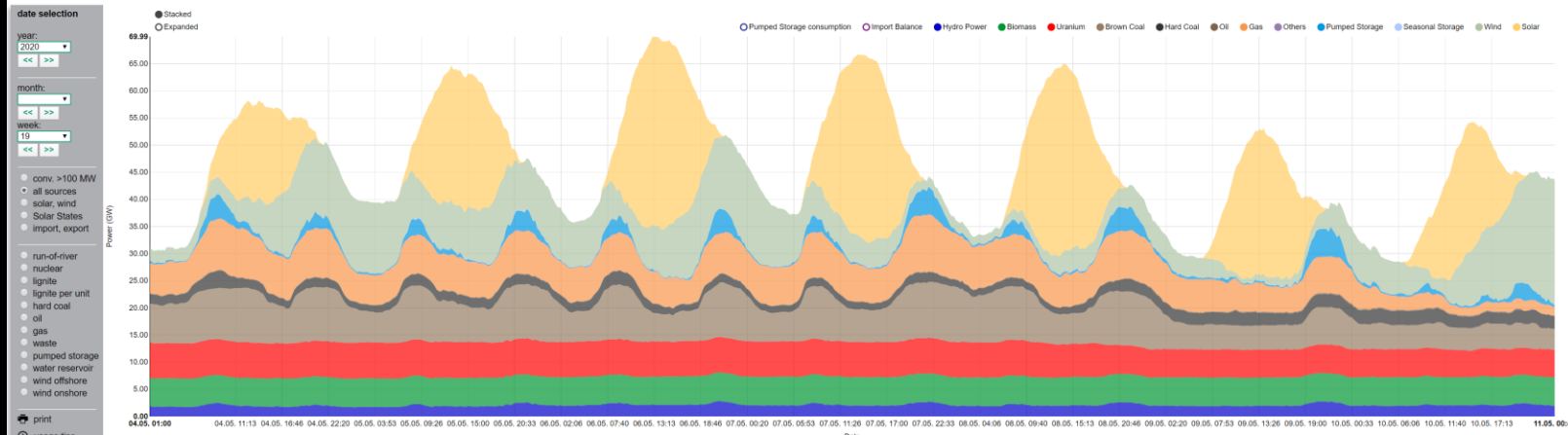


Itä- ja Etelä-Suomen vetyverkko jäänee kuriositeetiksi, koska tuulivoimaa ei sinne saa rakentaa

Varastointi

- Saksassa n. 50% sähköstä uusiutuvilla, aurinko 21%, tuuli 15 % ja biomassa 12%
- EUssa varastointitarve nousee ~20 GW -> 800 GW

Electricity production in Germany in week 19 2020

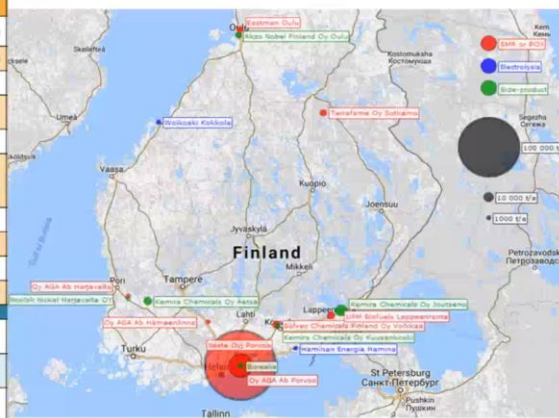


Käyttö

Hydrogen production and use in Finland is currently > 5 TWh (of 318 TWh total)

VTT

Company	Plant/site	Hydrogen output		Annual hydrogen production		Hydrogen production process	Use of hydrogen
		t/a	MW _{th}	t/a	GWh/a		
Neste Oyj	Kilpilahti oil refinery	13.8	460	118680	3956	SR (natural gas, refinery gas)	Oil refining (hydrocracking, hydrotreating)
Oy AGA Ab	Kilpilahti oil refinery	4	133	34420	1147	SR (natural gas)	Oil refining (hydrocracking, hydrotreating)
Terraflame Oy	Sotkamo rock mine	0.7	22	3640	128	SR (propane)	Production of H ₂ which is used for precipitation of metals as sulphides
Borealis Chemicals Finland	Volkas, H ₂ O ₂ plant	0.7	23	5950	198	SR (natural gas)	Hydrogen peroxide production
UPM Biofuels	Lappeenranta Biodiesel plant	0.7	23	5950	198	SR (natural gas)	Hydrogen treatment of tail oil to produce liquid biofuels
Eastman Chemical Company	Oulu, Formic acid plant (Kamasa H ₂ O ₂ plant)	0.5	17	4000	133	POK (heavy fuel oil)	"By-product H ₂ " from partial oxidation of heavy fuel oil is delivered to Kamasa Chemicals for production of hydrogen peroxide while CO is used to synthesize formic acid by Eastman
Oy AGA Ab	Härvelehti industrial park	0.17	5.7	1187	40	SR (naphtha)	-
Oy AGA Ab	Härvelehti, SSAB	0.09	3	225	7.5	SR (natural gas)	Prevention of the oxidation of the steel products at high temperatures
Wolkeki	Kokkola industrial park	0.17	5.5	1220	44.0	Electrolysis	Freight Cobalt: reduction of cobalt
Hanninen Energia	Hannu	0.01	0.4	100	3.3	Electrolysis	Hydrogen treatment of used oils by STR Tectol Oy
By-product hydrogen (unconcentrated streams)							
Kemira Chemicals	Jamra Na ₂ CO ₃ plant	0.81	27	7000	233	By-product (chlorate electrolysis)	Fuel in CHP boiler and as raw material in fine chemical production
Kemira Chemicals	Kuusimäki integrated CO ₂ plant	0.16	5	948	31.6	By-product (chlorate electrolysis)	Production of hydrochloric acid (HCl)
Kemira Chemicals	Jouppi Na ₂ CO ₃ plant	1.49	50	10200	427	By-product (chlorate electrolysis)	Fuel in boiler, HCl production in NaOH plant & Volvo's methanol H ₂
Abto Nobel Finland	Oulu integrated CO ₂ plant	0.33	11	2222	74	By-product (chlorate electrolysis)	Fuel in Stora Enso's lime kiln and HCl production

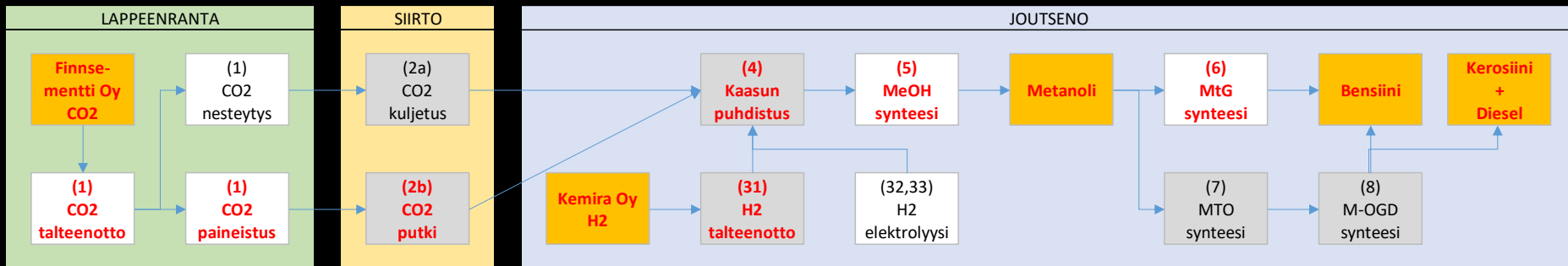


² Note: by-product hydrogen formed and subsequently used in different steps of oil refining is not included due to lack of data. Also the minor amounts of dilute by-product H₂ which is not easily recoverable has been excluded.

Table 2 and Figure 13 in Hurskainen, M. (2019). Liquid organic hydrogen carriers (LOHC): Concept evaluation and techno-economic analysis. VTT Research Report, No. VTT-R-00057-19: <https://cris.vtt.fi/ws/portailes/portail/27082284/VTT-R-00057-19.pdf>

Joutseno – Liikennepolttoainetta vedyllä

- » Liikenteen suunnasta ratkaisematta hiilineutraali lento- ja raskasliikenne sekä työkoneet.



Metaanin valmistuksen kannattavuus

➤ Valmistus jos ajetaan ympäri vuoden kannattavaa, mutta jos “vain” 0-tunneilla tappiollista

	2000	4000	8000h/a				
Investointi	180	180	180M€	a, a	20		
	14.44	14.44	14.44M€/a	i, %	5.00		
OPEX	3.60	3.60	3.60M€/a	o, %	2.00		
- sähkö	6.37	12.74	25.47M€/a	e, €/MWh	30		
- hiilidioksidi	0.95	1.90	3.81M€/a	d, €/t	50		
- vesi	0.06	0.13	0.25M€/a	w, €/tH ₂ O	2		
Yhteensä	25.43	32.81	47.57M€/a				
- metaani	10.50	21.00	42.00M€/a	w, €/tCH ₄ **	1500		
- lämpö H1	0.90	1.80	3.6M€/a	h1, €/MWh	20		
- lämpö H2	0.72	1.44	2.88M€/a	h2, €/MWh	30		
- Happi	0.56	1.11	2.22M€/a	€/tO ₂	20		
- ETS	0.00	0.00	0.00M€/a	c, €/tCO ₂	0		
Yhteensä	12.68	25.35	50.70M€/a				
Voitto/tappio	-12.75	-7.46	3.13M€/a				
Yksikköhinta*	263	170	123€/MWh	*Jos kaikki kustannukset lopputuotteelle			

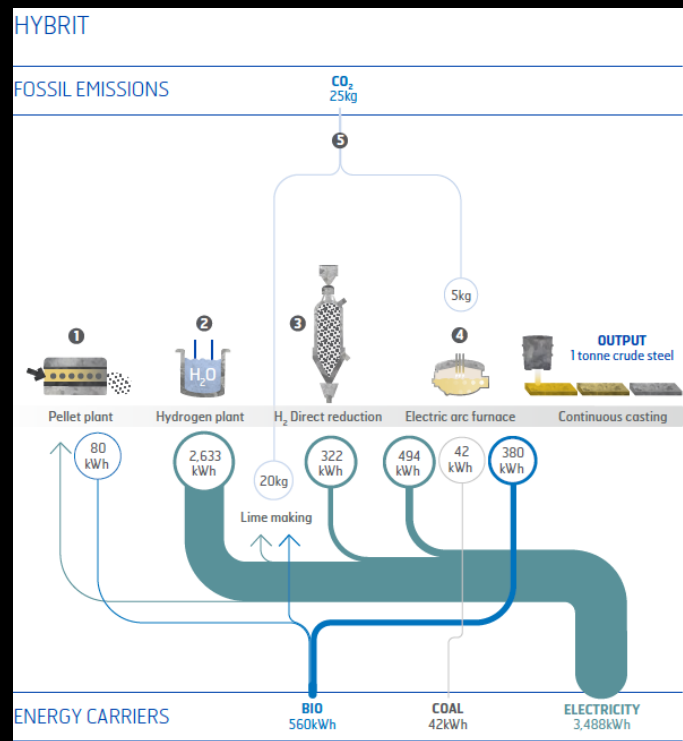
Metaanin valmistuksen kannattavuus

➤ Valmistus jos ajetaan ympäri vuoden kannattavaa, mutta jos “vain” 0-tunneilla tappiollista

	2000	4000	8000h/a			
Investointi	180	180	180M€	a, a	20	
	14.44	14.44	14.44M€/a	i, %	5.00	
OPEX	3.60	3.60	3.60M€/a	o, %	2.00	
- sähkö	6.37	12.74	25.47M€/a	e, €/MWh	30	
- hiilidioksidi	0.95	1.90	3.81M€/a	d, €/t	50	
- vesi	0.06	0.13	0.25M€/a	w, €/tH ₂ O	2	
Yhteensä	25.43	32.81	47.57M€/a			
- metaani	10.50	21.00	42.00M€/a	w, €/tCH ₄ **	1500	
- lämpö H1	0.90	1.80	3.6M€/a	h1, €/MWh	20	
- lämpö H2	0.72	1.44	2.88M€/a	h2, €/MWh	30	
- Happi	0.56	1.11	2.22M€/a	€/tO ₂	20	
- ETS	0.00	0.00	0.00M€/a	c, €/tCO ₂	0	
Yhteensä	12.68	25.35	50.70M€/a			
Voitto/tappio	-12.75	-7.46	3.13M€/a			
Yksikköhinta*	263	170	123€/MWh	*Jos kaikki kustannukset lopputuotteelle		

Vety mahdollistaa raudan teon ilman koksia

- » SSAB julkistanut HYBRIT-hankkeen
- » Rautamalmia pelkistettäisiin vedyn ei koksen avulla
- » CO₂ laskisi 1600 -> 25 kgCO₂/t raakarautaa
- » Sähkön käyttö lisääntyisi 235 -> 3488 kWh/t raakarautaa
- » Merkittävä lisäsähkön tarve



Taloenergia - pientuotanto

- Yksityistalous voisi toimia kuten koko Suomi
- Mahdollistaa omavaraisuuden
- Kaiken tekeminen itse ei vielä kannattavaa



Miten eteenpäin?

Haasteita

- » Käytön skaalaus ylös
- » Elektrolyyseritä kehitettävä isommiksi ja taloudellisimmaksi
- » Uusiutuvan sähkön hinta alas
- » Yhteiset standardit puuttuvat
- » Nopeiden tehonmuutosten tarve
- » Taistelu puhtaasti sähköisen ja laajalti vaihtoehtoja viljelevän energiajärjestelmän välillä (kaikki sähköistetään <-> vetytalous)
- » Taistelu vetytalouden roolista itsenäisenä vai tuulivoimaa tukevana (vedyn tuotanto ympärivuotista <-> vedyn tuotanto vain kun sähkö halpaa)

Miksi vetyputki Saksaan ei etene

- » Muna-kana ongelma; jotta kannattavaa pitää rakentaa infra ja muuttaa käyttökohteita (autot) jos ei käyttöä niin miksi rakentaa infraa
- » Hiilellä ei ole vielä hintaa, joten puhtailla hiilivedyillä ei ole hintaetua.
- » LCA analyysyjä erilaisista talouksista ei ole tehty riittävästi

Miten tästä eteenpäin

- » Vetytalous etenee
- » EU positiot eri asioihin määrittelemättä
- » Suomella on iso mahdollisuus

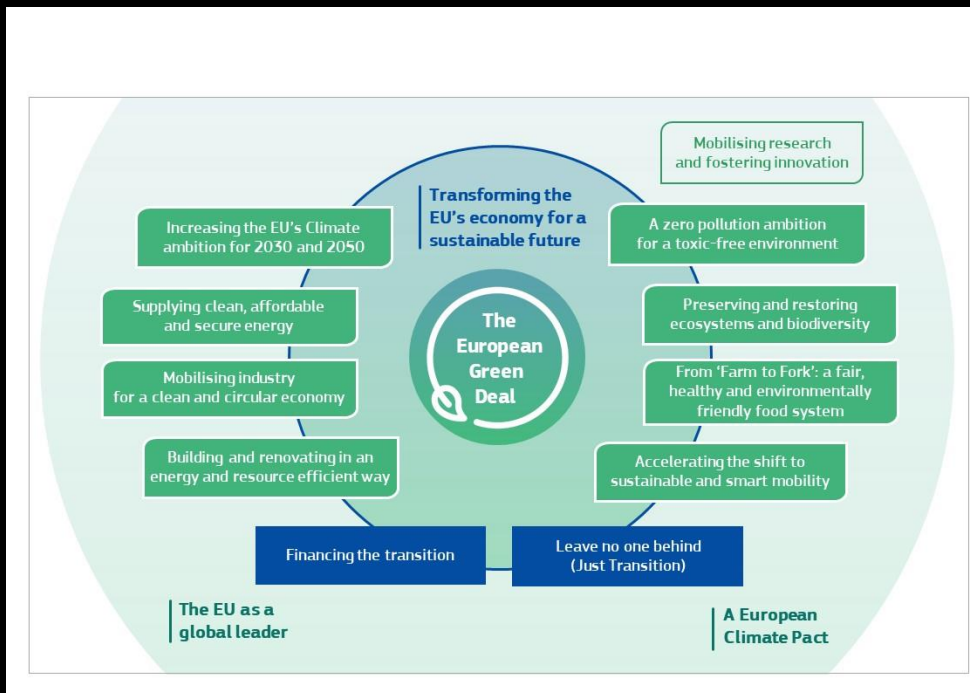
Kiitos



Vetytaloudesta

- » World Energy Council – Hydrogen Global
 - “osa energiasta pitää tehdä polttoaineilla”
 - <https://www.worldenergy.org/publications/entry/innovation-insights-brief-new-hydrogen-economy-hype-or-hope>
- » EU – Hydrogen Initiative
 - “mahtava mahdollisuus yhdessä biometaanin kanssa”
 - https://ec.europa.eu/energy/topics/technology-and-innovation/energy-storage/hydrogen_en
- » Suomi, TEM, Huttunen 2019
 - ”Suomelle tärkeää energiantensiivistä teollisuutta pitää kehittää uusin vähähiilisin ratkaisuin: vetytalous, bio-CCS/U ym.”

EU green deal – sisältää vedyn



“Priority areas include clean hydrogen, fuel cells and other alternative fuels, energy storage, and carbon capture, storage and utilisation.”

P2X Methane

Utilization time 7500 h/a

Electricity	115.90 MW _e
Elektrolysis	100.00 MW _e
Auxiliaries	15.75 MW _e
Own use	0.15 MW _e

Water	16.7 m ³ /h
	16.6 t/h

Elektrolysis	
Electricity	100.00 MW _e
Efficiency	73.4 %
$\Delta_r H$	286 kJ/mol

Oxygen	14 773 kg/h
	10 347 Nm ³

Cooling reg.	26.7 MW _{th}
---------------------	-----------------------

Sold Heat	23.99 MW _{th}
Temperature	70 °C
Efficiency	90 %

Hydrogen	1861 kg/h
	20 695 Nm ³
	13 960 tH ₂ /a
Higher HV	73.4 MW _{th}
Lower HV	62.0 MW _{th}

Carbon dioxide	10 159 kg/h
	5 174 Nm ³
	244 tCO ₂ /d
	76 191 tCO ₂ /a

Methanation	1035 kW
Efficiency, Heat	81.0 %
$\Delta_r H$	-165 kJ/mol

Water	8.32 m ³ /h
	8 317 kg/h

Cooling reg.	14.21 MW _{th}
Methanation	8.57 MW _{th}
Steam condensation	5.64 MW _{th}
Sold Heat	12.79 MW _{th}
Temperature	325 °C
Efficiency	90 %

Methane	3703 kg/h
	5 174 Nm ³
	88 877 kg/d
	28 000 tCH ₄ /a
	428 GWh/a
Higher HV	57.10 MW _{ch4}
Lower HV	51.54 MW _{ch4}
Efficiency	
Elektrolysis e => ch4	51.5 %
Plant e => ch4	44.5 %

