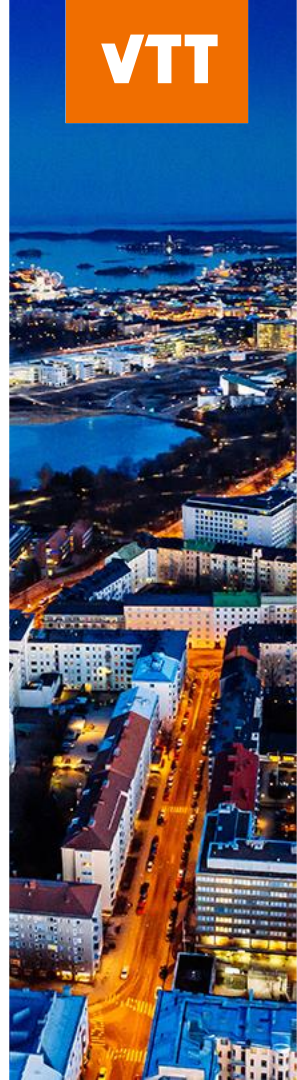


# Vetytalous

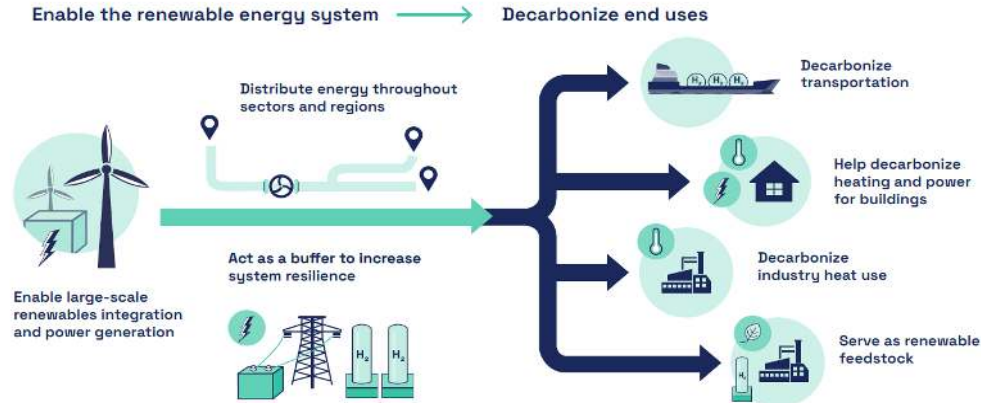
**Jaana Viitakangas**  
**Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy**



# Vetytalous pähkinänkuoressa

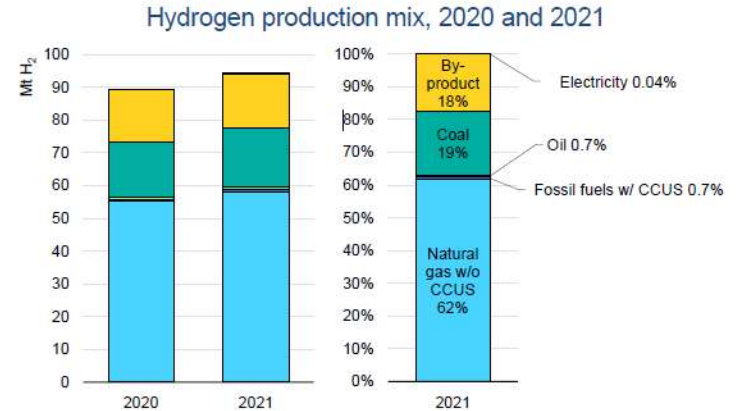
- Vety vihreässä siirtymässä: Fossiilisten raaka-aineiden korvaaja sekä energiantkanta
- Vihreä vety tuotetaan elektrolyysillä käyttäen vihreää sähköä (pienillä CO<sub>2</sub> päästöillä tuotettua sähköä)
- Mahdollistaa sektorikytkennän (sähkö, lämpö, energiavarasto, liikenne, teollisuus, jne.)
- Esimerkkisovelluksia vihreälle/puhtaalle vedylle:
  - Korvataan nykyinen fossiilinen vety
  - Teollisuusprosessien epäsuora sähköistäminen (erityisesti teräksen valmistus)
  - Polttoaine meriliikenteeseen ja raskaisiin sovelluksiin
  - Synteettisten ja biopohjaisten polttoaineiden valmistus

## ROLE OF HYDROGEN AS ENABLER OF THE ENERGY TRANSITION



# Vedyn nykykäyttö

- Vedyn nykykäyttö 94 Mt (2021) – 2.5 % globaalista energian käytöstä
  - 2030 ennustus 115 Mt
  - 2030 nykyisillä ilmastolupauksilla – 130 Mt
  - 2030 jotta 2050 tavoitteet saavutettavissa – 200 Mt
  
- Suurin osa käytöstä: Kemianteollisuus ja jalostamot



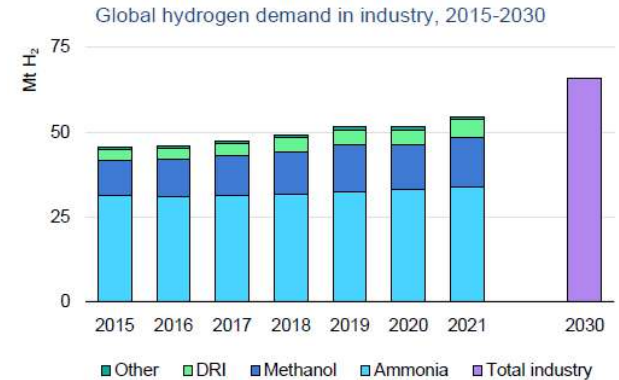
IEA. All rights reserved.

Note: CCUS = carbon capture, utilisation and storage.

900 Mt/a CO<sub>2</sub> päästöt

# Vedyn nykykäyttö

- Jalostamot: 40 Mt vetyä
  - Epäpuhtauksien poisto (S)
  - Raskaiden jakeiden päivitys kevyemmiksi hiilivedyiksi
  
- Teollisuus
  - Kemianteollisuus
    - Ammoniakki (lannoitteet) valmistus: 34 Mt vetyä
    - Metanoli (välikemikaali): 15 Mt vetyä
  - Päästöjen vähentäminen → elektrolyysi ja CCUS
  - Terästeollisuus
    - Teräksen perinteinen pelkistys CO+H<sub>2</sub> kaasulla: 5 Mt vetyä

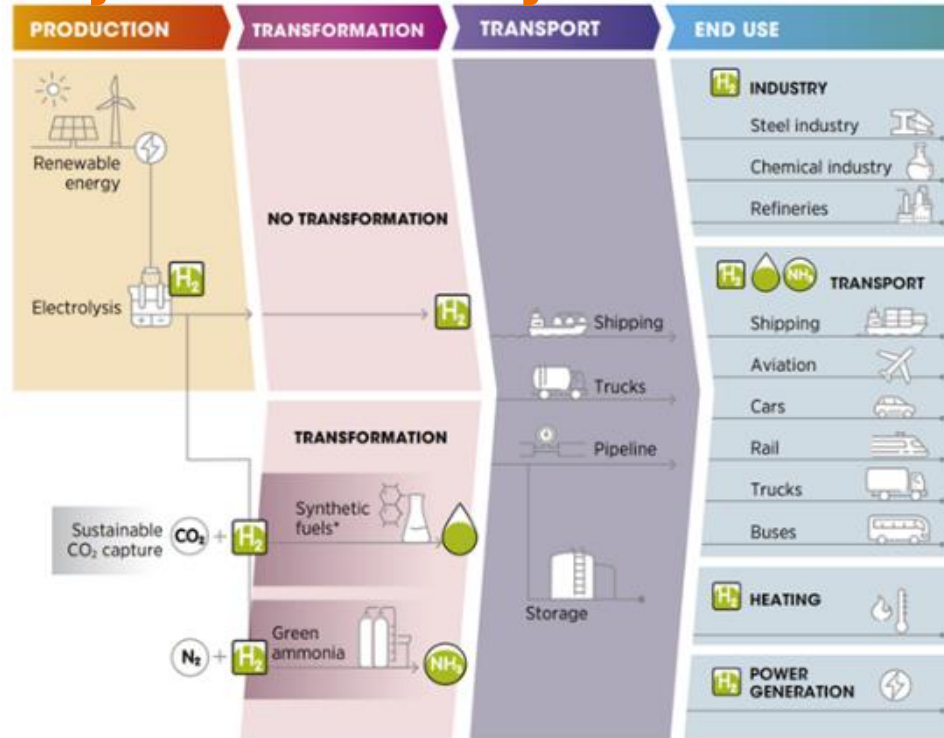


IEA. All rights reserved.

Notes: DRI = direct reduced iron. Ammonia excludes fuel applications. *Other* includes small volumes in the downstream chemical industry and other dedicated industrial production, but excludes hydrogen generated as a by-product from industrial processes, such as chlor-alkali processes, blast furnaces, coke ovens and steam crackers. 2021 values include estimated quantities.

Sources: IEA analysis based on [International Fertilizer Association](#), [World Steel Association](#) and [Wood Mackenzie](#).

# Mihin vetyä voitaisi käyttää

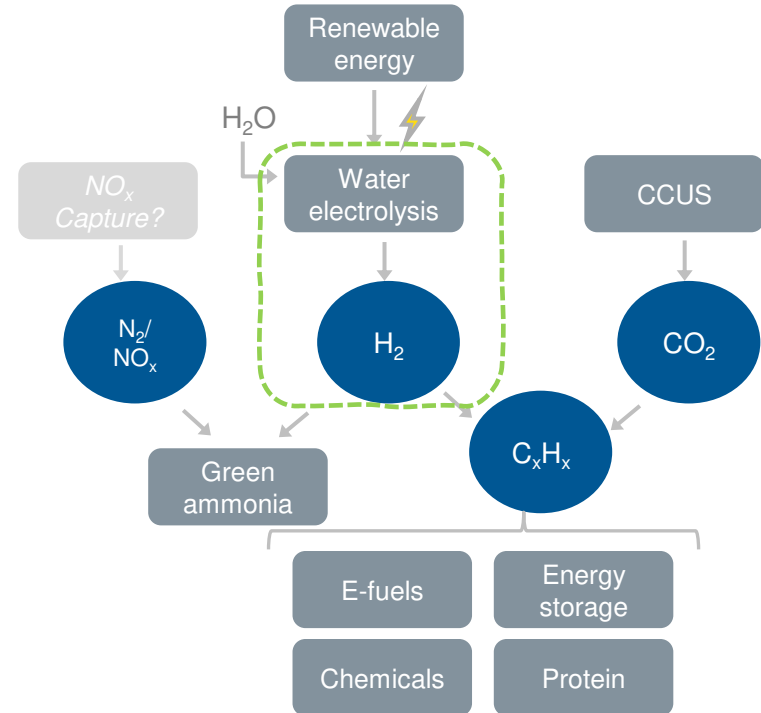


Source: IRENA

\* The term synthetic fuels refers here to a range of hydrogen-based fuels produced through chemical processes with a carbon source ( $CO$  and  $CO_2$  captured from emission streams, biogenic sources or directly from the air). They include methanol, jet fuels, methane and other hydrocarbons. The main advantage of these fuels is that they can be used to replace their fossil fuel-based counterparts and in many cases be used as direct replacements – that is, as drop-in fuels. Synthetic fuels produce carbon emissions when combusted, but if their production process consumes the same amount of  $CO_2$ , in principle it allows them to have net-zero carbon emissions.

# Power-to-X

- Conversion of electricity to chemicals (X refers to hydrogen, ammonia, methane, methanol, jet fuel, diesel, protein, etc.)
- Enables coupling of electricity network, heat network, energy storage, transport fuels and industrial applications
- Hydrogen production by electrolysis is a key step in most P2X applications
- Currently 99% of global hydrogen is produced from fossil sources. Replacing this with electrolysis, would require 4000 TWh of electricity (more than electricity production in EU!)



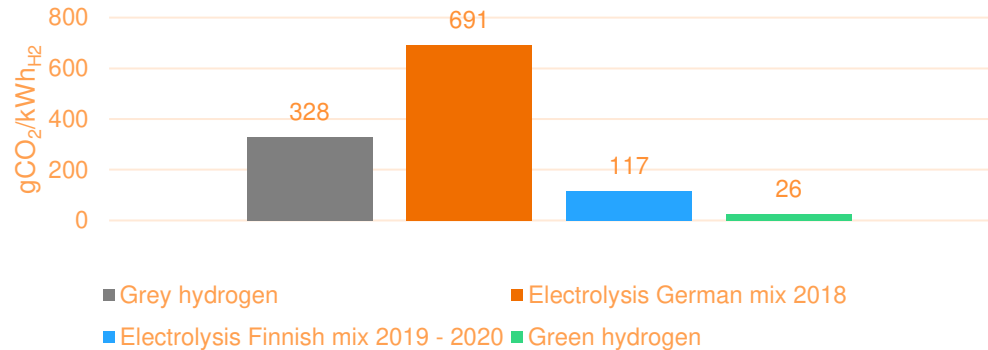
# Miksi nyt?

- Päästöjen vähentäminen
- Puhtaan sähkön tuotantokapasiteetin lisääntyminen ja kustannusten alentuminen
- EC Regulaatio (RED2/3, CVD, AFID, Fit for 55)
- RRF, Innovation Fund, energiainvestointituet yms.
- Omavaraisuus

# Vedyn valmistuksen päästöt

- Vihreän vedyn valmistus elektrolyysillä vaatii suuret määrät uusiutuvilla energiantuotantomuodoilla tuotettua sähköä
- Nykyisellä sähköntuotannon paletilla tuotetun vedyn KHK päästöt voivat olla jopa suuremmat kuin fossiilisilla tuotetun vedyn

GHG footprint of different hydrogen production routes

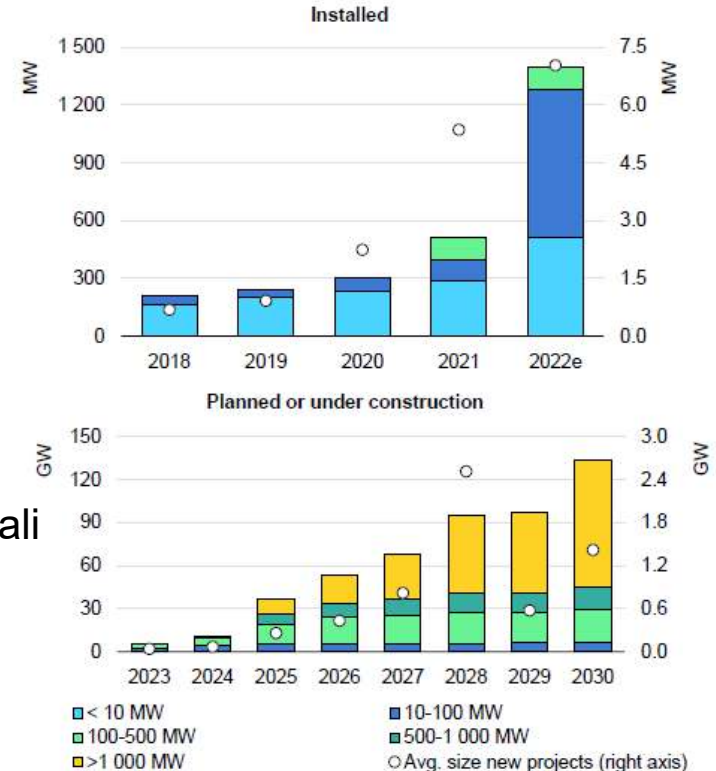




# Elektrolyysereiden vuotuinen asennusmäärä

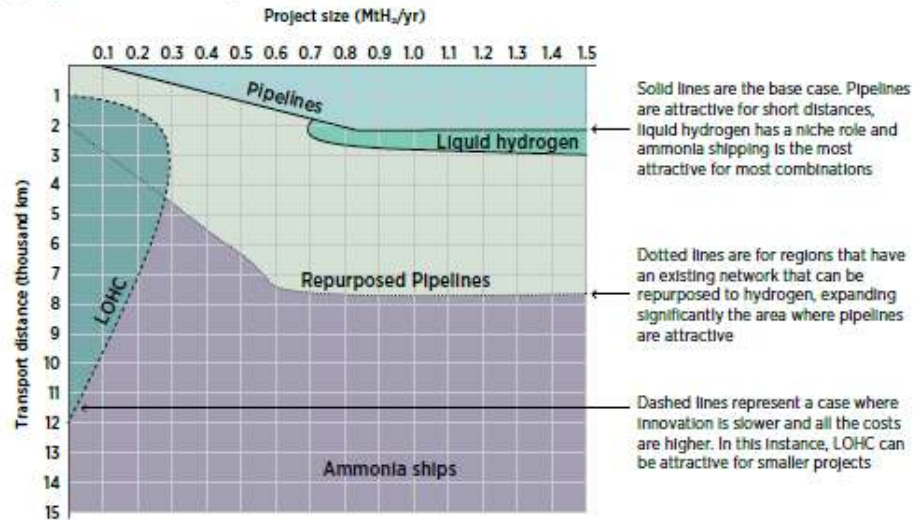
- EU: 39 GW in 2030 (based on announced projects)
  - Fit-for-55 target 44 GW
  - REPowerEU plan 80 GW
  - →05/2022 European manufacturers have announced to increase the production
- Critical materials
  - PEM: Pt/Ir
- Kansallinen ilmasto- ja energiastrategia ” Hiilineutraali Suomi 2035” (TEM 2022):
  - 2021 9 MW asennettua elektrolyyserikapasiteettia
  - Tavoitteet: →2025 vähintään 200 MW
  - → 2030 vähintään 1000 MW

Global electrolyser capacity by size based on project pipeline, 2018-2030

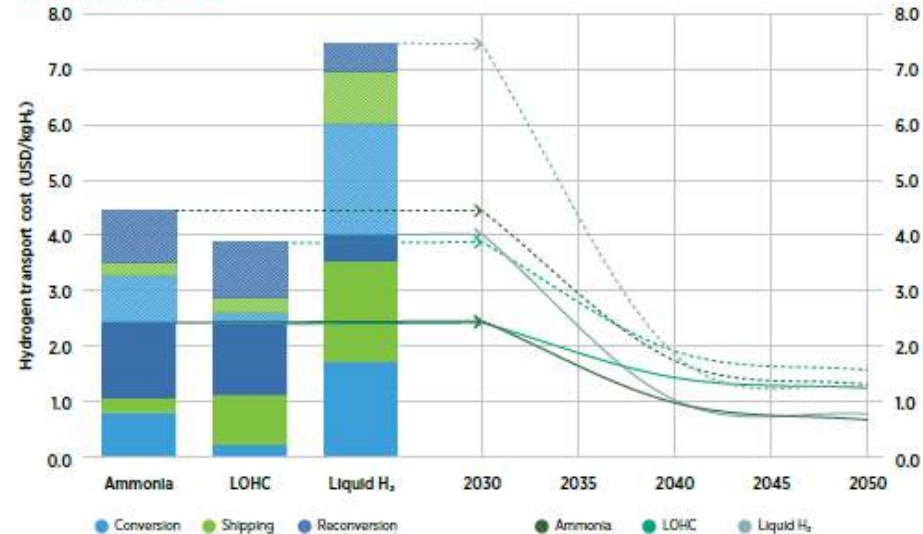


# Vedyn siirto ja varastointi

**FIGURE 0.1. Most cost-effective hydrogen transport pathway in 2050 as a function of project size and transport distance**



**FIGURE 0.2. Transport cost breakdown by carrier and stage for 2030 (left) and evolution towards 2050 (right)**



Global hydrogen trade to meet the 1.5°C climate goal, Part II Technology review of hydrogen carriers, IRENA, 2022

Notes: Solid areas (left) and solid lines (right) represent the most optimistic technology conditions assuming innovation and economies of scale are the most favourable. In contrast, shaded areas (left) and dashed lines (right) represent a pessimistic scenario with lower global co-ordination, less learning and slower innovation. Distance of 10 000 km. Scale of 0.5 Mth<sub>a</sub>/yr in 2030 increasing to 1.5 Mth<sub>a</sub>/yr by 2050.

# Vety Suomessa

<b>SSAB</b>	<b>Raudan vetypelkistys</b> Sijainti: Raahen Vaihe: Esiselvitys
<b>PtGTP</b>	<b>Uusiutuvan vedyn tuotanto**</b> Sijainti: Vaasa Vaihe: Demonstraatio Yritykset: EPV Energia, Vaasan Sähkö, Wärtsilä, Vaasan kaupunki
<b>Prizztech</b>	<b>Synteettisen metaanin tuotanto</b> Sijainti: Meri-Pori Kapasiteetti: Soveltuvuusselvitys (20MW)
<b>P2X Solutions</b>	<b>Vihreän vedyn tuotanto**</b> Sijainti: Harjavalta Vaihe: Suunnitteluvaihe 20MW Yritykset: P2X Solutions
<b>Green H2UB</b>	<b>Green North2 Energy</b> <b>Vetypolttoaineiden tuotanto</b> Sijainti: Naantali Vaihe: Aiesopimus Yritykset: Green H2UB (Elomaticin kehitysyhtiö), Turun Seudun Energiantuotanto; Green North2 Energy (Elomaticin tytäryhtiö), Flexens



<b>Wärtsilä</b>	<b>Synteettinen metaani**</b> Sijainti: Vantaa Vaihe: Demonstraatio Yritykset: Vantaan Energia, Wärtsilä
<b>Flexens</b>	<b>Vedyn käyttö ja tuotanto meriliikenteessä</b> Sijainti: Ahvenanmaa Vaihe: Pilotti Yritykset: Flexens

<b>Both2nia</b>	<b>Vetylaakso</b> Sijainti: Perämeren rannikko FI-SE Yritykset: Konsortio
<b>Ren-Gas</b>	<b>Uusiutuvan metaanin ja vihreän vedyn tuotanto</b> Sijainnit: Lahti, Mikkeli, Tampere Vaihe: Toteutettavuusanalyysi Yritykset: Ren-Gas ja ko. paikkakuntien energiayhtiöt
<b>Konsortio</b>	<b>Synteettinen metanoli</b> Sijainti: Joutseno Vaihe: Demonstraatio Yritykset: Finnsementti, Kemira, Neste, St1, Wärtsilä, Finnair, Shell
<b>Soletair</b>	<b>Synteettisten polttoaineiden tuotanto + CO2 talteenotto</b> Sijainti: Joutseno Vaihe: Demonstraatio Yritykset: Soletair, LUT-yliopisto
<b>Q Power</b>	<b>Synteettisen kaasun tuotanto</b> Sijainti: Kerava Vaihe: Demonstraatio Yritykset: Q Power, Keravan Energia
<b>Neste</b>	<b>Puhdas ja vähähiilinen vety*</b> Sijainti: Porvoo Vaihe: Demonstraatio

\* Tukipäätös 88 milj. EUR EU Innovation Fundilta 2021 \*\* Energiainvestointituki myönnetty 2021

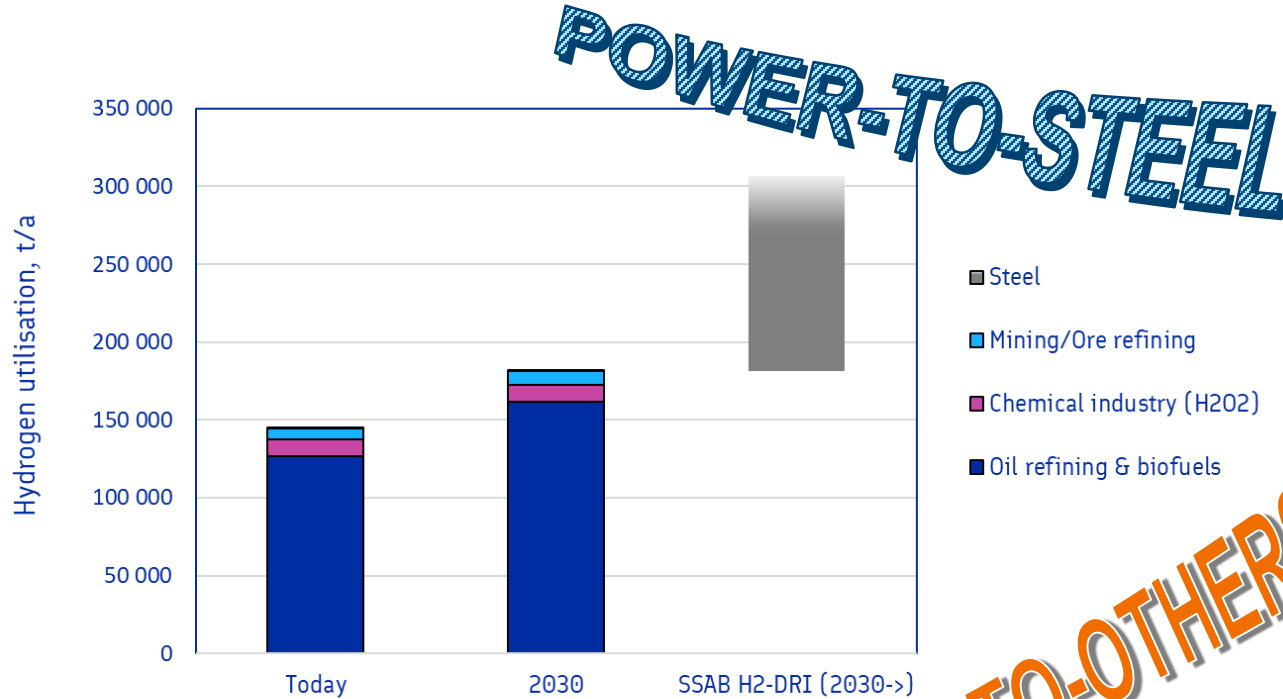
AFRY vetytalousraportti, 2022

# Vedyn erillistuotanto Suomessa

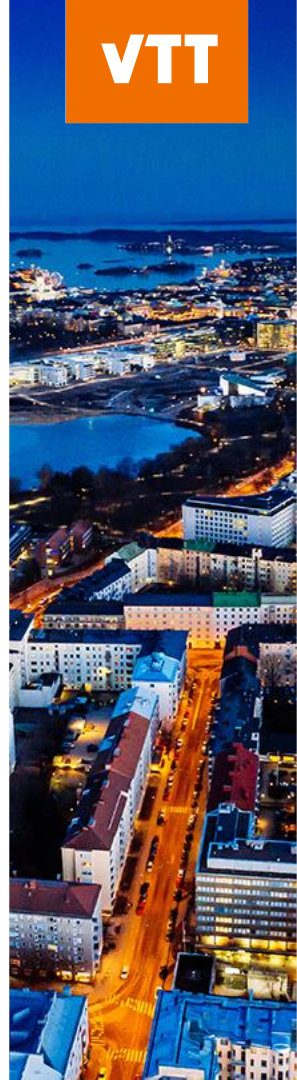
- 150000 t/a
- Kilpilahti dominoi
- KHK-päästöjä noin 1.2 Mt, ~2% Suomen päästöistä
- Tämän korvaaminen elektrolyysivedyllä vaatii vähäpäästöistä sähköä noin 7-8 TWh (<10% Suomen vuotuisesta sähköntuotannosta)
- Lyhytaikaisella vedyn varastoinnilla ja 50% käyttöajalla mahdollisuus noin 1500 MW joustavaan kuormaan

Company	Plant/site	Annual hydrogen production in recent years		Maximum annual hydrogen production		Hydrogen production process	Use of hydrogen
		t/a	GWh/a	t/a	GWh/a		
Neste Oyj	Kilpilahti oil refinery	~104 000 (2019)	~3 400 (2019)	120 000	4 000	SR (natural gas, refinery gas)	Oil refining (hydrocracking, hydrotreating.)
Oy Linde Gas Ab	Kilpilahti oil refinery	~16 000 (2019)	~520 (2019)	35 000	1 170	SR (natural gas)	Oil refining (hydrocracking, hydrotreating.)
UPM Biofuels	Lappeenranta Biodiesel plant	-	-	7 800	260	SR (natural gas)	Hydrogen treatment of tall oil to produce liquid biofuels
Terrafame Oy	Sotkamo nickel mine	~4 500 (2018–2019)	~128	5 000	167	SR (propane)	Production of H <sub>2</sub> S which is used for precipitation of metals as sulphides
Solvay Chemicals Finland Oy	Voikkaa, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> plant	~6 000 (2018)	~200	6 100	203	SR (natural gas)	Hydrogen peroxide production
Eastman Chemical Company	Oulu, Formic acid plant (+Kemira H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> plant)	<<5 250 (2019)	<<175 (2019)	5 250	175	POX (heavy fuel oil)	H <sub>2</sub> from partial oxidation of heavy fuel oil and LNG is delivered to Kemira Chemicals for production of hydrogen peroxide while CO is used to synthesize formic acid by Eastman
Oy Linde Gas Ab	Harjavalta Industrial park	1 143–1 420 (2010–2013)	38–47.3 (2010–2013)	1 500	50	SR (naphtha)	-
Oy Linde Gas Ab	Hämeenlinna, SSAB	225	7.5	790	26	SR (natural gas)	Prevention of the oxidation of the steel products at high temperatures
Oy Woikoski Ab	Kokkola, Industrial Park	-	-	1 450	48	Electrolysis	Freeport Cobalt: reduction of cobalt

# Vedyn potentiaali Suomessa



**POWER-TO-OTHERS?**



# HYBRIT

▶▶▶ FOSSIL-FREE STEEL



## Main project phases

Pre-feasibility Study  
2016-2017

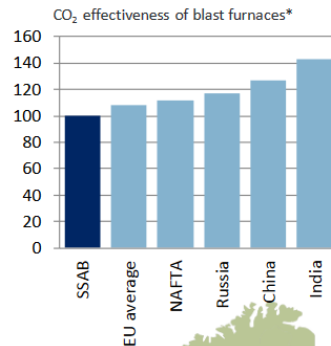
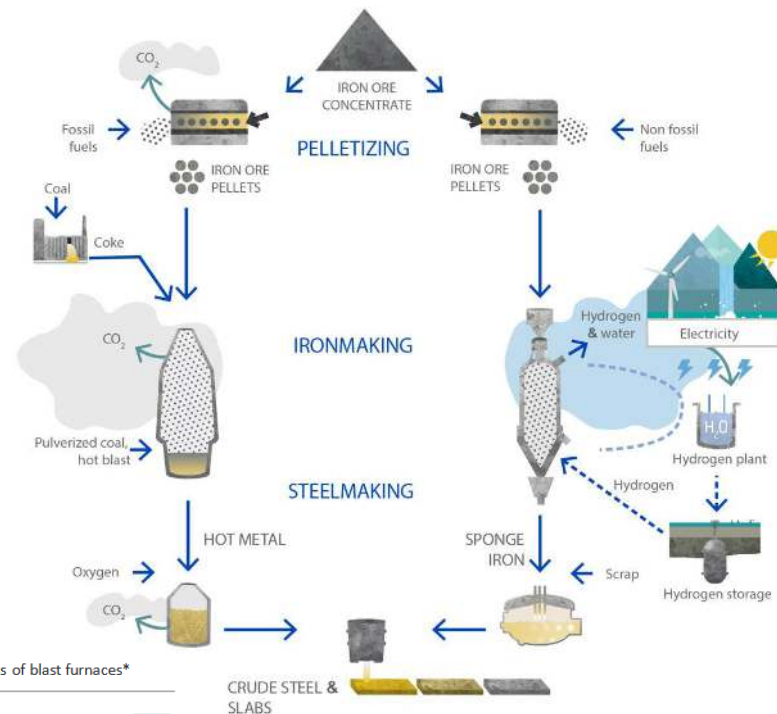
Feasibility Study  
Pilot plant trials  
2018-2024

Demonstration  
Plant Trials  
2025-2035

- Hanke voi vähentää Ruotsin hiilidioksidipäästöjä noin 10 prosentilla ja Suomen hiilidioksidipäästöjä noin 7 prosentilla. Terästeollisuus aiheuttaa tällä hetkellä noin 7 prosenttia maailman kaikista hiilidioksidipäästöistä.
- HYBRIT-tekniikalla tapahtuva fossiilivapaa rauta- ja terästuotanto, joka vastaa SSAB:n nykyistä tuotantotasoa, kuluttaa sähköä noin 15 TWh vuodessa. LKAB:n toiminnan muutos tulee valmistuttuaan kuluttamaan yhteensä noin 55 TWh sähköä vuodessa (mukaan lukien suurin osa SSAB:n tarpeesta). Tämä edellyttää nopeampia ja ennakoivampia lupaprosesseja Ruotsin sähköverkon laajentamiseksi.

## BLAST FURNACE PROCESS

## HYBRIT PROCESS



# Yhteenveto: Vedyn mahdollisuudet ja edellytykset

- Vety mahdollistaa teollisuuden ja liikennesektorin kasvihuonekaasupäästöjen merkittävän vähentämisen
- Voidaan korvata nykyinen fossiilinen vety uusiutuvalla sähköllä tuotetulla vedyllä
- Paljon uusia mahdollisuuksia, jotka lisäävät vedyn käyttöä tulevaisuudessa Esimerkkejä: rautamalmin vetytelkistus, raskaan liikenteen polttokennoajoneuvot, synteettiset polttoaineet (synteettinen metaani ja nestemäiset polttoaineet)
- Edellytyksenä on **edullinen, vähäpäästöinen sähkö** ja vedyn tuottaminen elektrolyysillä. Tarvitaan vahva sähkön siirtoverkko uusiutuvan sähkön siirtämiseen kulutuspaikoille.
- Kannattavuutta parantaa sektorikytkentä (lämpö, sähkön säätö/reservimarkkinat, happi)
- Elektrolyysereiden tuotantokapasiteetin täytyy kasvaa merkittävästi

# Thank you!

[jaana.viitakangas@vtt.fi](mailto:jaana.viitakangas@vtt.fi)

[www.vttresearch.com](http://www.vttresearch.com)