LUT University

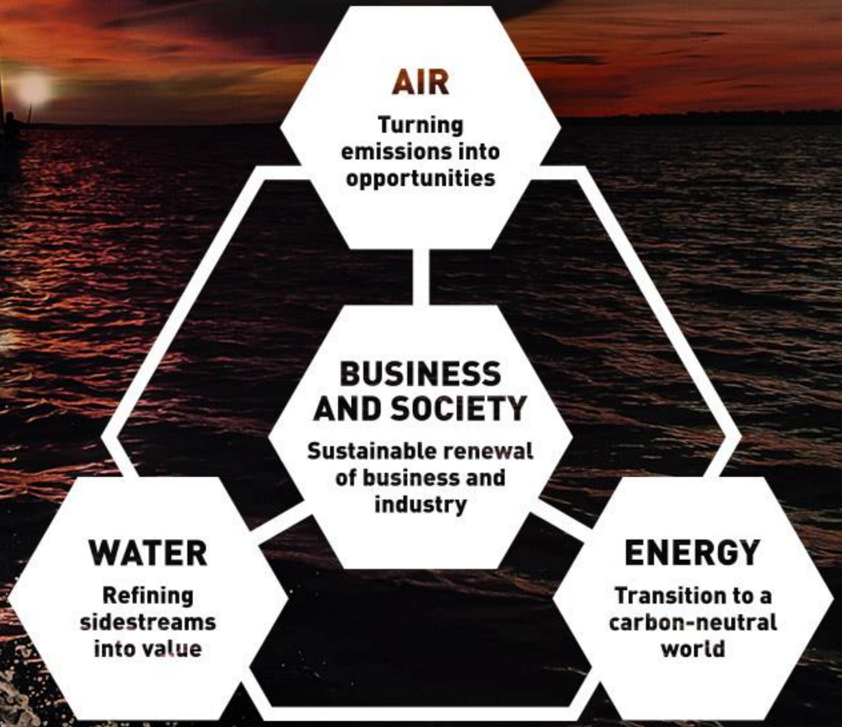
LUT UNIVERSITY STRATEGY 2030 • TRAILBLAZERS – Science with a Purpose

VETYÄ VIRTAA KAAKKOON

Vihreä siirtymä avaa ovia Kaakkois-Suomelle

SYSTEM

EARTH



Petteri Laaksonen, D.Sc., Research Director

petteri.laaksonen@lut.fi

LUT University

LUT is the world's

15TH BEST SMALL UNIVERSITY

THE WORLD UNIVERSITY RANKINGS

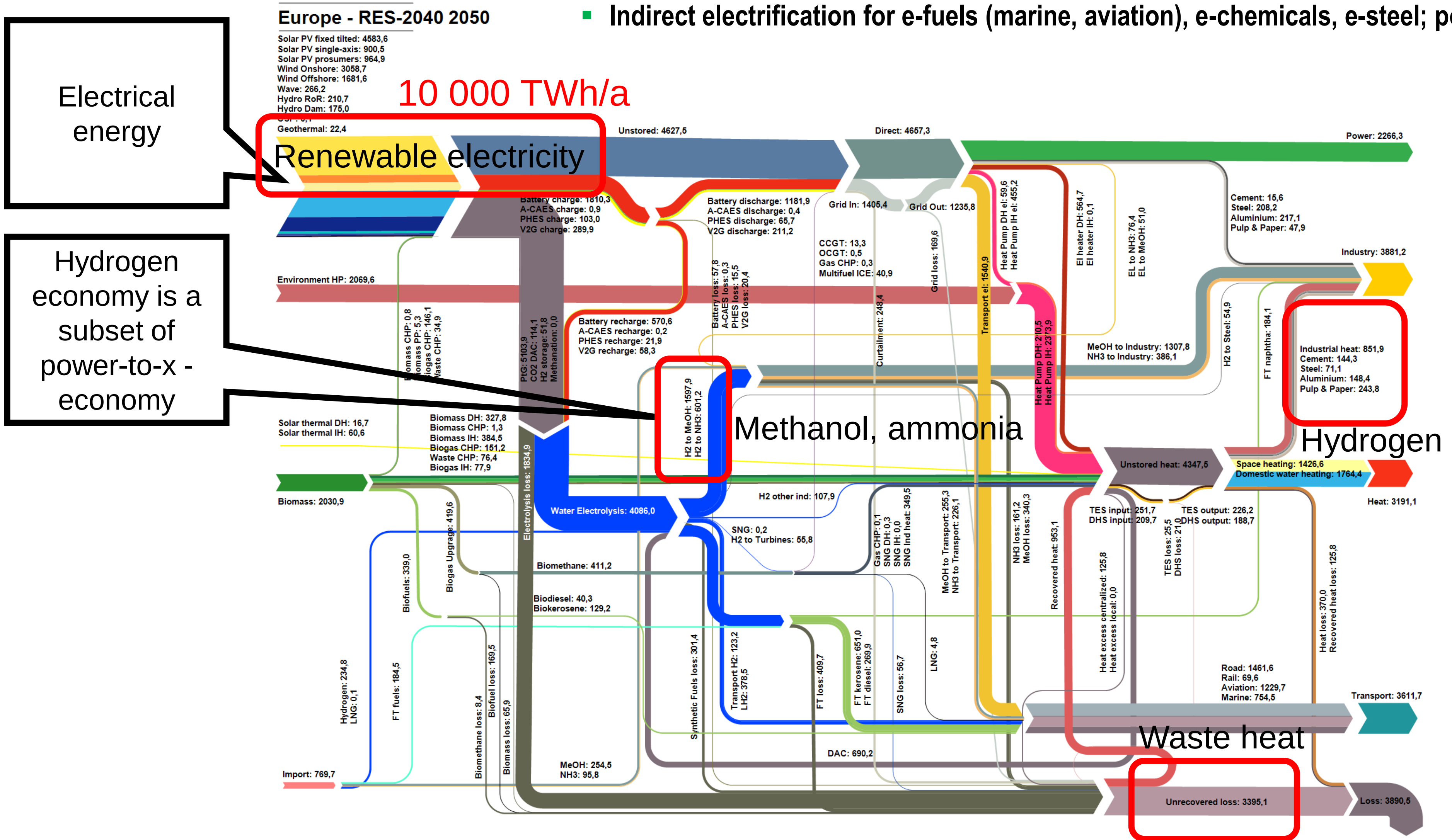
POINTIT

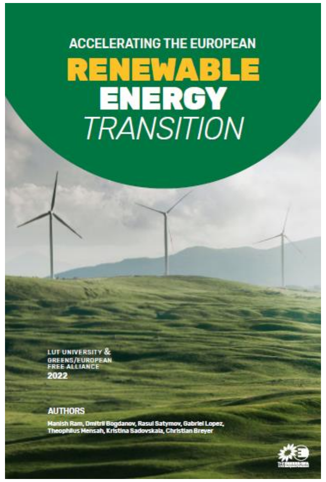
- Vihreä sähkö on avain – sähkön tarve moninkertaistuu globaalista Suomella erityinen asema
  - Sähkö tullaan tuottamaan tuuli- ja aurinko voimalla
  - Edullinen sähkö on kilpailuetu – Euroopassa kolme aluetta Pohjoismaat, Pohjanmeri ja Iberian niemimaa
- Sähköstä valmistettujen polttoaineiden ja kemikaalien vienti on nähtävissä olevista mahdollisuuksista suurin Suomen hyvinvoinnin ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi
  - Kaakkois-Suomen suuri mahdollisuus on biopohjainen hiilidioksidi
- Olemassa oleva teollisuus sähköistyy ja kehittyy – poltosta pyritään eroon
- Sähkö tuotanto, vedyn valmistus, polttoaineiden (metaani, metanoli, kerosiini) ja kemikaalit (ammoniakki) valmistus tulee sijaita lähellä toisiaan. Kaikki siirrot lisäävät kustannuksia ja vähentävät kilpailukykyä. Tuotannosta tulee siis paikallista.

Energiajärjestelmän vihreä siirtymä

LUT University

- Zero CO_2 emission low-cost energy system is based on electricity
- Core characteristic of energy in future: Power-to-X Economy
  - Primary energy supply from renewable electricity: mainly solar PV and wind power
  - Direct electrification wherever possible: electric vehicles, heat pumps, desalination, etc.
  - Indirect electrification for e-fuels (marine, aviation), e-chemicals, e-steel; power-to-hydrogen-to-X

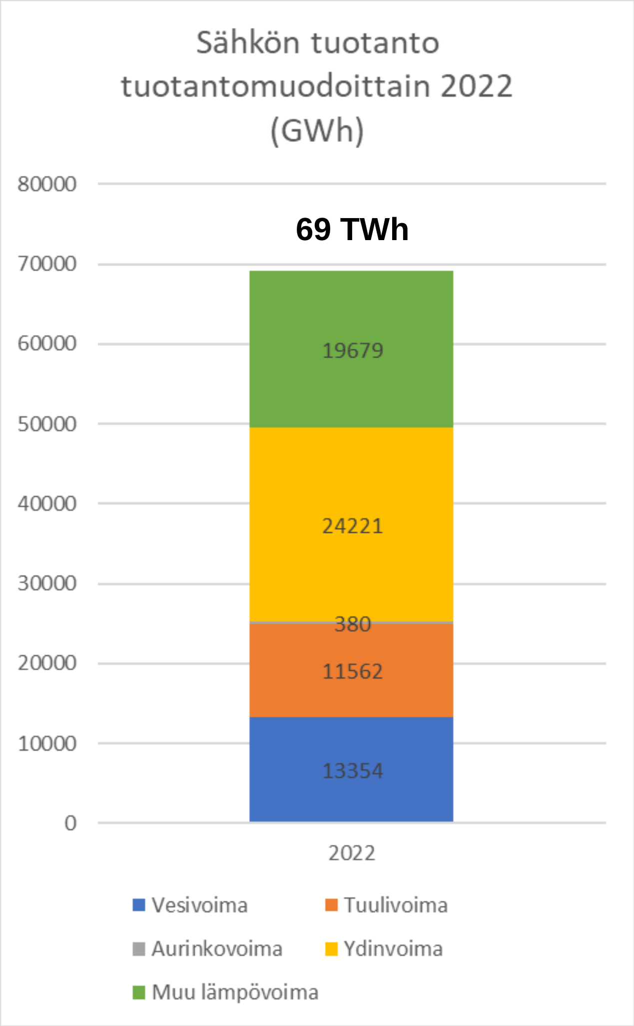


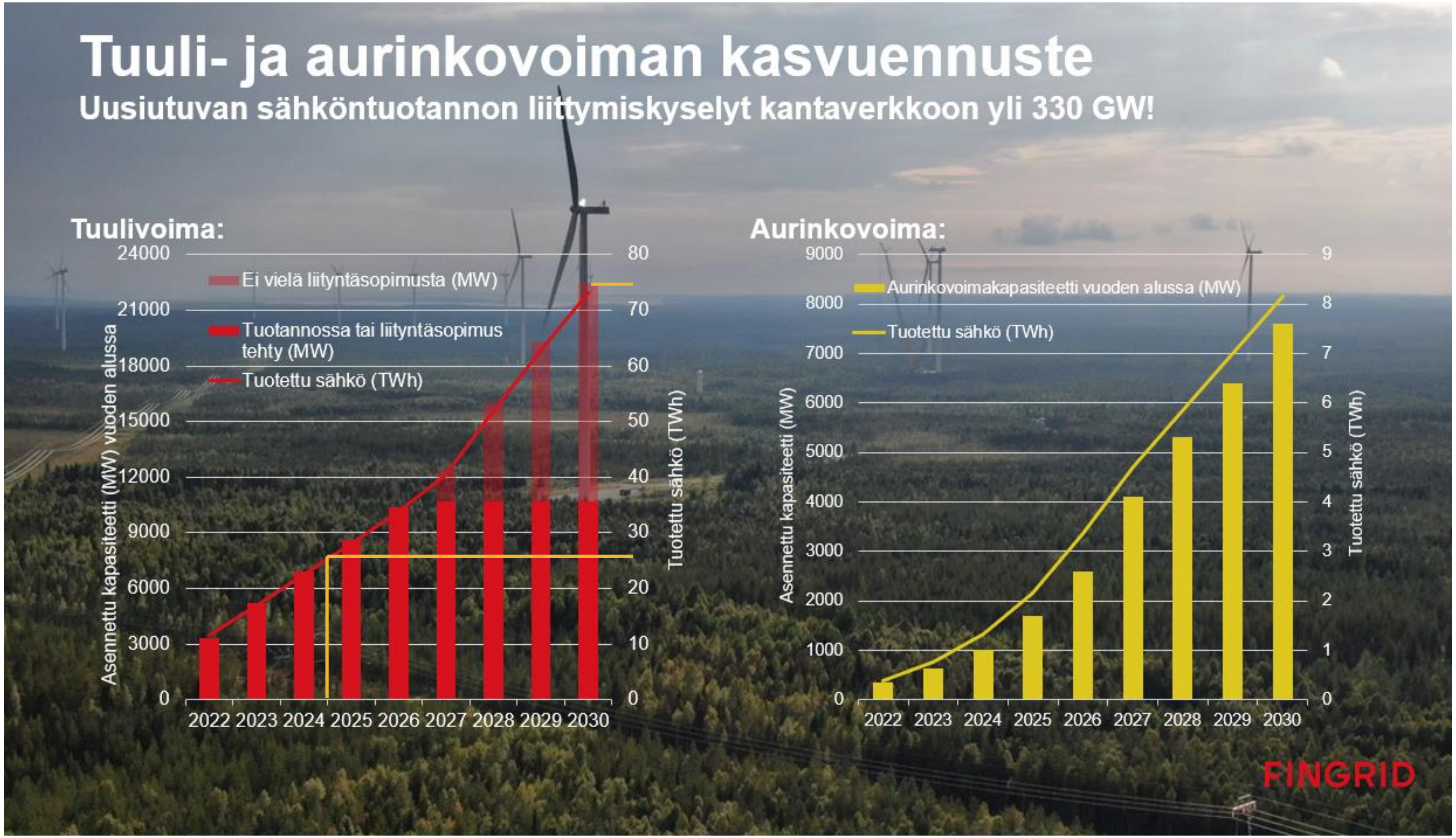


Greens/EFA, 2022

https://extranet.greens-efa.eu/public/media/file/1/7862

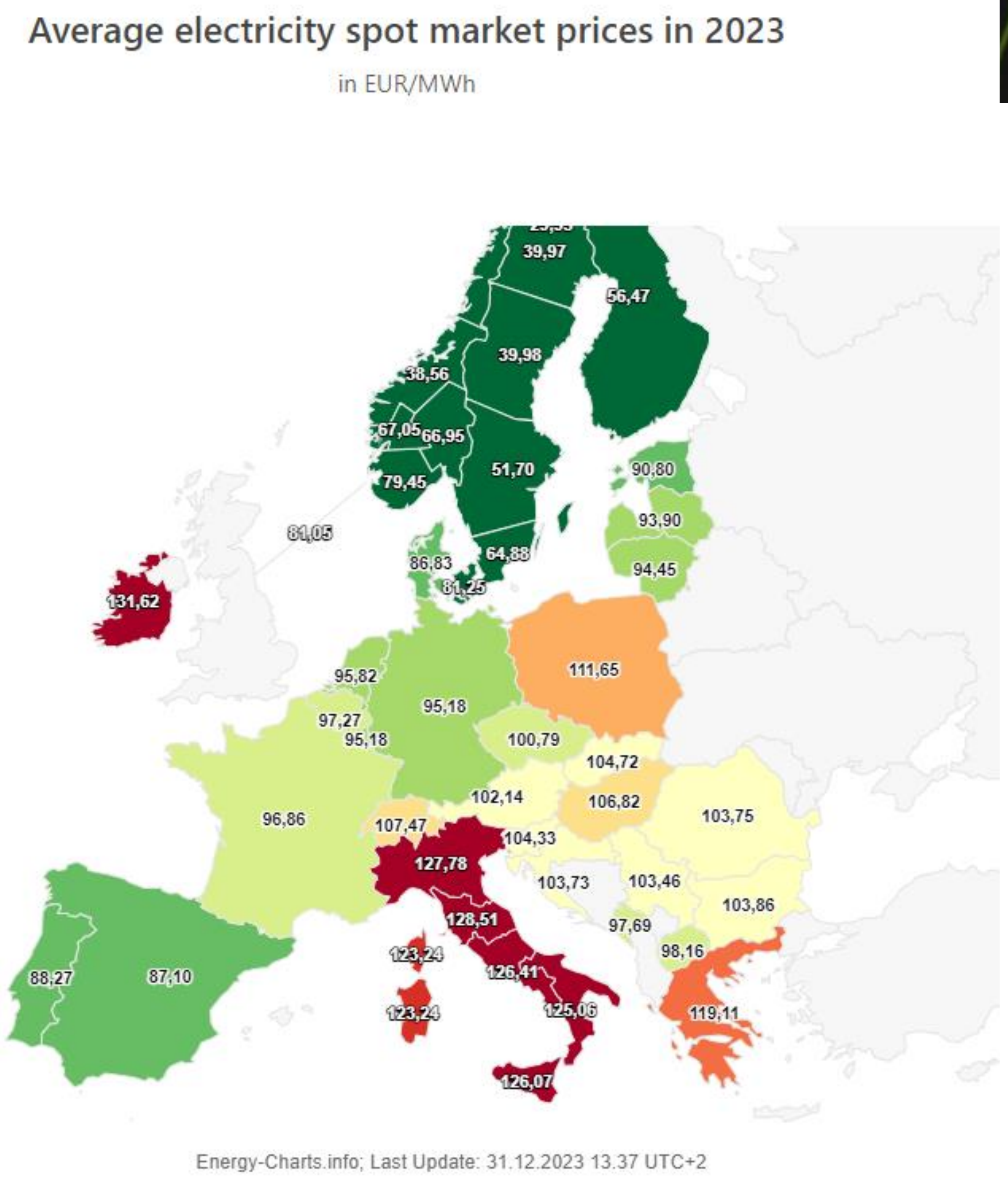
Sähkön tuotannon tulevaisuus Suomessa





Sähkön hinnat Euroopassa 2023

Ruotsi ja Suomi halvimmat



LUT UNIVERSITY: P2X RESEARCH – On-shore wind power potential

USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)

Current capacity

5GW

Base case

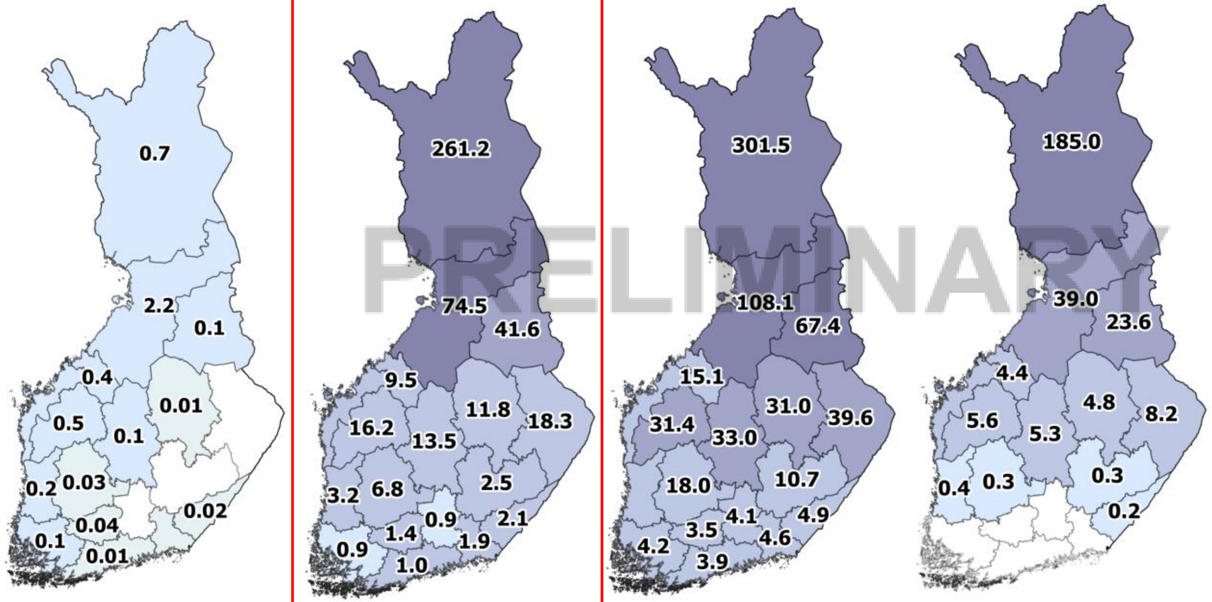
1650 TWh

Permissive

2450 TWh

Restrictive

960 TWh

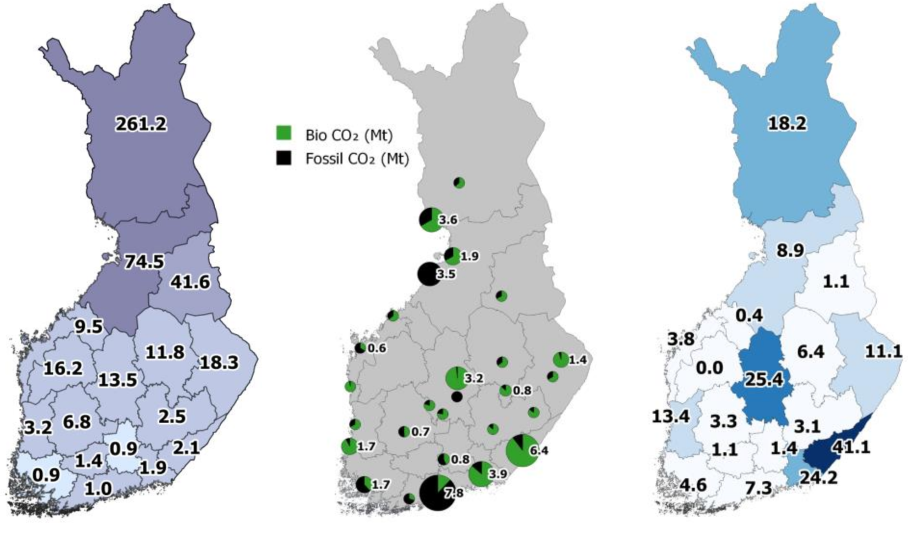


Base case Wind power scenario

Carbon dioxide availability

24 Mt bio-CO2

BioCO$_2$ conversion electricity demand 175 TWh$_{el}$



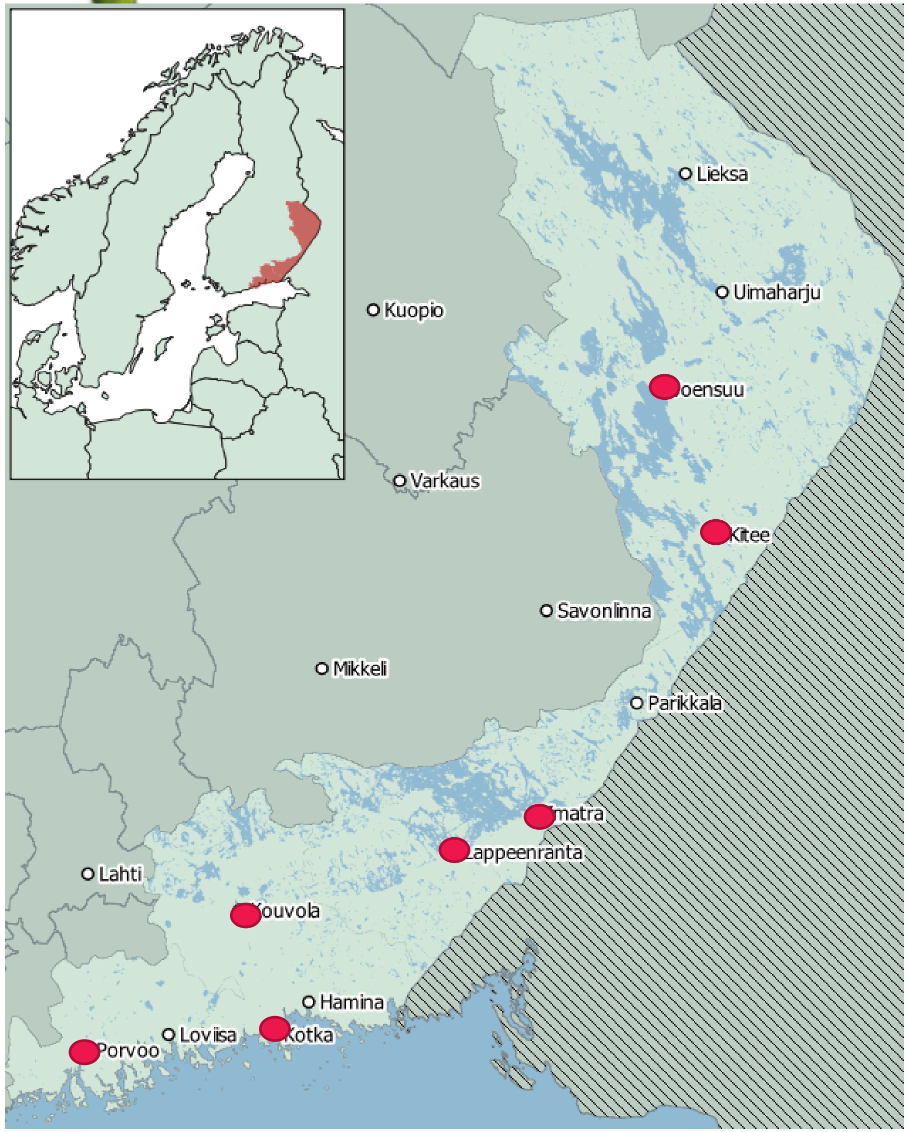
About 10% of renewable electricity potential would be needed to process all bio-CO$_2$ (PTX)

Karjunen, H. & Lassila J WIND POWER POTENTIAL in Finland (onshore) TO BE PUBLISHED

South-East Finland Hydrogen Valley project

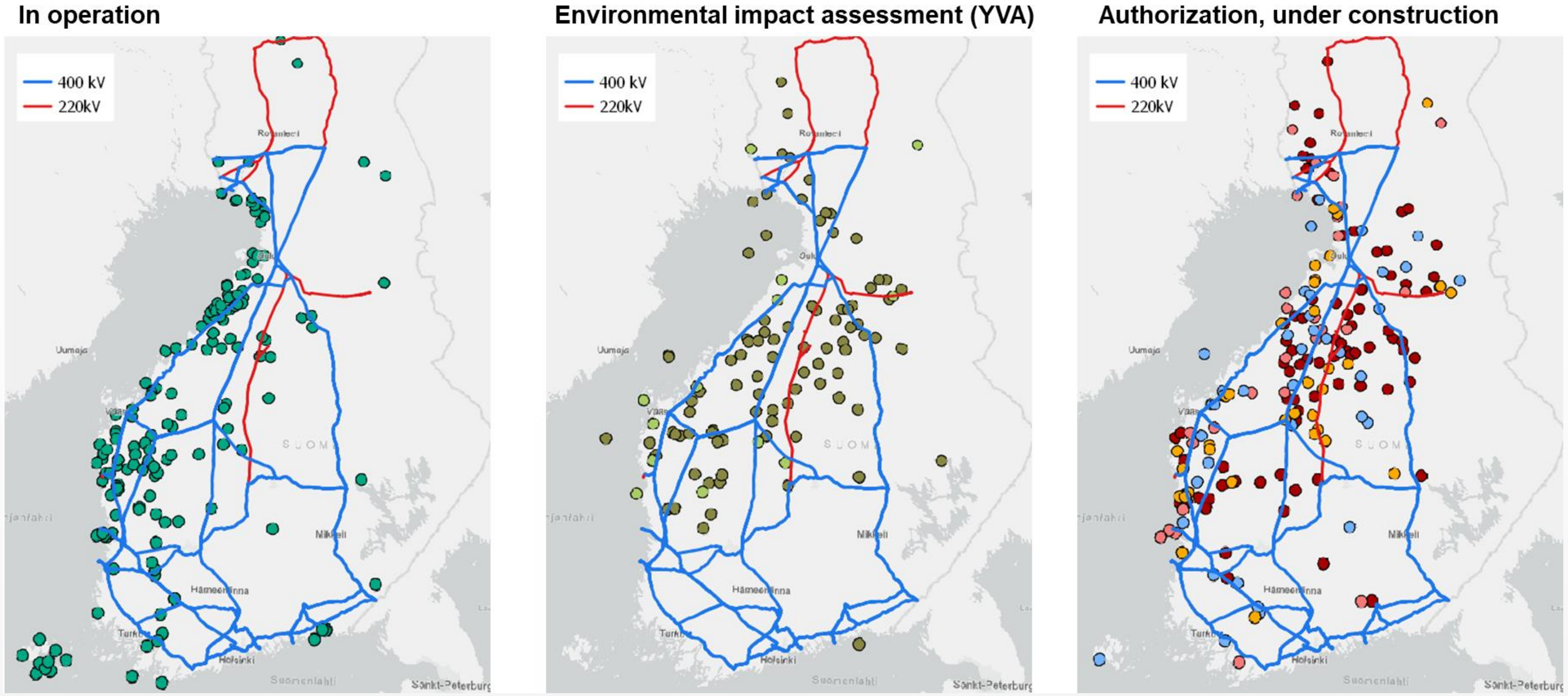
SUUNNITELTUJA VEDYN KÄYTTÖÖN

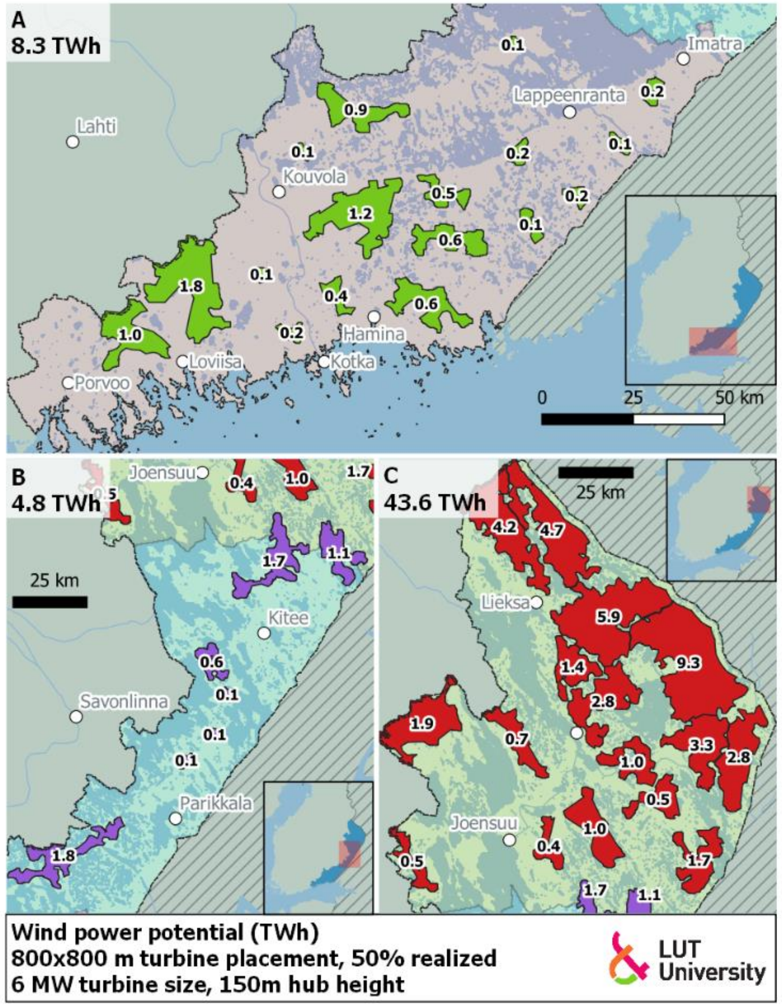
- P2G-laitos Joensuuhun, P2xsolutions, Savon Voima
- Puhoksen vety/metanolitalous Kiteellä, Bakelite
- Lappeenrannan sähkömetanolilaitos, ST1, Finnsementti
- Joutseno-Imatra vetyputkisuunnitelma, Ovako, Kemira, Gasgrid Finland
- Sähkövarasto Lappeenrannassa, Neoen
- Sähkön varastoinnista alustavia suunnitelmia (Joensuu)
- P2G-laitos Kotkaan, Kotkan energia, Ren-Gas
- Vihreään vetyyn siirtyminen Kouvolassa, Solvay Chemicals
- Vihreään vetyyn siirtyminen Kaukaan tehtaalla, UPM Kaukas
- Vihreän ja sinisen vedyn tuotanto Porvoossa, Neste
- Akkumateriaalitehdasta suunniteltu Kotka/Hamina
- Lämpövarastosuunnitelmia useilla
- Useita suuren kokoluokan aurinkovoimahankkeita



Itätuuli -hanke

Tuulivoimapotentiaali ja verkkoinfrastruktuuri Itä-Suomessa





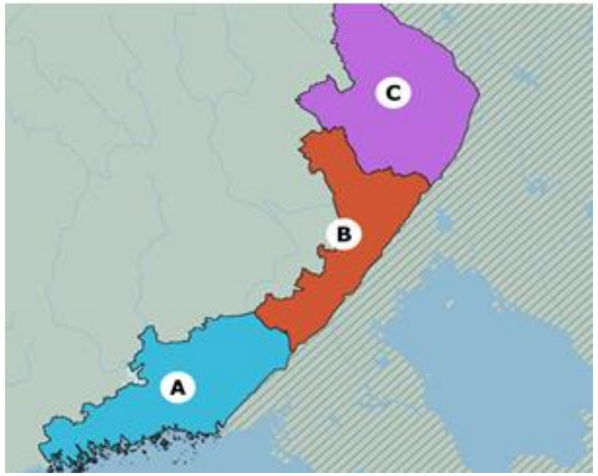
Lähde: Hygcel -projekti

Lähde: Karjunen et al. 2022. South-East Finland Hydrogen Valley. https://lutpub.lut.fi/handle/10024/164642

South-East Finland Hydrogen Valley project

TUULIVOIMAN INVESTOINTIKUSTANNUKSET

- Tuuliturbiini-investoinnit perusskenaariossa (poislukien sähköverkkoratkaisut) yhteensä 20,4 Mrd EUR
- Vuosittaiset kiinteistöverotulot n. 40 MEUR/a
- Vuosittaiset maanvuokratulot n. 40 MEUR/a
- Tuulivoimainvestointeihin liittyvät suorat ja välilliset työpaikat yli 400 000 henkilötyövuotta 30 vuoden aikana

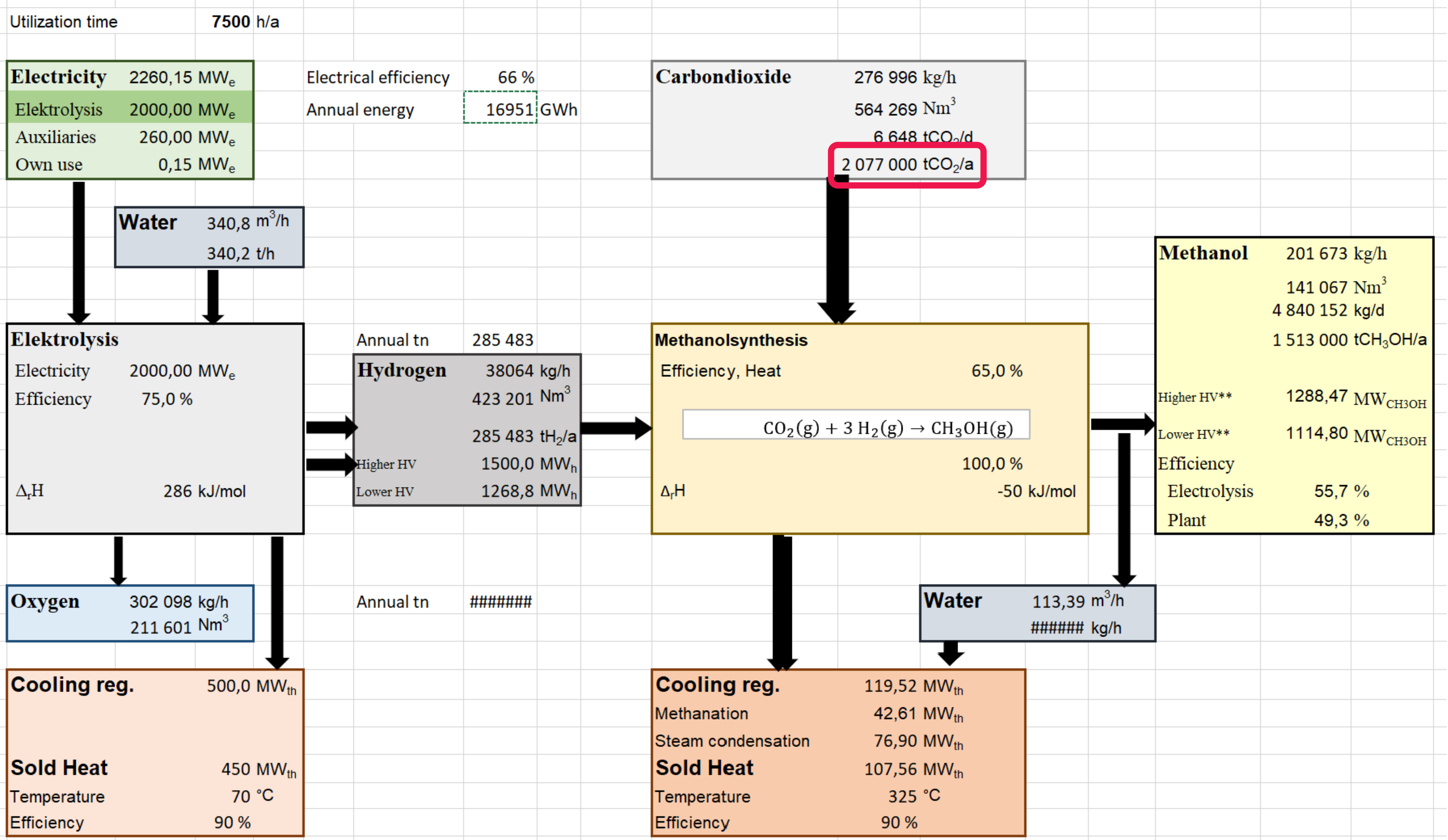


Perusskenaario								Kansantaloudelliset vaikutukset alueelle				
		TWh	MW	kpl	Investointi EUR	MEUR		Verotulot/a		Työpaikat (30 vuoden yli)		
					1 200 000	MEUR/MW		Kiinteistö	Maanvuokra	HT vuodet		
								14 000	14 000			
Etelä	A	8.30	2 300	383	2 760 000 000	2 760		5 366 667	5 366 667	58 321		
Väli	B	4.80	1 400	233	1 680 000 000	1 680		3 266 667	3 266 667	35 500		
Pohjoinen	C	43.60	13 300	2217	15 960 000 000	15 960		31 033 333	31 033 333	337 250		
		56.7	17 000	2 833	20 400 000 000	20 400		39 666 667	39 666 667	431 071		

CASE A PULP MILL – METHANOL PRODUCTION

- Annual biobased CO2 emissions 2,1 Mt (2017)
- Chemical scrubbing (amine, 40 - 140 C)
  - CO2 capture efficiency 98%
  - CO2 capture purity
- Electrolyser 2 GW
- Annual electricity 17 TWh
- Green Methanol production 1,5 Mt/a
- Value á 1000 EUR/tn

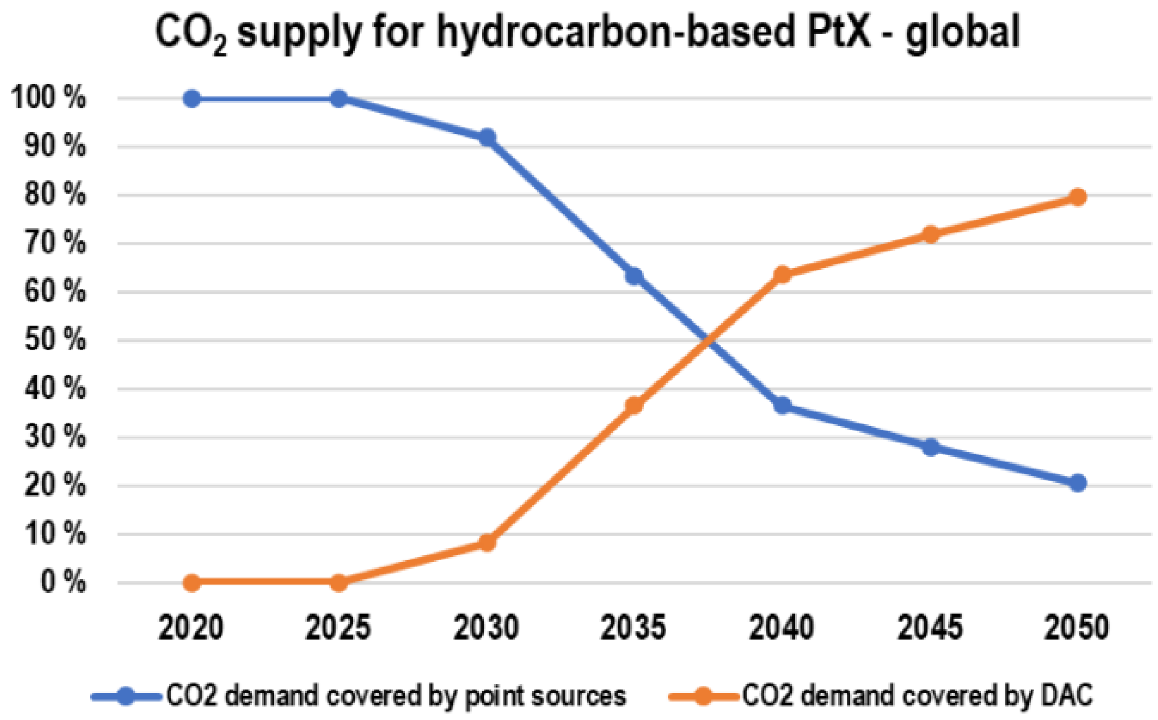
→ 1,5 Mrd EUR/a

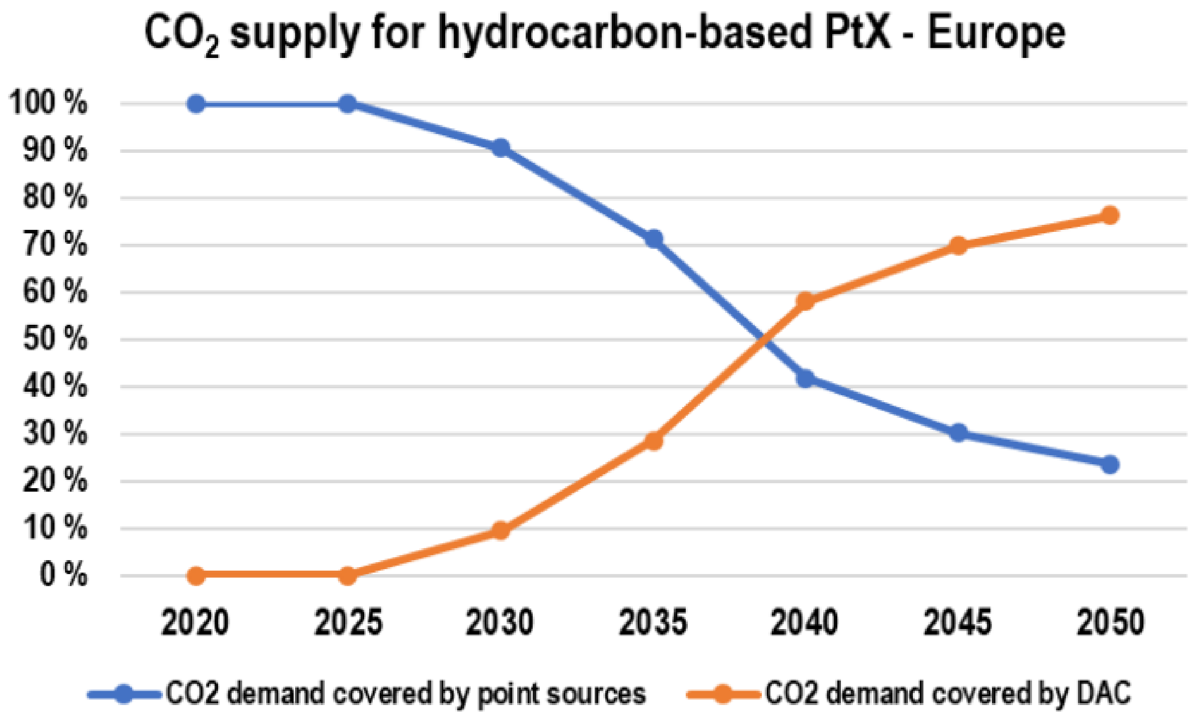


Thank you!

Petteri Laaksonen, D.Sc., Research Director

petteri.laaksonen@lut.fi





In 2030, the total potential of captured CO2 from point sources that could be utilised is 2112 Mt annually (T. Galimova et al.(2022))

P2X in Finland – some LUT research

- Carbon Negative Åland: Strategic Roadmap https://lutpub.lut.fi/handle/10024/163456
- Bothnian Bay Hydrogen Valley – Research report https://lutpub.lut.fi/handle/10024/163667
- South-East Finland Hydrogen Valley – Research report https://lutpub.lut.fi/handle/10024/164642
- Feasibility Study for Industrial Pilot of Carbon-Neutral Fuel Production – P2X https://lutpub.lut.fi/handle/10024/162597

P2X TECHNOLOGIES

- Commercially available
- Technology Readiness Level 9

Technology	Supplier	Technology type	Reference
Electrolysis	Cummins	Alkaline, PEM	[21]
	Green Hydrogen Systems	Alkaline	[22]
	Hydrogen Pro	Alkaline	[23]
	ITM Power	PEM	[24]
	McPhy	Alkaline	[25]
	NEL Hydrogen	Alkaline, PEM	[26]
	Siemens	PEM	[27]
	Sunfire	Alkaline, SOEC	[28]
CO_2 capture	Air Liquide Engineering & Construction	Cryogenic	[29]
	Aker Carbon Capture	Amine	[30]
	Carbon ReUse	Water	[31]
	GE Power	Amine, oxy-combustion	[32]
	Mitsubishi Heavy Industries	Amine	[33]
	Shell	Amine	[34]
	Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation	Amine	[35]
MeOH synthesis	Air Liquide Engineering & Construction	Syngas/CO_2 to MeOH	[29]
	BSE Engineering	n.a.[15]	[36]
	Carbon Recycle International	CO_2 to MeOH	[37]
	Johnson Matthey	Syngas to MeOH	[38]
	Mitsubishi Gas Chemical	Syngas to MeOH	[39]
Fuel synthesis	Chemieanlagenbau Chemnitz	MTG	[40]
	ExxonMobil	MTG	[41]
	Haldor Topsøe	MTG, syngas to gasoline	[42]
	Sunfire	Fischer-Tropsch	[28]

P2X & Carbon Dioxide

LUT University

LAPPEENRANNAN–LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO LUT
LAPPEENRANTA–LAHTI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY LUT

LUT School of Energy Systems
LUT School of Engineering Science
LUT School of Business and Management

LUT Scientific and Expertise Publications
123

Petteri Laaksonen, Hannu Karjunen, Jenna Ruokonen, Arto Laari, Mariia Zhaurova, Sini-Kaisu Kinnunen, Antti Kosonen, Timo Kärri, Tiina Sinkkonen, Tommi Rissanen, Antero Tervonen, Juha Varis

Feasibility Study for Industrial Pilot of Carbon-Neutral Fuel Production – P2X

Final report

LAPPEENRANTA-LAHTI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY LUT
LUT School of Energy Systems
Energy Technology

Joonas Hyvärinen

TECHNO-ECONOMIC EVALUATION OF CARBON CAPTURE TECHNOLOGIES INTEGRATED TO FLEXIBLE RENEWABLE ENERGY SYSTEM

Hannu Karjunen

ANALYSIS AND DESIGN OF CARBON DIOXIDE UTILIZATION SYSTEMS AND INFRASTRUCTURES

Katja Kuparinen

TRANSFORMING THE CHEMICAL PULP INDUSTRY – FROM AN EMITTER TO A SOURCE OF NEGATIVE CO_2 EMISSIONS

ACTA UNIVERSITATIS LAPPEENRANTAENSIS 870

Journal of Cleaner Production

Global demand analysis for carbon dioxide as raw material from key industrial sources and direct air capture to produce renewable electricity-based fuels and chemicals

Tansu Galimova, Manish Ram, Dmitrii Bogdanov, Mahdi Fasihi, Siavash Khalili, Ashish Gulagi, Hannu Karjunen, Theophilus Nii Odai Mensah, Christian Breyer

processes

Modelling and Cost Estimation for Conversion of Green Methanol to Renewable Liquid Transport Fuels via Olefin Oligomerisation

Jenna Ruokonen, Harri Nieminen, Ahmed Rufai Dahiru, Arto Laari, Tuomas Koiranen, Petteri Laaksonen, Ari Vuokila and Mika Huuhtanen

ARTICLE IN PRESS

ScienceDirect

Short Communication

The role of electricity-based hydrogen in the emerging power-to-X economy

Christian Breyer, Gabriel Lopez, Dmitrii Bogdanov, Petteri Laaksonen

https://www.mdpi.com/2227-9717/9/6/1046

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622034928

https://lutpub.lut.fi/handle/10024/164753

https://lutpub.lut.fi/handle/10024/162597

https://lutpub.lut.fi/handle/10024/160058

https://lutpub.lut.fi/handle/10024/160057

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319923041721?via%3Dihub