



**RESEARCH SURVEY AND STRATEGIC RESEARCH AGENDA
– FINNISH PTX ECONOMY RESEARCH**

HYGCEL SEMINAR 1ST OF OCTOBER 2024

ASSESSMENT OF FINNISH POWER-TO-X ECONOMY RESEARCH 2017-2023: SCIENTIFIC ARTICLES AND RESEARCH ACTIVITIES IN RESEARCH INSTITUTIONS

OBJECTIVE

- » To understand the existing research related to P2X Economy in Finland, define the research gaps and strengths, increase cooperation and knowledge sharing among universities and provide information for the industry and public administration

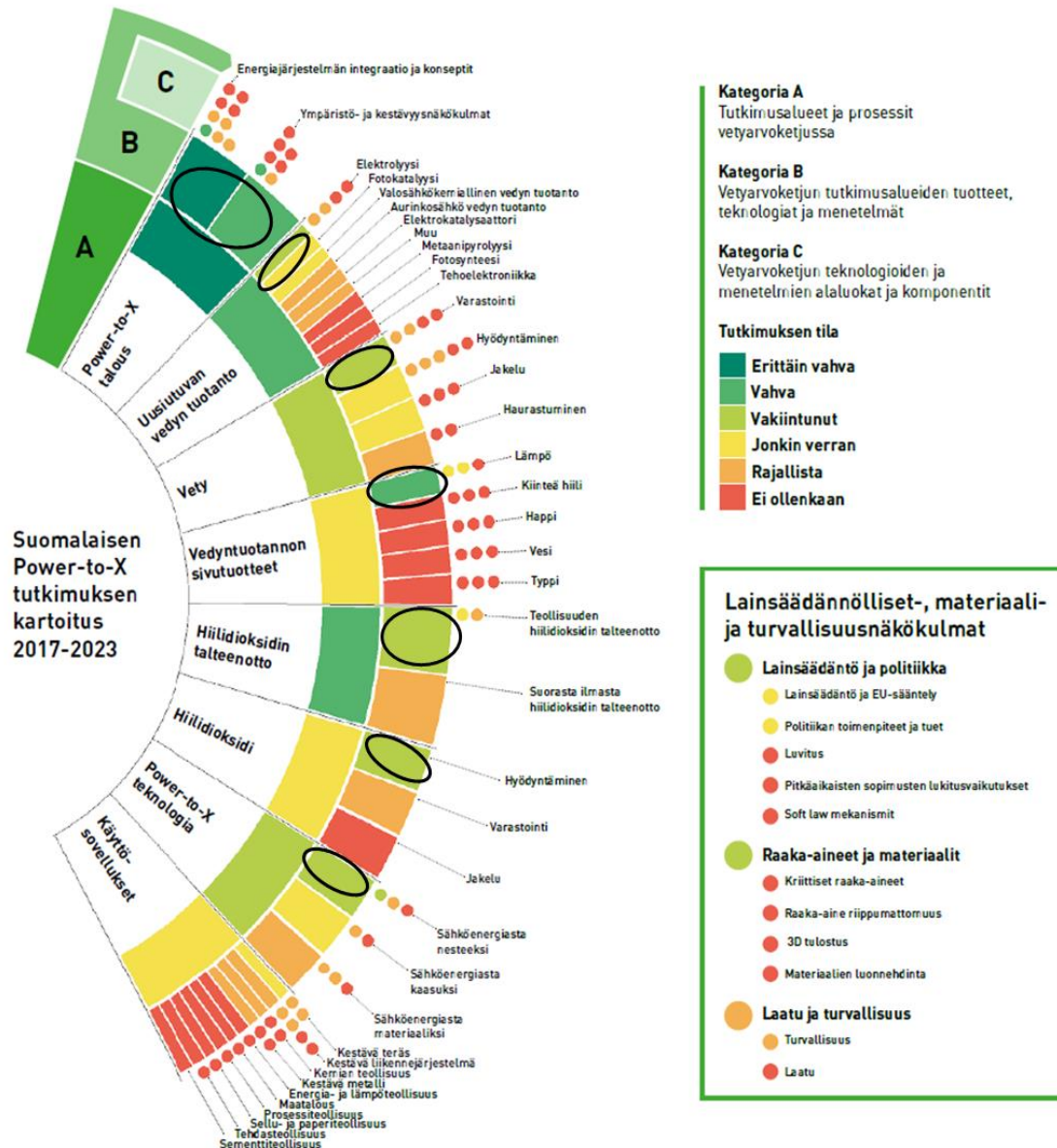
SURVEY

- Contacted and interviewed 12 Finnish research organizations and universities
 - Interviews and Excel-questionnaire
- Mapping teams, articles, current and future research focus and research infrastructure
 - Material utilized in the article ->
- Database search and framework development for the bibliometric study
 - Keywords for the bibliometric search ->
 - Framework development for the analysis ->

BIBLIOMETRIC STUDY

- SCOPUS database search
 - Correspondence in Finnish university/research institution
 - 97 keywords/keyword combinations
 - 2017-2023 (October 2023)
- 334 Peer-reviewed and published scientific articles
- Results:
 - Highlighting focus areas and research gaps of Finnish PtX research
 - Organizational focus
 - Impact
 - Most impactful topics
 - Impact of domestic and international collaboration
 - Collaboration
 - Domestic collaboration
 - International collaboration

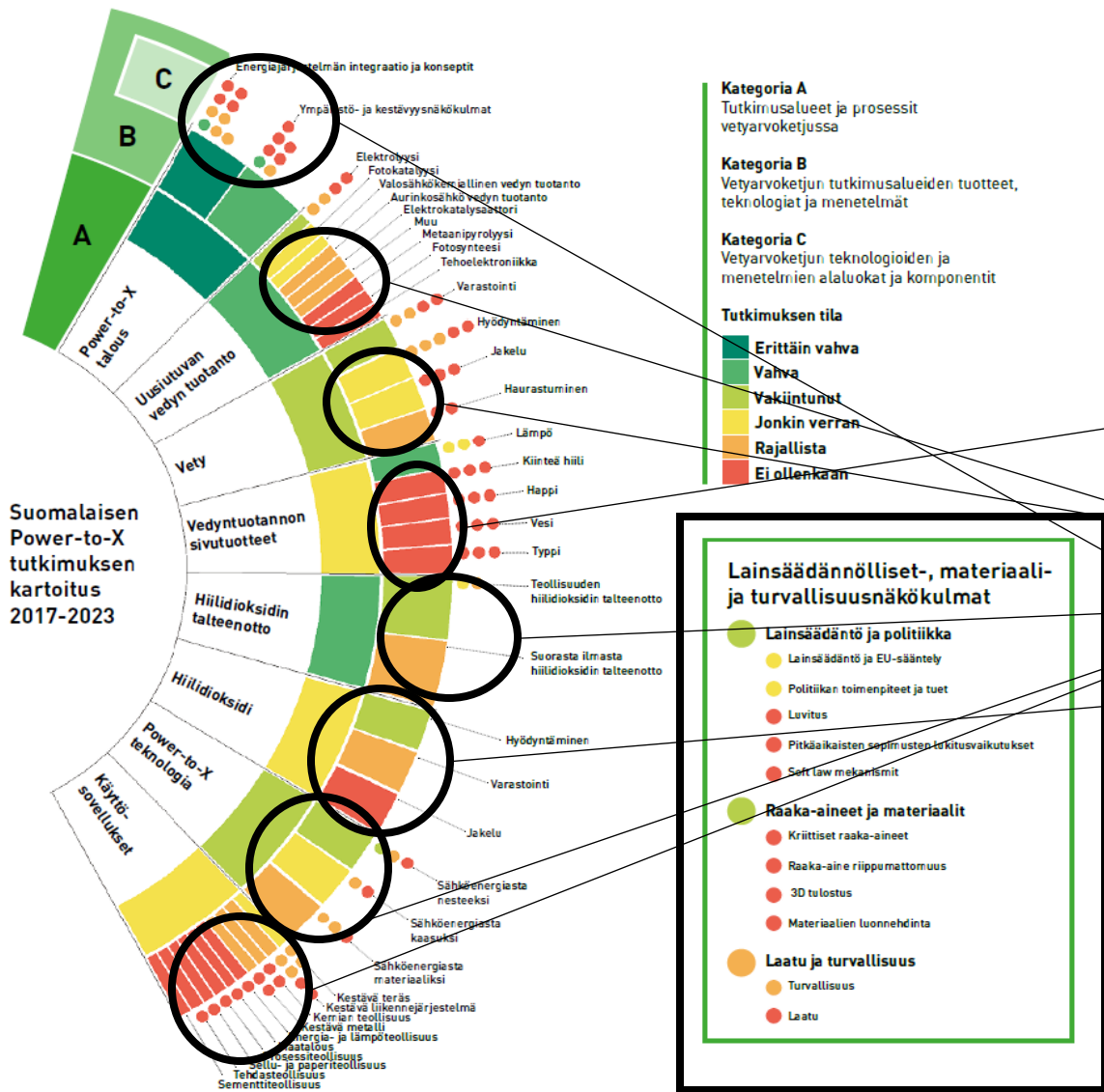
ASSESSMENT OF FINNISH POWER-TO-X ECONOMY RESEARCH 2017-2023: SCIENTIFIC ARTICLES AND RESEARCH ACTIVITIES IN RESEARCH INSTITUTIONS



THE RESEARCH STRENGTH OF FINNISH PTX ECONOMY

- Energy system integration and concepts research is the leading topic by volume
 - **Energy system**
- Environmental and sustainability aspects strong
 - **Climate change**
- Established research in the following fields by volume:
 - **Co2 capture**
 - Industry sources
 - **Renewable hydrogen production**
 - Electrolysis
 - **PtX technology**
 - PtL -> e-methanol and derived products
 - **Hydrogen**
 - Storage
 - **Carbon dioxide**
 - Utilization
 - **Other by-products in hydrogen production**
 - Heat
- **However, several limitations and research gaps found!**

ASSESSMENT OF FINNISH POWER-TO-X ECONOMY RESEARCH 2017-2023: SCIENTIFIC ARTICLES AND RESEARCH ACTIVITIES IN RESEARCH INSTITUTIONS



RESEARCH GAPS IN FINNISH PTX RESEARCH

Power-to-X economy Other by-products in hydrogen

Research gaps also: Energy storage and conversion Renewable hydrogen production

- Affordability assessment
- Application of catalysis in regulation
- Energy transition
- Sustainable steel
- Machine learning in electrochemical hydrogen production
- Hydrogen in traffic system
- Informal procedures in industry (luvitus)
- Value chain of hydrogen
- Supply chain of hydrogen
- Social acceptance of CO2
- Infrastructure for CO2 capture
- Hydrogen in chemical industry decomposition
- Cement industry
- Environmental sustainability aspects
- Material and process synthesis
- Social acceptance
- Wealth creation in electronics
- Paper and pulp industry
- Power and heat industry
- Land use
- Sustainability

ASSESSMENT OF FINNISH POWER-TO-X ECONOMY RESEARCH 2017-2023: SCIENTIFIC ARTICLES AND RESEARCH ACTIVITIES IN RESEARCH INSTITUTIONS

Impact by volume

Highest impact (B +500, C + 500 citations)

Impact (B +200, C +100 citations)

- Power-to-X Economy
 - Energy system integration and concepts
 - Energy system
 - Environmental and sustainability aspects
 - Climate change
 - Social acceptance
- CO2 capture
 - DAC
 - Industry
 - Biogenic
- Renewable H2 production
 - Electrolysis
 - Photocatalysis
 - Photoelectrochemical
- PtX
 - PtG
 - e-ammonia
 - PtL
 - e-methanol and derived products
 - PtM
 - e-food
- Hydrogen
 - Storage
 - Utilization
 - Electricity
- Carbon dioxide
 - Utilization
- Applications
 - Sustainable traffic system
 - Maritime
- Other by-products in renewable H2 production
 - Heat
 - Utilization
 - Storage

NORMALIZED CITATION SCORE (AVERAGED IMPACT)

Power-to-X Economy

- Energy system integration and concepts
- Energy system
- Hydrogen and sustainability aspects
- Utilization and sustainability aspects
- Electricity

Co2 capture

- DAC
- Industry
- Biogenic

Renewable H2 production

- Electrolysis
- Photocatalysis
- Photoelectrochemical

PtX technology

- PtG
- PtL
- PtM
- e-ammonia
- e-methanol and derived products
- e-food

Also, NCS analysis revealed that raw material and material research have strong impact linked to:

- CO2 capture
- Renewable H2 production
- Electrolysis

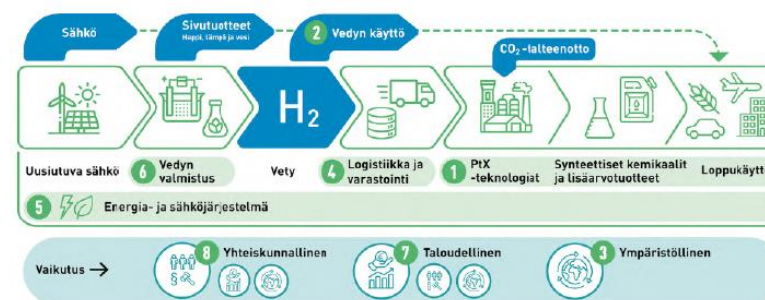
STRATEGIC RESEARCH AGENDA FOR FINNISH HYDROGEN RESEARCH: INSIGHTS FROM THE HYDROGEN RESEARCH FORUM FINLAND

Participating organizations: Hydrogen research forum Finland -12 Finnish universities and research institutes

Selection of research topics: 24 out of 83 research topics were chosen as the most important for Finland's competitiveness

Value chain research: Seamless functioning of the entire hydrogen value chain is essential, which requires studying its different components

Vedyn arvoketju ja tutkimusalueet tärkeysjärjestyksessä



Vetytalouden merkittävimmät tutkimusaiheet

- Vedyn synteettiset lisäarvotuotteet ja hiilidioksidi sekä niiden käyttö**
 - e-metanoli
 - e-ammoniakki
 - Kestävät lentopolttoaineet
- Vedyn käyttö**
 - Vedyn hyödyntäminen puhtaiden terästen valmistuksessa
 - Polttokennot ja X-to-power (X2P) syklit m.l. RESOC
 - Vedyn käyttö meriliikenteessä
- Ympäristö ja kestävyys**
 - Vihreän siirtymän ja vetytalouden ympäristövaikutusten arviointi
 - Resurssit ja kriittiset raaka-aineet
 - Elinkaarianalyysi vetytaloudessa
 - Teollisuuden muutoksen seuraaminen ja tukeminen vihreässä siirtymässä ja vetytaloudessa
- Energian ja vedyn varastointi sekä siirto**
 - Vedyn varastointi
 - Vedyn putkisiirron vertailu muihin vaihtoehtoihin
 - Vetykomponenttien materiaalitutkimus

- Energia ja sähköjärjestelmä**
 - Sähkön ja energian varastointi ja jousto
 - Vedyntuotannon sivuvirtojen hyödyntäminen
 - Sähkön ja energian kulutuksen- ja kysynnän jousto
- Puhtaan vedyn valmistus**
 - Tehokkaiden ja/tai vaihtoehtoisten elektrolyysimateriaalien etsiminen
 - Elektrolyysin energia- ja tehokkuuden parantaminen (Alkali ja PEM)
 - Elektrolyysitekniikoiden tuotannollisten rajoitteiden poistaminen (Alkali ja PEM)
- Markkinat ja yhteiskunta**
 - Liiketoimintamallien kehityksen seuranta ja tukeminen vihreässä siirtymässä ja vetytaloudessa
 - Makrotalouden ja Suomen kilpailukykyä seuranta ja tukeminen vihreässä siirtymässä ja vetytaloudessa
- EU-sääntely ja politiikka**
 - Keskeisen EU-sääntelyn vaikutusarviointi ja vaikuttaminen Suomen vihreän siirtymän ja vetytalouden edistämiseksi
 - Geopolitiikka ja huoltovarmuus
 - EU-sääntelykehityksen tilannekuvan muodostaminen ja tämän vaikuttavuuden edistäminen

Tutkimustarpeet jakautuvat lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin tavoitteisiin.

- 1-3 vuotta **LYHYT**
- 3-5 vuotta **KESKIPITKÄ**
- 5-10 vuotta **PITKÄ**

STRATEGIC RESEARCH AGENDA FOR FINNISH HYDROGEN RESEARCH: COMPARISON OF BIBLIOMETRIC ANALYSIS AND STRATEGIC RESEARCH AGENDA

- Established research
- Research gap
- Impactful research

Vetytalouden merkittävimmät tutkimusaiheet

1 Vedyn synteettiset lisäarvotuotteet ja hiilidioksidi sekä niiden käyttö

- e-metanoli
- e-ammoniakki
- Kestävät lentopolttoaineet

2 Vedyn käyttö

- Vedyn hyödyntäminen puhtaiden terästen valmistuksessa
- Polttokennot ja X-to-power (X2P) syklit m.L. RESOC
- Vedyn käyttö meriliikenteessä

3 Ympäristö ja kestävyys

- Vihreän siirtymän ja vetytalouden ympäristövaikutusten arviointi
- Resurssit ja kriittiset raaka-aineet
- Elinkaarianalyysi vetytaloudessa
- Teollisuuden muutoksen seuraminen ja tukeminen vihreässä siirtymässä ja vetytaloudessa

4 Energian ja vedyn varastointi sekä siirto

- Vedyn varastointi
- Vedyn putkisiirron vertailu muihin vaihtoehtoihin
- Vetykomponenttien materiaalitutkimus

5 Energia ja sähköjärjestelmä

- Sähkön ja energian varastointi ja jousto
- Vedyntuotannon sivuvirtojen hyödyntäminen
- Sähkön ja energian kulutuksen- ja kysynnän jousto

6 Puhtaan vedyn valmistus

- Tehokkaiden ja/tai vaihtoehtoisten elektrolyysimateriaalien etsiminen
- Elektrolyysin energia-tehokkuuden parantaminen (Alkali ja PEM)
- Elektrolyysiteknologioiden tuotannollisten rajoitteiden poistaminen (Alkali ja PEM)

7 Markkinat ja yhteiskunta

- Liiketoimintamallien kehityksen seuranta jatkuminen vihreässä siirtymässä ja vetytaloudessa
- Makrotalouden ja Suomen kilpailukyvyn seuranta ja tukeminen vihreässä siirtymässä ja vetytaloudessa
-

8 EU-sääntely ja politiikka

- Keskeisen EU-sääntelyn vaikutusarviointi ja vaikuttaminen Suomen vihreän siirtymän ja vetytalouden edistämiseksi
- Geopolitiikka ja huoltovarmuus
- EU-sääntelykehiksen tilannekuvan muodostaminen ja tämän vaikuttavuuden edistäminen

Tutkimustarpeet jaakoituva t lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin tavoitteisiin.

1-3 vuotta **LYHYT**
 3-5 vuotta **KESKIPITKÄ**
 5-10 vuotta **PITKÄ**

BLIND SPOTS

**NO OR LIMITED RESEARCH WHICH HAS NOT BEEN ADDRESSED IN SRA*

Power-to-X economy

- » Energy system integration and concepts
 - » Machine learning /AI
 - » Information technology
 - » Infrastructure
 - » Hydrogen Valley
- » Environmental and Sustainability aspects
 - » Circular Economy
 - » Biodiversity
 - » Sustainability

Renewable H2 production

- » Photoelectrochemical hydrogen production
- » Photovoltaic
- » Electrocatalyst
- » Photosynthesis
- » Power Electronics

Hydrogen

- » Utilization
- » Embrittlement

By products in H2 production

- » Nitrogen
- » Water

CO2 capture

- » Bio-based co2
- » Fossil co2 capture

Carbon dioxide

- » Storage
- » Distribution

PtX technologies

- » PtL
 - » e-ethanol
- » PtM
 - » e-food
 - » e-cement

Applications

- » Sustainable traffic system
- » Sustainable metals
- » Chemical industry
- » Agriculture
- » Cement industry
- » Manufacturing industry
- » Process industry
- » Paper and pulp industry
- » Power and heat industry

