

The VTT logo consists of the letters 'VTT' in a white, bold, sans-serif font, centered within an orange square. The background of the slide features a repeating pattern of stylized, interlocking shapes in orange, blue, white, and black, creating a sense of depth and movement.

VTT

# Hydrogen Underground (HUG)

BF Co-Research project

25/01/2024 VTT – beyond the obvious

# Tausta

VTT

NORWAY

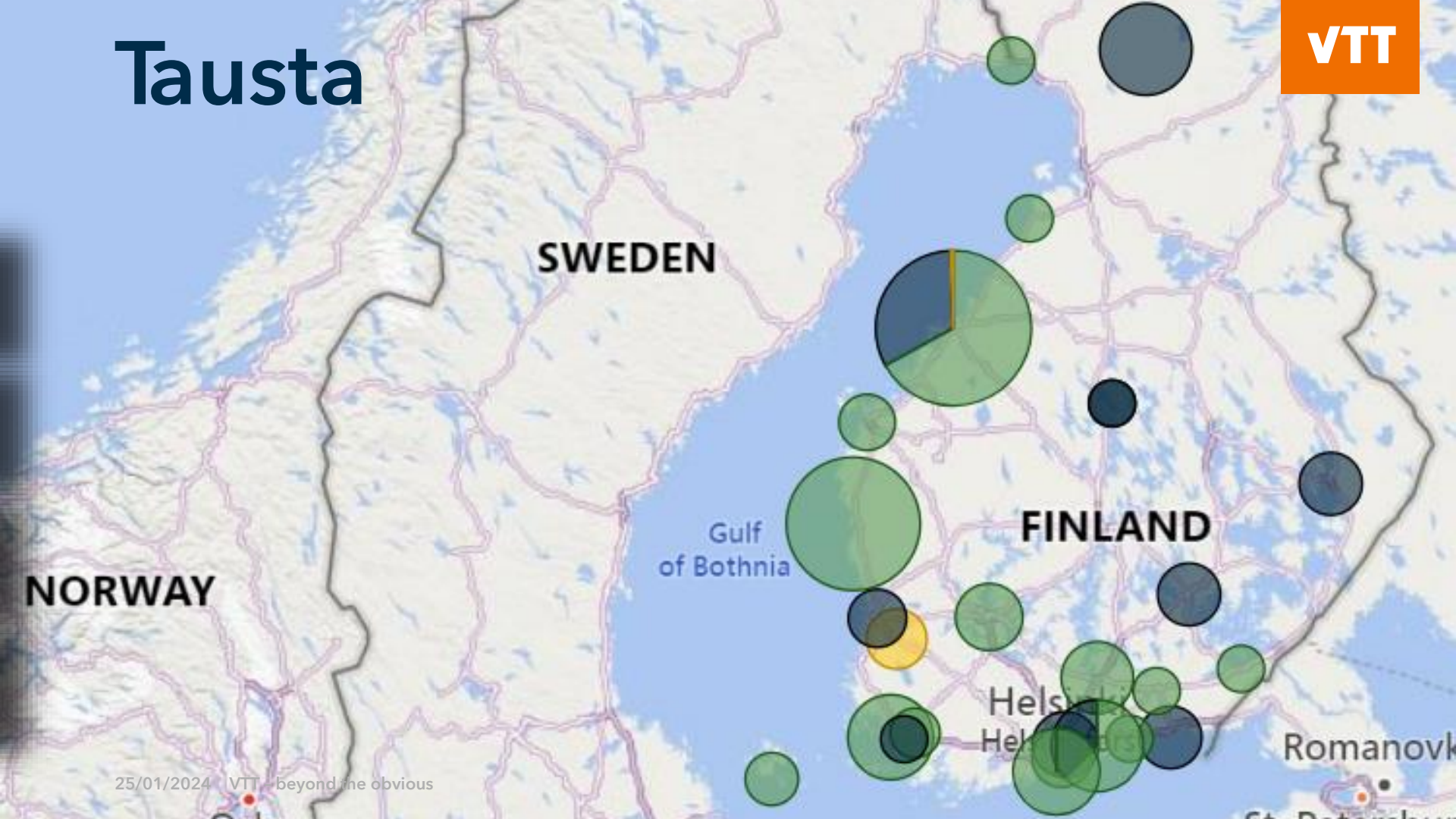
SWEDEN

Gulf of Bothnia

FINLAND

Helsinki  
Helsinki

Romanovk  
St. Petersburg



# Tausta

VTT

Kymmeniä puhtaan vedyn projekteja

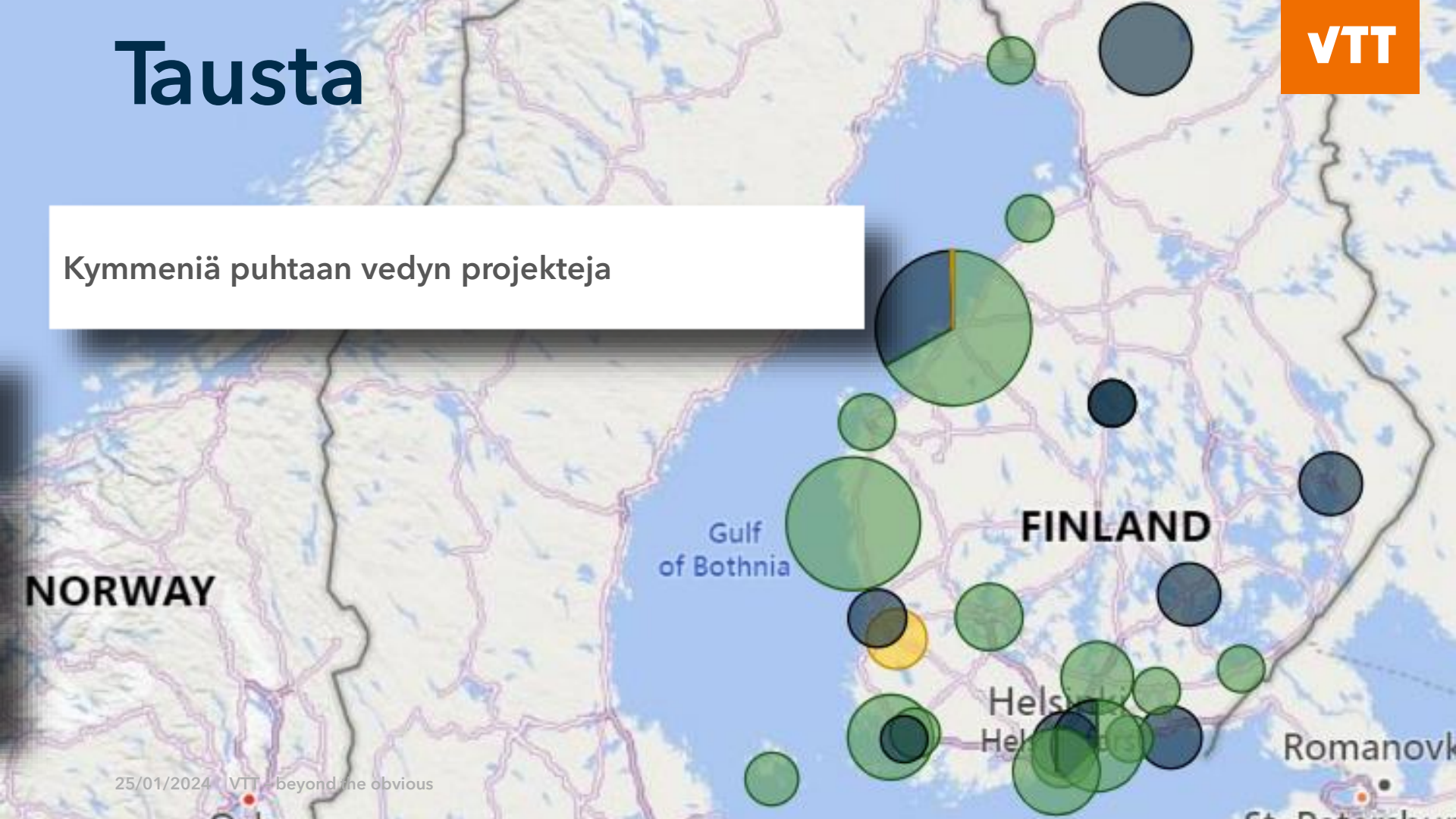
NORWAY

Gulf of Bothnia

FINLAND

Helsinki

Romanovk



# Tausta

VTT

Kymmeniä puhtaan vedyn projekteja

Alustavat liityntäkyselyt vetyverkkoon:  
>80TWh/a tuotantoa ja >20 TWh/a kulutusta

NORWAY

Gulf of Bothnia

FINLAND

Helsinki  
Helsinki

Romanovk

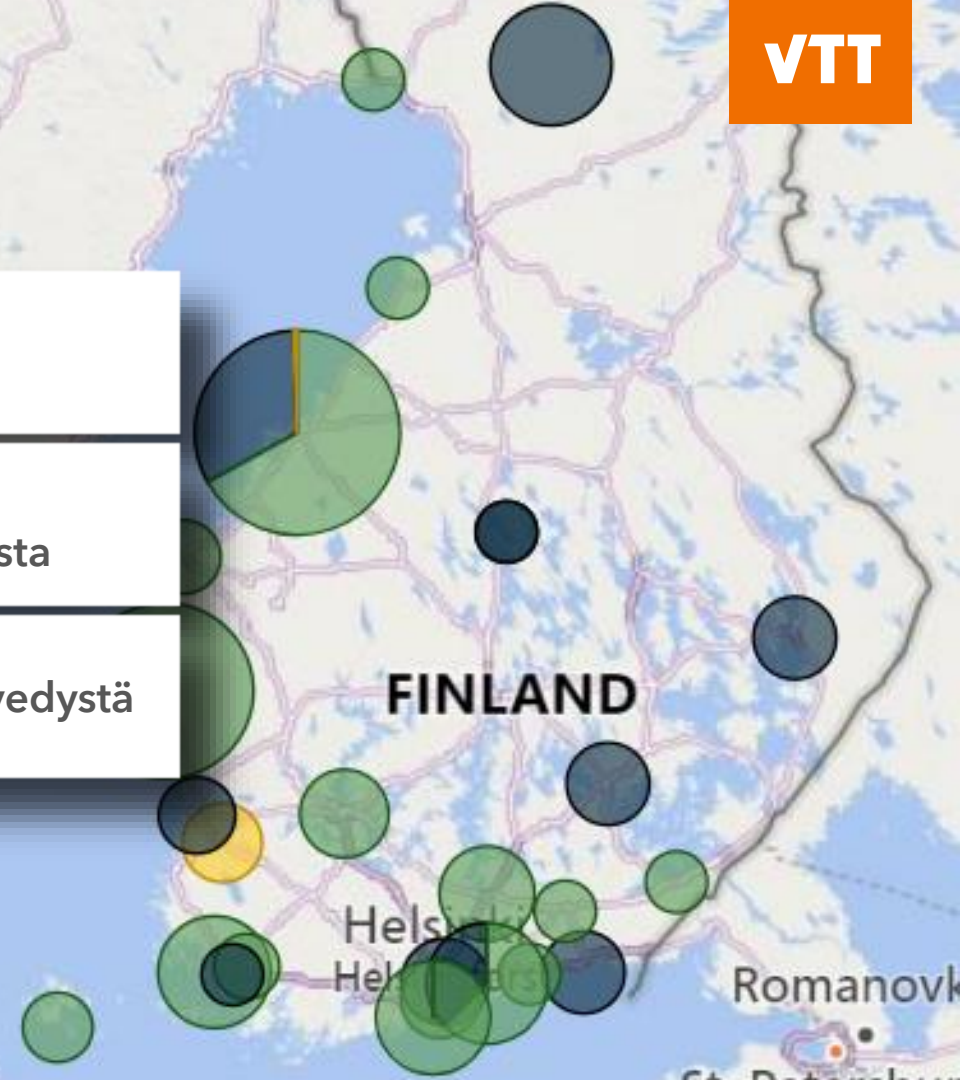
# Tausta

VTT

Kymmeniä puhtaan vedyn projekteja

Alustavat liityntäkyselyt vetyverkkoon:  
>80TWh/a tuotantoa ja >20 TWh/a kulutusta

Tavoite: Suomi tuottaa 10% EU:n puhtaasta vedystä



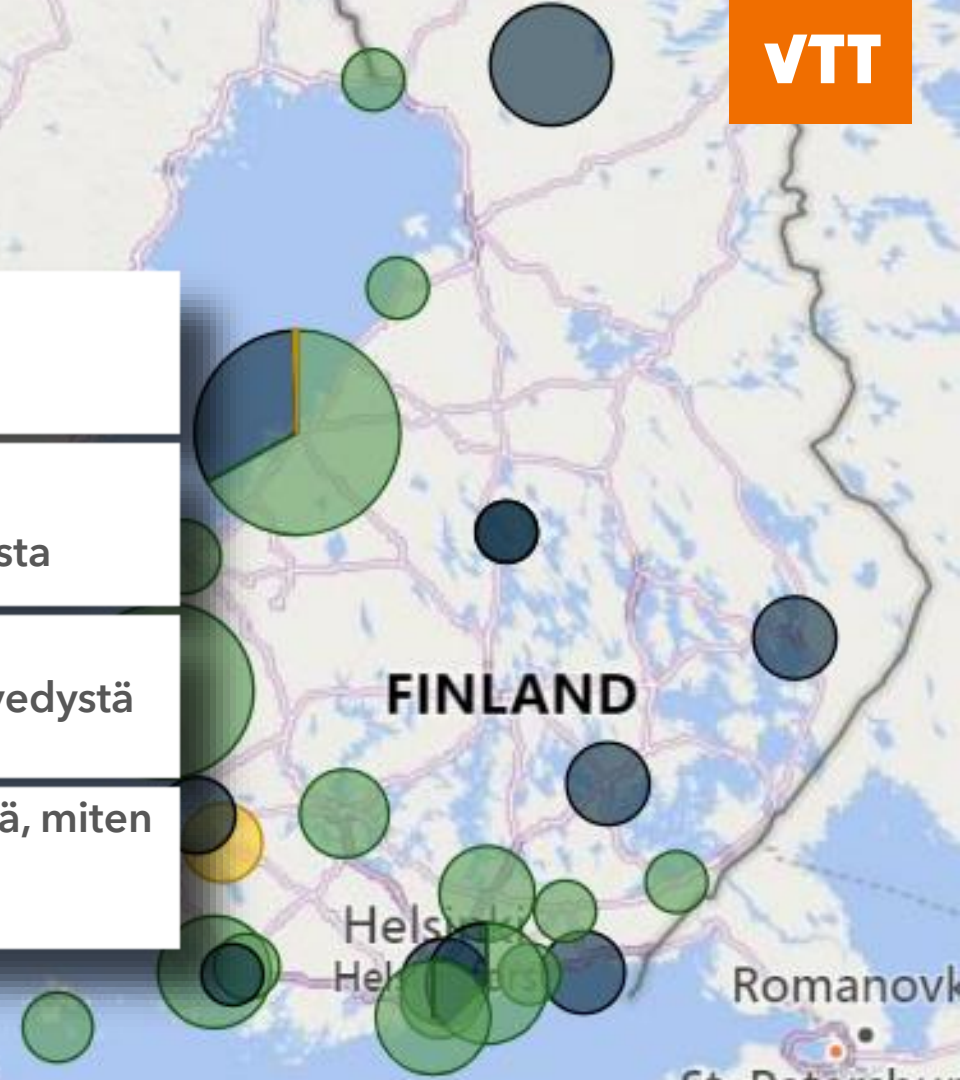
# Tausta

Kymmeniä puhtaan vedyn projekteja

Alustavat liityntäkyselyt vetyverkkoon:  
>80TWh/a tuotantoa ja >20 TWh/a kulutusta

Tavoite: Suomi tuottaa 10% EU:n puhtaasta vedystä

Tarvitsemme päätöksenteon tueksi tietoa siitä, miten voimme varmistaa Suomen vihreän H2-ekosysteemin tavoitteiden toteutumisen



# Tausta

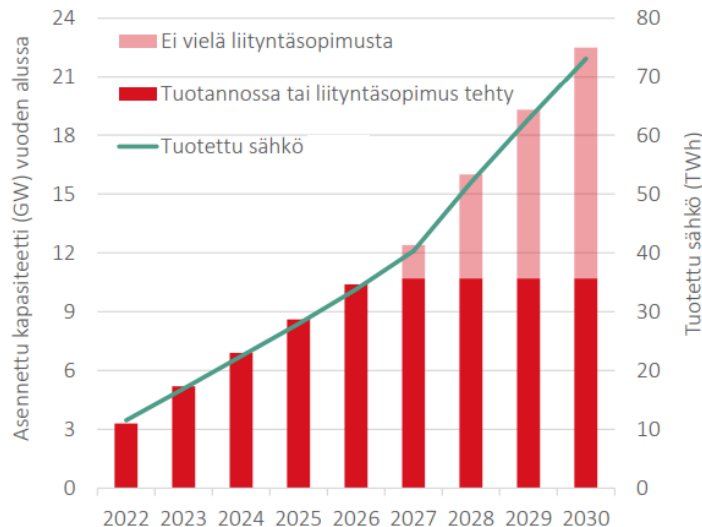
Kymmeniä puhtaan vedyn projekteja

Alustavat liityntäkyselyt vetyverkkoon:  
>80TWh/a tuotantoa ja >20 TWh/a kulutusta

Tavoite: Suomi tuottaa 10% EU:n puhtaasta vedystä

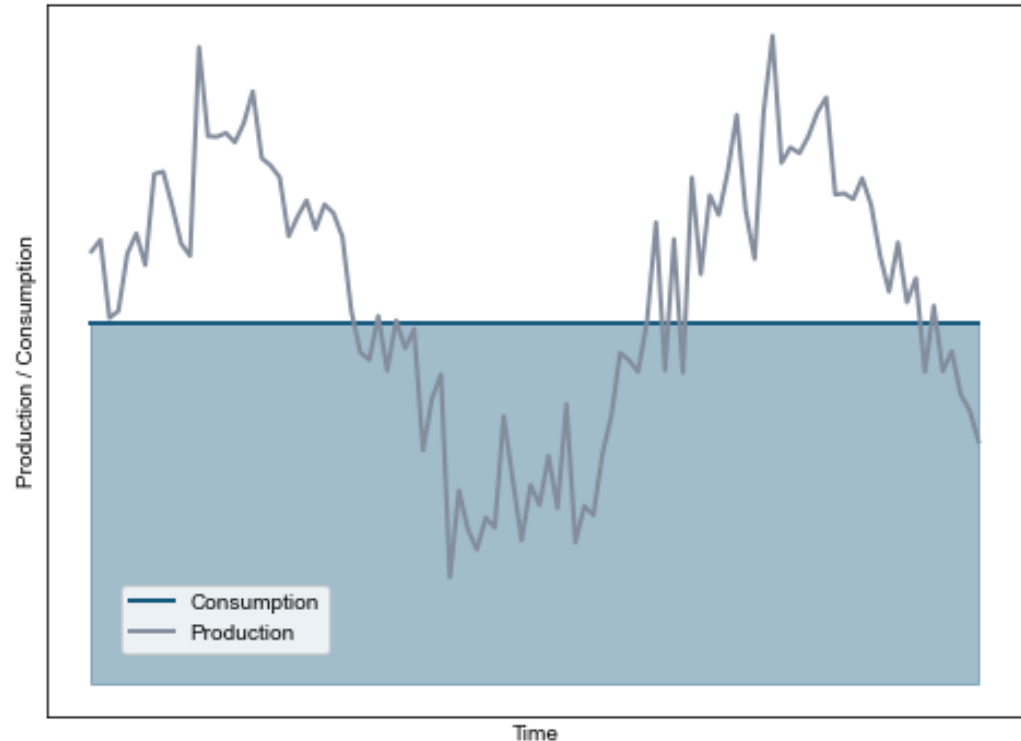
Tarvitsemme päätöksenteon tueksi tietoa siitä, miten voimme varmistaa Suomen vihreän H2-ekosysteemin tavoitteiden toteutumisen

Tuulivoiman kehitys (Fingridin ennuste Q3/23)



# Haaste

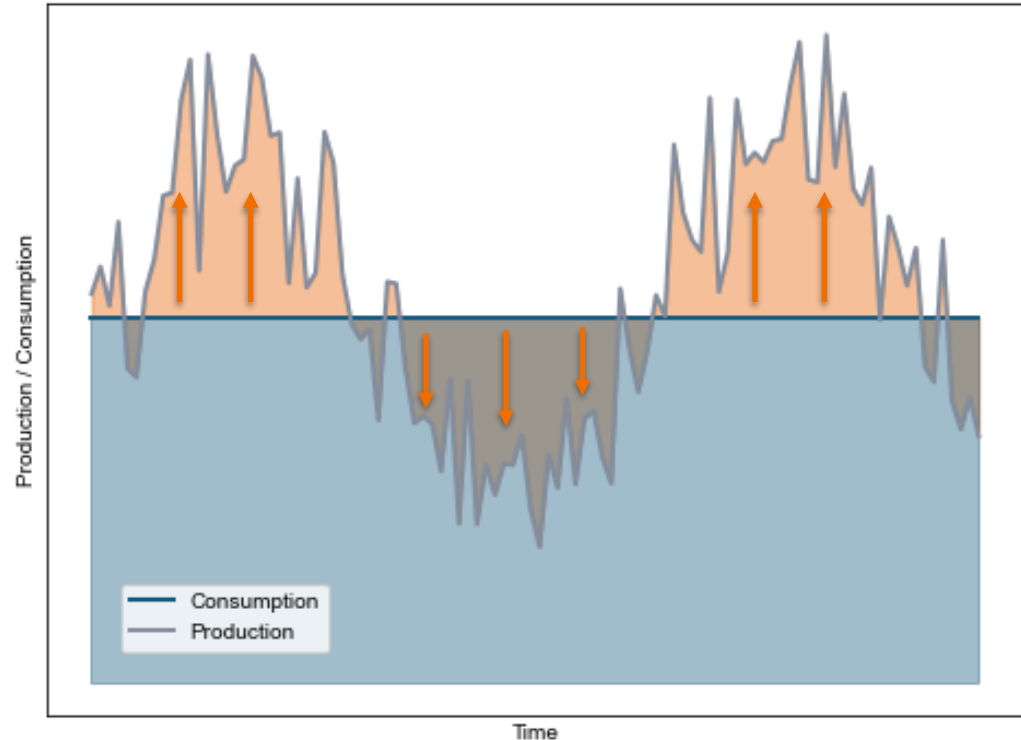
- Vaihtelevan uusiutuvan energian tuotannon ja vedynkulutuksen erilaiset profiilit
- Tavanomaisia vedyn käyttökohteita: öljynjalostus (vetykrakkaus ja -käsittely), ammoniakkin valmistus
- Nousevia käyttökohteita: rautamalmin suorapelkistys, synteettiset polttoaineet
- Prosessit usein termokemiallisia - rajallinen kyky operoida dynaamisesti



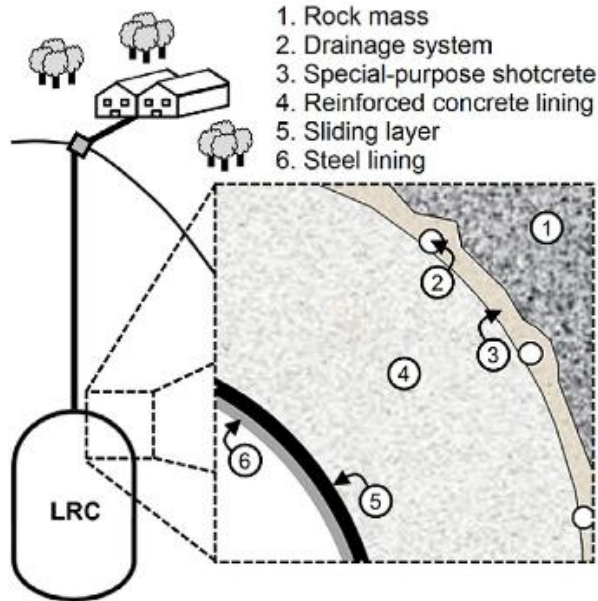


# Ratkaisu

- ✓ Vetyvaraston avulla vedyn tuotanto ja kulutus voidaan kytkeä irti toisistaan
- ✓ Uusiutuvan energian täysimääräinen hyödyntäminen
- ✓ Matalampi vedyn tuotantokustannus
- ✓ Toimitusvarmuus



# Lined rock cavern (LRC)



Kuva: [Damasceno et al., 2023](#)

- Kehitetty Ruotsissa: Skallen 40 000 m<sup>3</sup> maakaasuvarasto käytössä alk. 2002
- HYBRIT-pilotti (100 m<sup>3</sup>), Luulaja: 1. pilotti LRC:n soveltuvuudesta vedyn varastointiin, 2022 - 2024
- Vaatii homogeenisen ja stabiilin kivimateriaalin
- Paine noin 20 - 250 bar, riippuu kallioperän laadusta ja varaston syvyydestä
- Täyttö - tyhjennyssyklejä >10/a
- Yksittäisen onkalon tilavuus 120 000 m<sup>3</sup> asti ([Kruck et al., 2013](#))

# Hydrogen Underground (HUG)

**BUSINESS FINLAND**

**DUAL HELIX OF DECARBONIZATION**



BEYOND CIRCULARITY,  
VETURI ECOSYSTEM

NOVEL SUSTAINABLE & SCALABLE  
SOLUTIONS, VETURI ECOSYSTEM



**Green H2 value chain**

Production

Supply



Storage lifecycle



Distribution

P2X  
Applications



Commissioning +  
Start-up



Excavation +  
Construction



Design &  
Engineering

Feasibility study



Energiateollisuus

New partner candidate:



OULU



BUSINESSOULU

SWECO



# Tavoite

- **Luoda perusta laajamittaiselle maanalaiselle vedyn varastointikonseptille Suomen vetyalan liiketoiminta- ja teknologiaekosysteemissä**
  - Rakennetaan kilpailuetu kansainväliselle liiketoiminnalle → teknologia ja palvelut
  - Suuret vetyvarastot varmistavat vankan fossiilivapaan energiahuollon ja saumattoman ekosysteemin toiminnan

## Tavoite

- Luoda perusta laajamittaiselle maanalaiselle vedyn varastointikonseptille Suomen vetyalan liiketoiminta- ja teknologiaekosysteemissä
- Rakennetaan kilpailuetu kansainväliselle liiketoiminnalle → teknologia ja palvelut
- Suuret vetyvarastot varmistavat vankan fossiilivapaan energiahuollon ja saumattoman ekosysteemin toiminnan

## Tulos

- Esitetään 1-3 teknistaloudellisesta tapaustarkastelua suurten (>100 tH<sub>2</sub>) vetyvarastojen rakentamiseksi Suomessa - enintään 3 tapausta esiarviointitasolla ja 1 konkreettisemmalla tasolla
  - Teknistaloudellinen arviointi, arvoketjun yritysten roolit sekä liiketoimintamalli varastointia ja jakelua varten
  - Kehittämisen etenemissuunnitelma yhdessä ekosysteemin kanssa
- IP-maisema ja konkreettisen LRC-varaston konseptisuunnittelu
- Turvallisuusjohtamisen suuntaviivat suurten maanalaisten vetyvarastojen lupamenettelyjä varten

# 1

## Suunnittelu, rakentaminen ja omistus

- Rakennuskriisit, suhdannevaihtelut
- Mitä ovat kriittiset ekosysteimirajat?
  - Maantieteelliset rajat, vetyarvoketjun rajat
- Mitkä ovat kriittiset liiketoimintamallien rajat?
  - Toimijoiden roolit, haasteet ja riskit, ajurit ja mahdollistajat sekä tulevan liiketoiminnan aikataulut

# 1

## Suunnittelu, rakentaminen ja omistus

- Rakennuskriisit, suhdannevaihtelut
- Mitä ovat kriittiset ekosysteemirajat?
  - Maantieteelliset rajat, vetyarvoketjun rajat
- Mitkä ovat kriittiset liiketoimintamallien rajat?
  - Toimijoiden roolit, haasteet ja riskit, ajurit ja mahdollistajat sekä tulevan liiketoiminnan aikataulut

# 2

## Teknitaloudelliset haasteet

- Sekä rakentamisessa että käytössä
- Operointi: useita vedyn toimittajia ja kuluttajia - miten kysynnän ja tarjonnan jatkuvaa vaihtelua hallitaan?



## 1

**Suunnittelu,  
rakentaminen ja omistus**

- **Rakennuskriisit, suhdannevaihtelut**
- **Mitä ovat kriittiset ekosysteimirajat?**
  - Maantieteelliset rajat, vetyarvoketjun rajat
- **Mitkä ovat kriittiset liiketoimintamallien rajat?**
  - Toimijoiden roolit, haasteet ja riskit, ajurit ja mahdollistajat sekä tulevan liiketoiminnan aikataulut

## 2

**Teknitaloudelliset  
haasteet**

- **Sekä rakentamisessa että käytössä**
- **Operointi: useita vedyn toimittajia ja kuluttajia - miten kysynnän ja tarjonnan jatkuvaa vaihtelua hallitaan?**

## 3

**Aikataulu**

- **Mikä on tämäntyyppisen varastoinnin läpimenoaika?**
- **Millä perusteella edetään; esim. julkisen ja yksityisen sektorin kumppanuus vai täysin markkinalähtöinen malli, sääntelyn rooli?**

## 1

**Suunnittelu,  
rakentaminen ja omistus**

- Rakennuskriisit, suhdannevaihtelut
- Mitä ovat kriittiset ekosysteimirajat?
  - Maantieteelliset rajat, vetyarvoketjun rajat
- Mitkä ovat kriittiset liiketoimintamallien rajat?
  - Toimijoiden roolit, haasteet ja riskit, ajurit ja mahdollistajat sekä tulevan liiketoiminnan aikataulut

## 2

**Teknitaloudelliset  
haasteet**

- Sekä rakentamisessa että käytössä
- Operointi: useita vedyn toimittajia ja kuluttajia - miten kysynnän ja tarjonnan jatkuvaa vaihtelua hallitaan?

## 3

**Aikataulu**

- Mikä on tämän tyyppisen varastoinnin läpimenoaika?
- Millä perusteella edetään; esim. julkisen ja yksityisen sektorin kumppanuus vai täysin markkinalähtöinen malli, sääntelyn rooli?

## 4

**Vedyn ominaisuudet**

- Rakenteet, riskit, toimintamallit, turvallisuuskriittisen järjestelmän lähestymistapa

## JustH2Transit

- Oulun yliopiston johtama ja Suomen Akatemian rahoittama hanke, jossa tarkastellaan vetysiirtymän teknis-taloudellis-sosiaalisia aspekteja. 2023-2026.

## Towards fossil-free steel 1 & 2 (FFS 1 & 2)

- SSAB:n johtama hanke, tavoitteena mahdollistaa fossiilivapaa teräksenvalmistus kehittämällä sähkö- ja vetyteknologiaa.
- BF co-innovation -hanke. VTT ja Fortum johtaneet vedyn tutkimus- ja kehitystyötä, sisältää LRC:n tutkimista. 2021-2025.

## BalticSeaH2

- Suomalais-virolainen vetylaaksohanke, Helen ja VTT keskeisiä kumppaneita, Neste neuvoa-antavana jäsenenä.
- EU-hanke 2023-2028. Hankkeen kokonaisvolyyymi 33 M€.

## A green hydrogen geostorage battery in Taranaki, New Zealand

- GTK osallistuu hankkeeseen, jossa tutkitaan vedyntuotannon varastoinnin teknis-taloudellis-sosiaalisia näkökohtia uusiutuvien energialähteiden kausivaihteluiden tasoittamiseksi. 2022-2027.

# bey<sup>0</sup>nd

## the obvious

Tiia Kanto  
tiia.kanto@vtt.fi