

Vetyliiketoiminta nyt ja tulevaisuudessa



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

OSAO



Euroopan unionin
osarahoittama

Miksi vedystä puhutaan niin paljon

- ✓ vetyä voi ajatella energian varastona tai kantajana.
- ✓ kun vihreää sähkö esimerkiksi tuulisähköä syntyy yli tarpeen, se varastoidaan elektrolyysin avulla vedyksi, joka otetaan käyttöön, kun vihreää energiaa esimerkiksi tuulivoimaa ei ole saatavilla.
- ✓ varastoitua vetyä voidaan käyttää teollisuuden prosessien lisäksi polttoaineena joko vetymootoreissa tai vedystä sähköä tuottavissa polttokennoissa. Vetyautoja on tuotu jo markkinoille, ja Airbus tähtää kaupallisiin vetylentoihin vuonna 2035.
- ✓ varastoidusta vedystä voidaan myös tehdä sähköä verkkoon esimerkiksi kaasuturbiineilla tai Wärtsilän nopeaan verkon säätöön kykenevillä moottoreilla.
- ✓ vedyn varastoinnissa ja kuljetuksessa on kuitenkin haasteensa.



Miksi vedystä puhutaan niin paljon

- Halutaan varmistaa energian saatavuus tulevaisuudessa
- Kyetään tasaamaan energian kulutuksen ja tuotannon välistä eroavaisuutta tehokkaasti
- Energian käyttömäärien kasvaessa energiatarpeen tyydyttäminen ilmastoja suojellen
- Vaikka vety on yleisin ilmakehässä oleva alkuaine, sitä ei voi sellaisenaan hyödyntää – hyödynnettävä vety pitää valmistaa
 - vety ei ole ilmakehässä yksin vaan sitoutuneena muihin aineisiin: fossiilisiin polttoaineisiin, veteen ja kasvien biomassaan, joista vety tulee irrottaa



Miksi vety on niin tärkeä osa tulevaisuuden energiajärjestelmää

- Vety on tärkeä osa kemiaa ja taloutta
 - muovien, teräksen, lannoitteiden ja polttoaineiden tuotanto perustuu hiilelle ja vedylle
- Puhtaan vedyn käyttö vähentää päästöjä
 - vähähiilisellä tai uusiutuvalla sähköllä tuotetun vedyn hyödyntäminen mahdollistaa CO₂-päästöjen merkittävän leikkaamisen
- Vety mahdollistaa uusiutuvalla energialla tuotetun sähkön varastoinnin
 - uusiutuvaa energiaa voidaan varastoida vedyn tai siitä tehtyjen kemikaalien esim. ammoniakki muodossa



Miksi juuri vety

1. vety on puhdas polttoaine:

- vety on puhdas polttoaine, koska sen palamisesta ei synny hiilidioksidipäästöjä. Ainoastaan vettä ja hapetta vapautuu. Tämä tekee vedystä houkuttelevan vaihtoehdon ilmastonmuutoksen torjunnassa.

2. vedyllä on korkea energiatiheys:

- vety sisältää energiaa kolme kertaa enemmän painoyksikköä kohden kuin fossiiliset polttoaineet. Tämä tekee vedystä tehokkaan energialähteen.

3. vedyn varastointiin ja kuljetukseen on tekniikoita:

- vetyä voidaan varastoida ja kuljettaa eri muodoissa, kuten kaasuna tai nesteinä. Tämä mahdollistaa energian varastoinnin ja joustavuuden energiajärjestelmissä.

4. vety sopii uusiutuvan energian tuotannon kokonaisuuteen:

- vetyä voidaan tuottaa uusiutuvalla energialla, kuten aurinko- tai tuulivoimalla, elektrolyysin avulla. Tämä mahdollistaa uusiutuvan energian varastoimisen vedyksi, jota voidaan käyttää tarpeen mukaan.

5. vetyä käytetään teollisuudessa ja liikenteessä:

- vetyä voidaan käyttää monissa teollisuuden sovelluksissa, ammoniakkin valmistuksessa, metanolin valmistuksessa, teräksen valmistuksessa
- ruokateollisuudessa proteiinien valmistuksessa
- polttokennojen avulla vety ja happi yhdistyvät tuottamaan sähköä, lämpöä ja vettä.
- vety voi korvata maakaasua ja muita fossiilisia polttoaineita.

vaikka vedyn tuotanto ja varastointi ovat haasteellisia, sen potentiaali puhtaana energialähteenä on valtava.



Vihreä vetytalous

A. Uusiutuvan sähkön tuotanto ja myynti

Uusiutuvan vedyn valmistamiseen tarvitaan päästötöntä sähköä. Yhden vetykilon valmistaminen tarvitsee noin 50 kWh sähköä.

B. Vedyn valmistus ja myynti

Uusiutuva vety valmistetaan sähkön avulla vedestä elektrolyysissä. Valmistusprosessissa syntyy myös paljon happea ja ylijäämälämpöä.

C. Vedyn jatkojalostus

Vedyn avulla voidaan valmistaa useita erilaisia jatkojalosteita, kuten polttoaineita, kemikaaleja tai jopa terästä.

D. Vedyn kuljetus ja varastointi

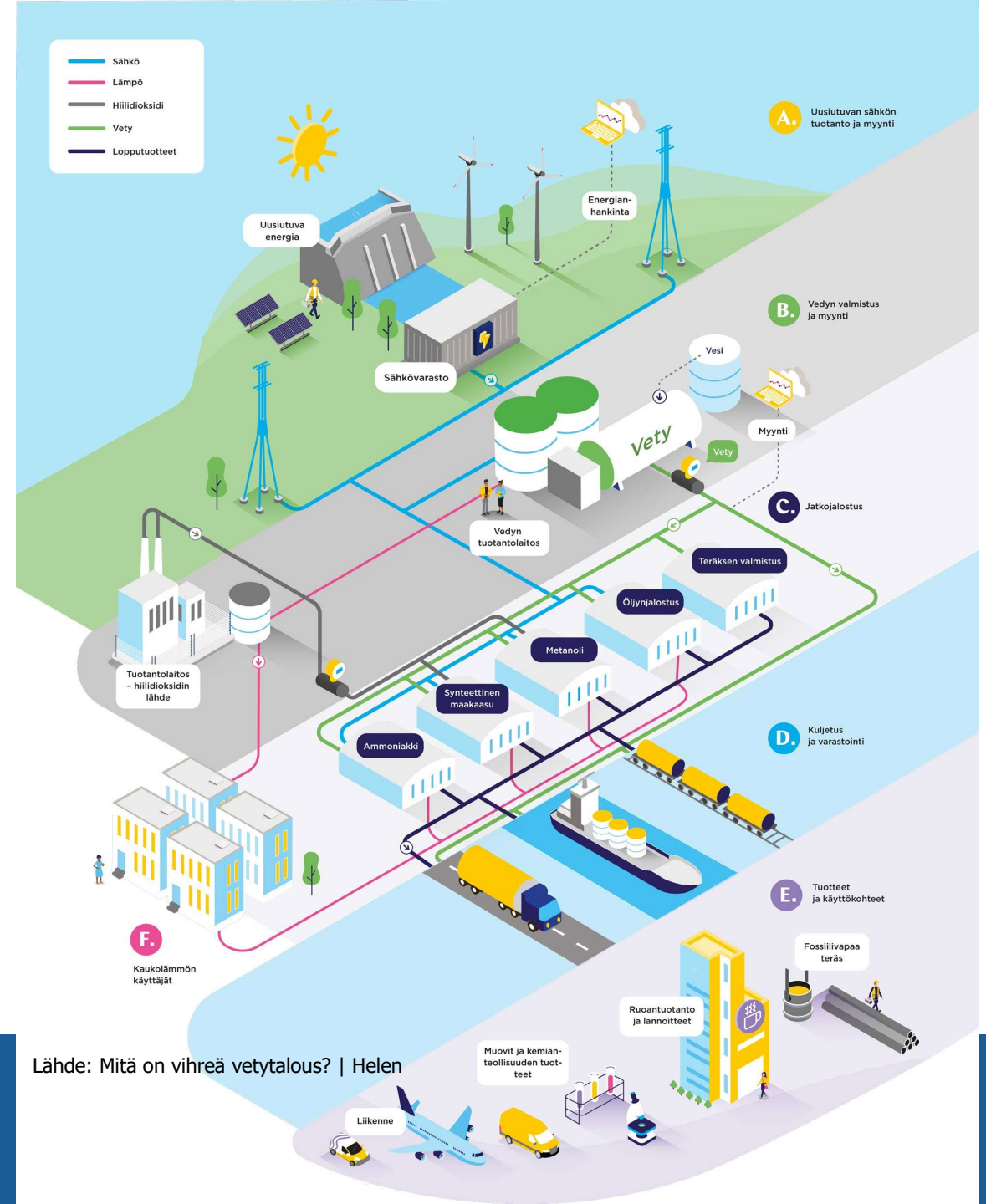
Vedyn varastointi on haasteellista, jonka vuoksi vetyä on usein helpompaa varastoida jatkojalostettuna. Vetyä voidaan kuljettaa mm. putkilinjoissa tai painesäiliöissä rekoilla tai laivalla.

E. Tuotteet ja vedyn käyttökohteet

Vetyä voidaan käyttää sellaisenaan liikenteen polttoaineena, teollisuuden prosesseissa tai jopa ruuan valmistuksessa. Vedyn avulla voidaan myös valmistaa tuotteita, kuten terästä tai muoveja.

F. Vedyntuotannossa syntyneen lämmön hyödyntäminen

Vedyntuotannosta ja jatkojalostuksesta syntyvää ylijäämälämpöä voidaan hyödyntää kaukolämpöverkossa asuntojen ja käyttöveden lämmityksessä.



Lähde: Mitä on vihreä vetytalous? | Helen



Euroopan unionin
osarahoittama

Mitä Vetytalous vaatii?

Varastointijärjestelmät

Vedyn varastointi on kriittinen osa vetylaaksoa, ja siihen käytetään erilaisia teknologioita, kuten paineistettuja säiliöitä ja nesteytettyä vetyä.

2

1

Vedyn tuotantolaitokset

Näissä laitoksissa tuotetaan vetyä esimerkiksi elektrolyysin avulla, jossa vesi hajotetaan vedyn ja hapeksi uusiutuvan energian avulla.

3

Jakeluverkostot

Vetylaaksoissa on laajat jakeluverkostot, jotka mahdollistavat vedyn kuljetuksen tuotantopaikoista käyttöpaikoille, kuten teollisuuslaitoksiin ja liikenneasemille.

4

Käyttökohteet

Vetyä käytetään monilla eri aloilla, kuten teollisuudessa, liikenteessä ja energiantuotannossa. Esimerkiksi vetykäyttöiset polttokennot voivat tuottaa sähköä ja lämpöä.

Kaupungit, kunnat ja aluekehitysyhtiöt toimivat vetytalouden promoottoreina tukemalla vetylaaksojen syntyä paikallisesti.



Euroopan unionin
osarahoittama

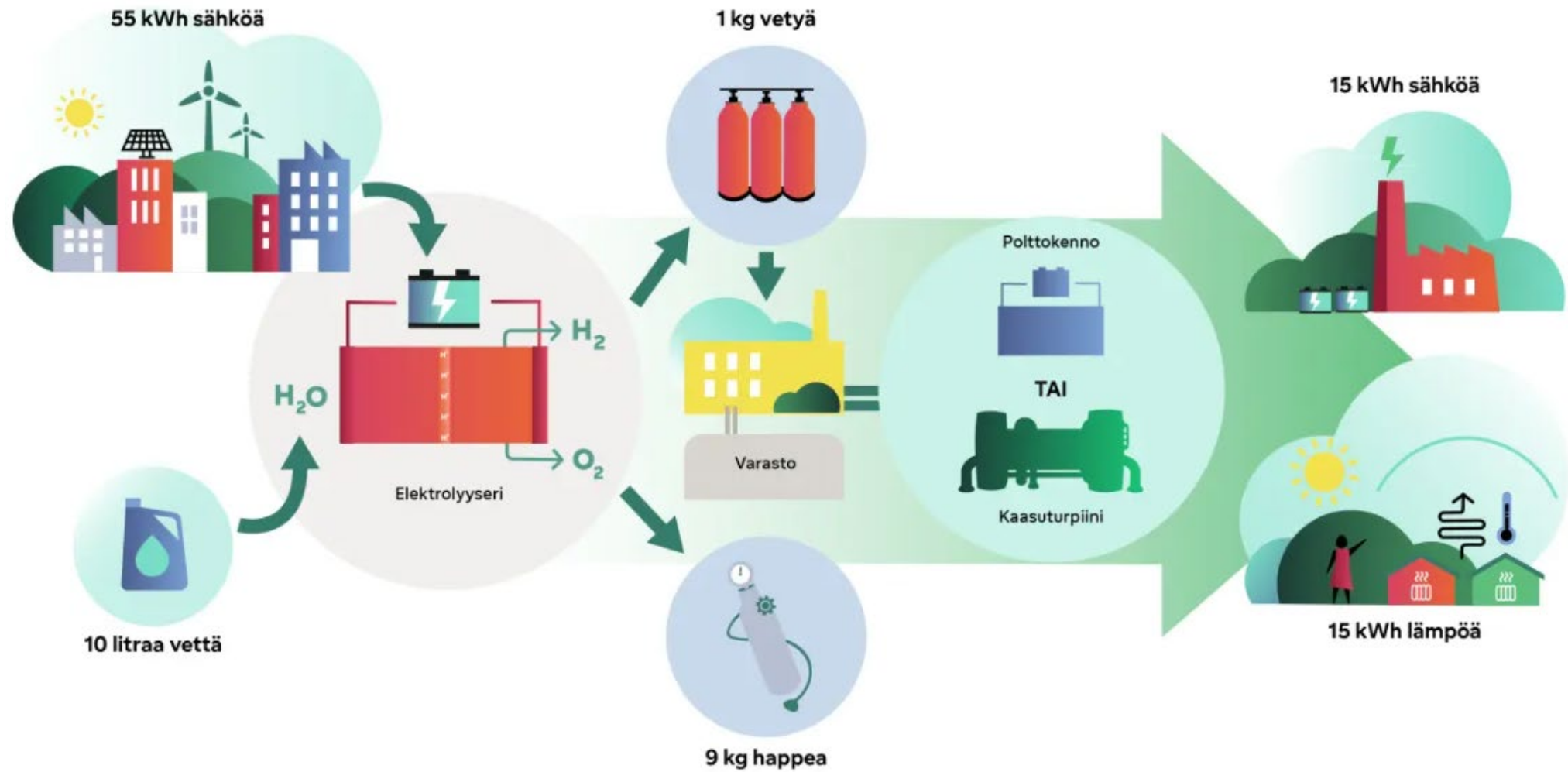
Varastoitava sähkö

Vedyn tuotanto

Vedyn varastointi
ja siirto

Sähkön ja
lämmön tuotanto

Sähkö & lämpö



Euroopan unionin
osarahoittama

Lähde: [Vetytalous tulee – ennemmin tai myöhemmin](#) | Fortum

**EU tavoittelee 20 miljoonaa
tonnia puhtaan vedyn käyttöä
vuoteen 2030 mennessä...**

**... ja Suomi tavoittelee
Euroopan johtavaa asemaa
vetytaloudessa**



**Euroopan unionin
osarahoittama**

EUn ohjaus vetyliiketoiminnassa

- Euroopasta ensimmäinen maanosa, josta tulee hiilineutraali
 - EU on luonut Euroopan vihreän kehityksen ohjelman (Green Deal) edistämään tätä tavoitetta.
 - EU-taksonomia on osa Euroopan komission kestäväen kasvun rahoittamisen toimintasuunnitelmaa ja sen tavoitteena on ohjata yksityistä rahaa kestävämpiin kohteisiin
 - EUn ohjauksella/taksonomialla edistetään kestävämpää liiketoimintaa/ympäristötavoitteiden saavuttamista ja vihreää siirtymää.
- EU on laatinut ns uutuuden vaateen tuuli- ja aurinkosähkökapasiteetille
 - pelkona on, että uusiutuvaa sähköä, joka muutoin syötettäisiin verkkoon käytettäisiin vihreän vedyn tuotantoon
 - uutuuden vaateessa jo aiemmin käytössä ollutta kapasiteettia ei saa hyödyntää vihreän vedyn valmistuksessa
 - tarvitaan lisää fossiilisia energialähteitä korvaamaan tuuli –ja aurinkosähköratkaisuja, jos näiden tuotanto menee vihreän vedyn valmistukseen.



Mihin tavoite Suomen johtavasta asemasta perustuu



Euroopan unionin
osarahoittama

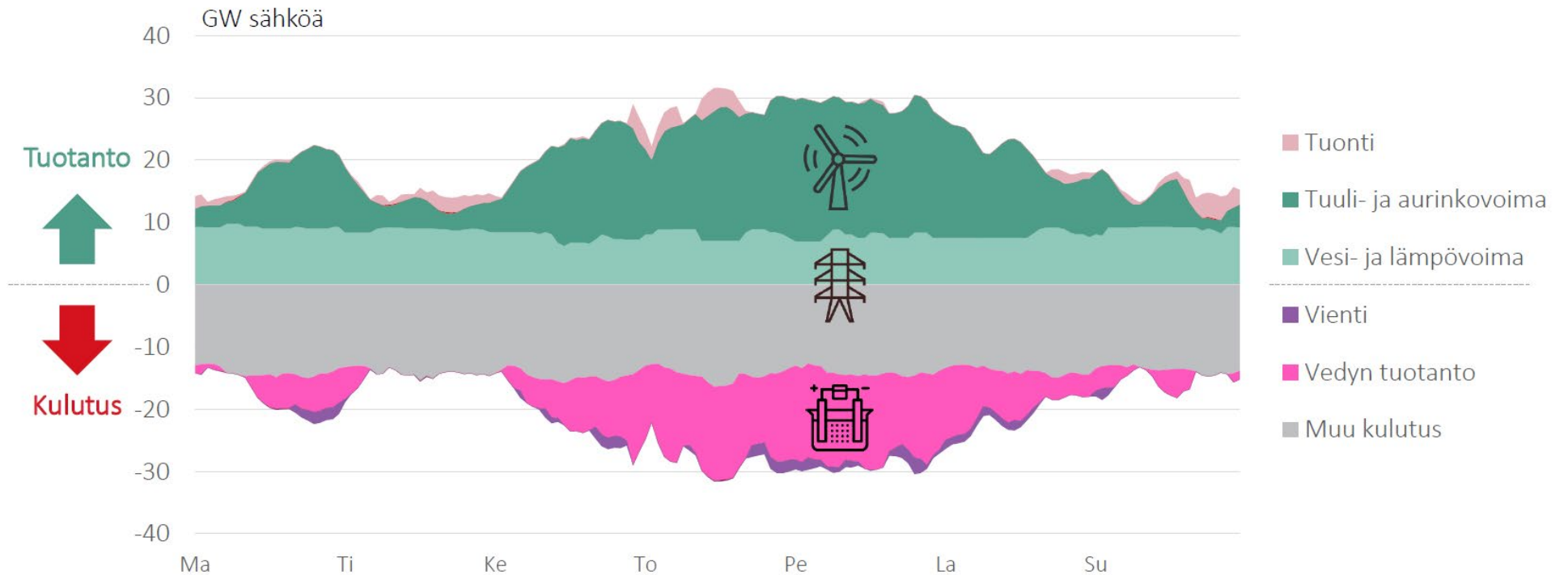
Mihin tavoite Suomen johtavasta asemasta perustuu

1. Tuulivoimasta tulee Suomen keskeisin sähkön tuotantomuoto
 - Tuulivoiman hyödyntäminen suuressa mittakaavassa edellyttää joustavuutta sähkön tuotannon hyödyntämisessä
2. Vedyn tuotannosta tulee suurin sähkön käyttökohde
3. Vetyvarastot mahdollistavat edullisen uusiutuvan sähkön hyödyntämisen



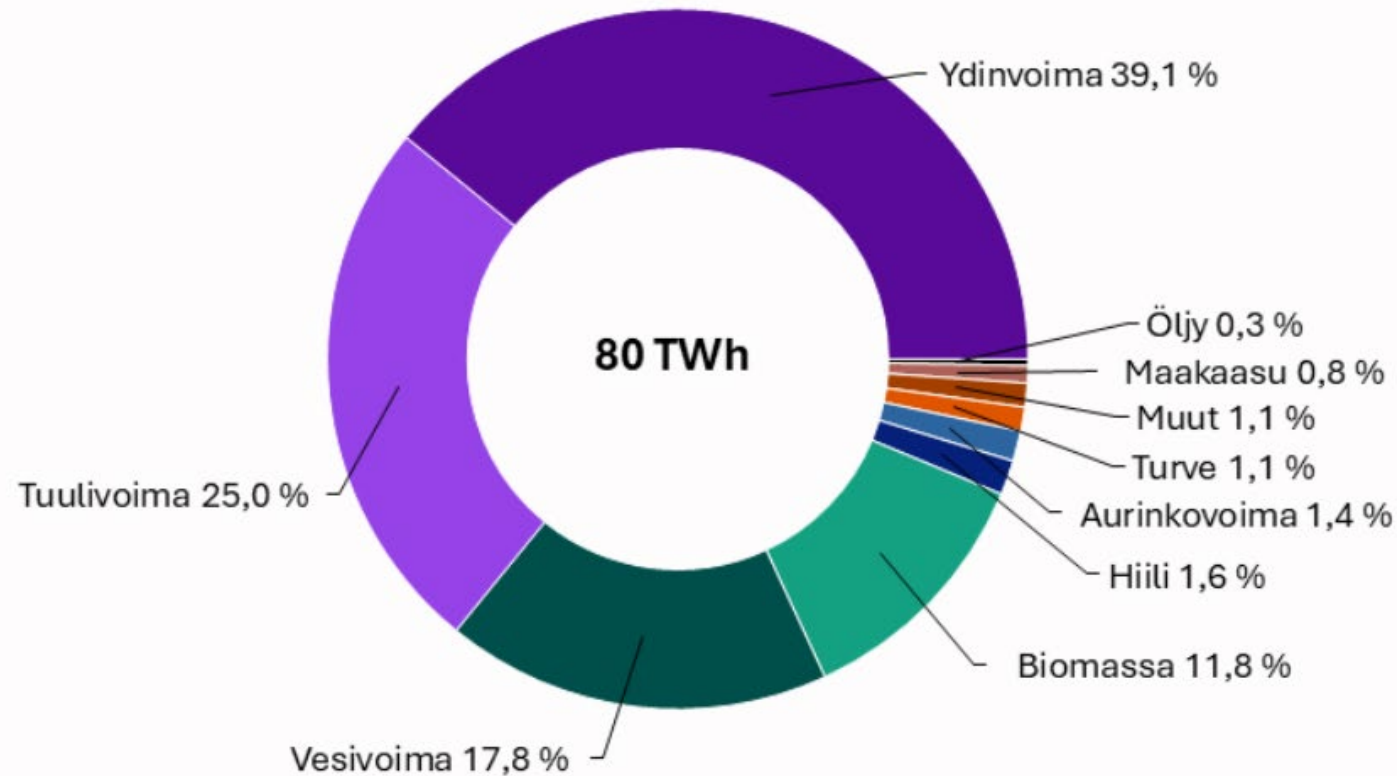
Tuulivoimasta tulee Suomen keskeisin sähkön tuotantomuoto

- Tuulivoiman hyödyntäminen suuressa mittakaavassa edellyttää joustavuutta sähkön tuotannon hyödyntämisessä
- Sähköä tuotetaan vetyä tuulisina ajankohtina, kun sähköä on tarjolla paljon ja se on edullista



Euroopan unionin
osarahoittama

CO₂-neutraalin sähkön osuus vuonna 2024 Suomen sähköntuotannosta jo 95%

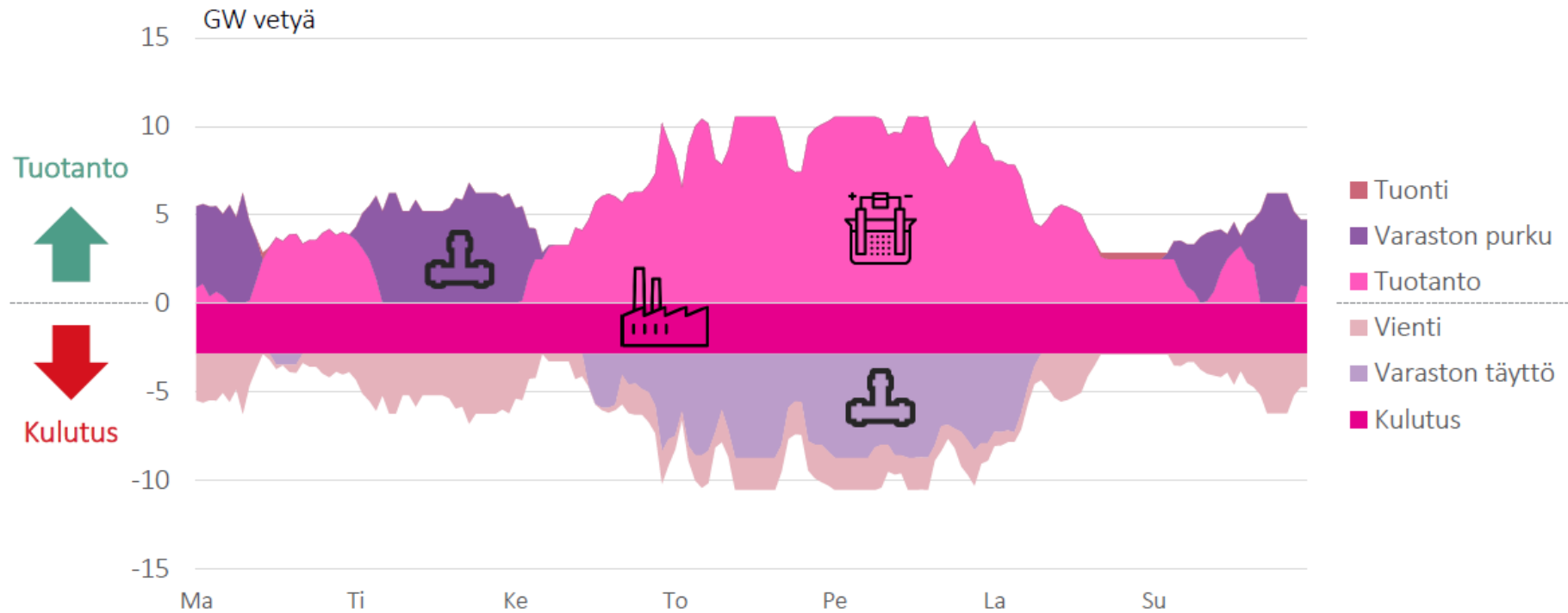


Lähde: Sähköntuotanto - Energiateollisuus



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Vedyn tuotanto joustaa, mutta vedyn siirron ja varastoinnin avulla loppukäyttäjä saa vetyä tasaisesti



FINGRID

GASGRID

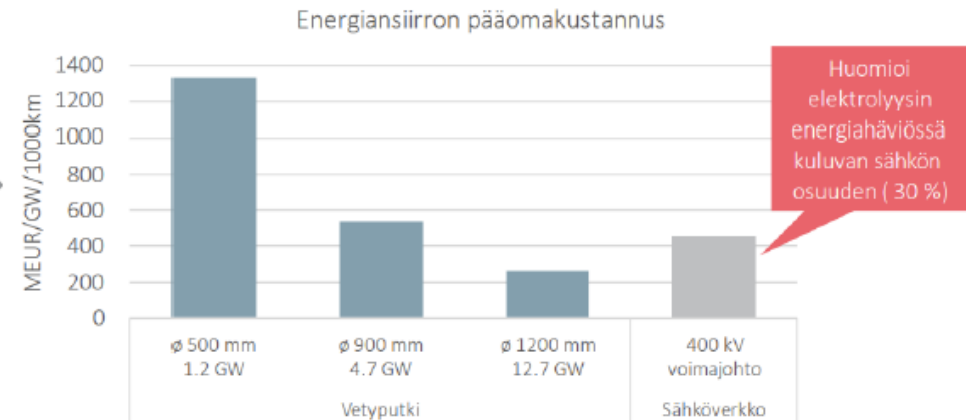
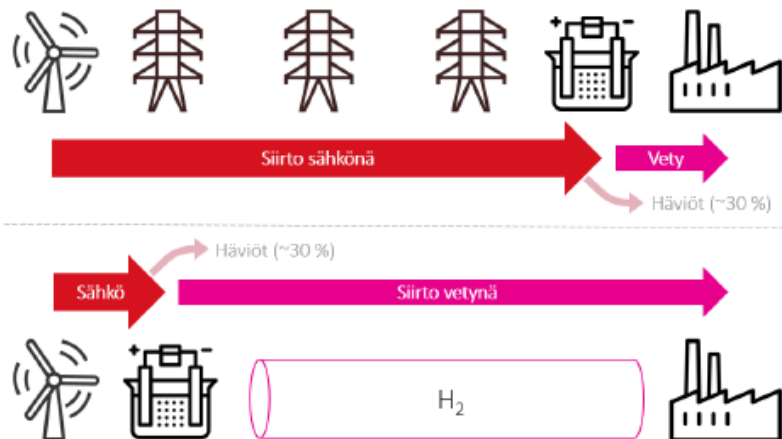


Euroopan unionin
osarahoittama

Vedyn siirto on kustannustehokasta suuria energiamääriä siirrettäessä

Mikäli energian loppukäyttö on vetynä, sähkönä joudutaan siirtämään enemmän energiaa verrattuna vetyyn elektrolyysin energiahäviöistä johtuen...

...ja tällöin suuria energiamääriä siirrettäessä vedyn siirto on kilpailukykyistä sähkön siirtoon verrattuna



*Energiansiirron pääomakustannus vetyputkella ja sähköverkolla
Lähde: EHB (Eurooppalaiset kaasu-TSO:t) ja Fingrid*

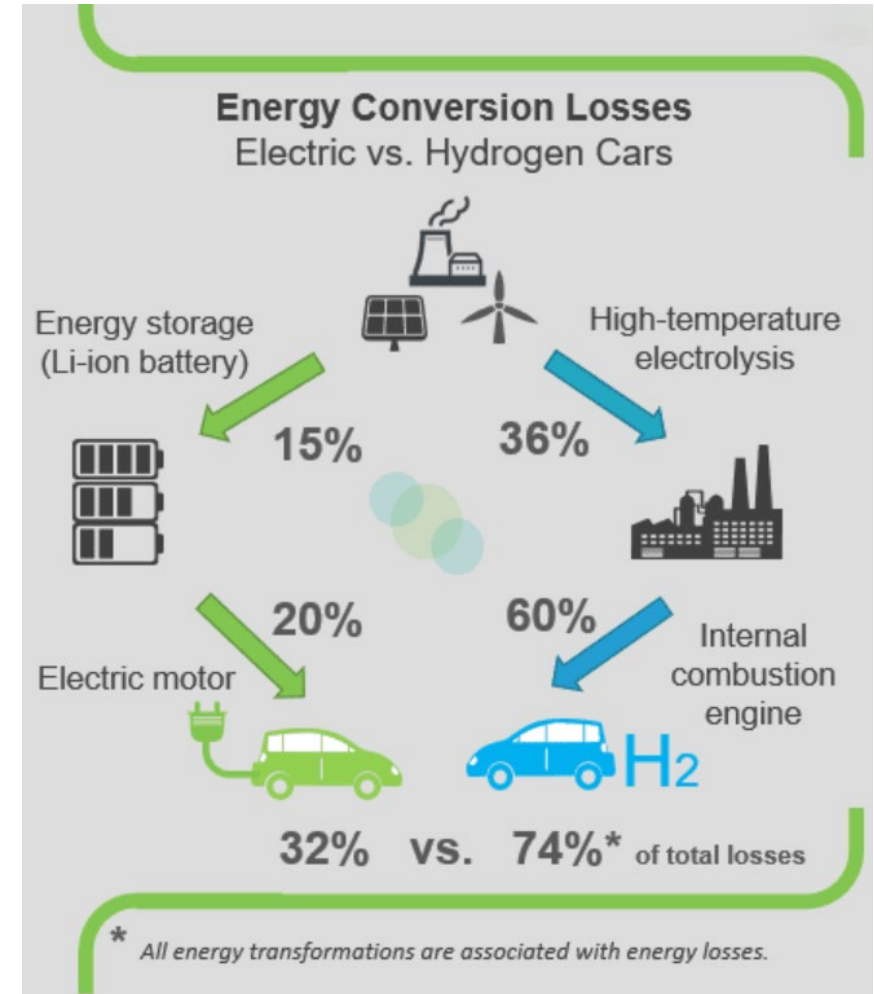
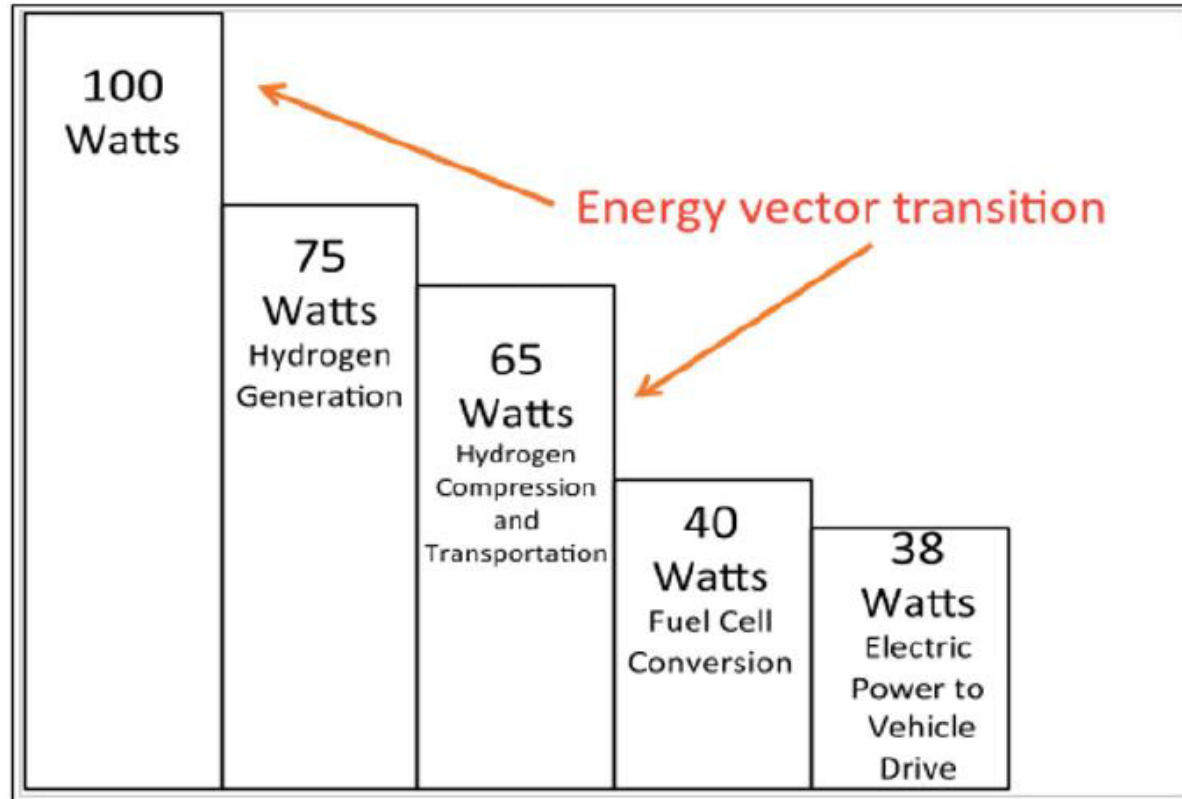
FINGRID

GASGRID



Euroopan unionin
osarahoittama

Mihin vedyn käytön kannattavuus perustuu – energiamuutokset kuluttavat energiaa



Lähde: <https://energypost.eu/energy-conversion-for-hydrogen-cars-is-only-half-that-for-bevs/>

Lähde: Energy conversion and storage efficiency | nuclear-power.com



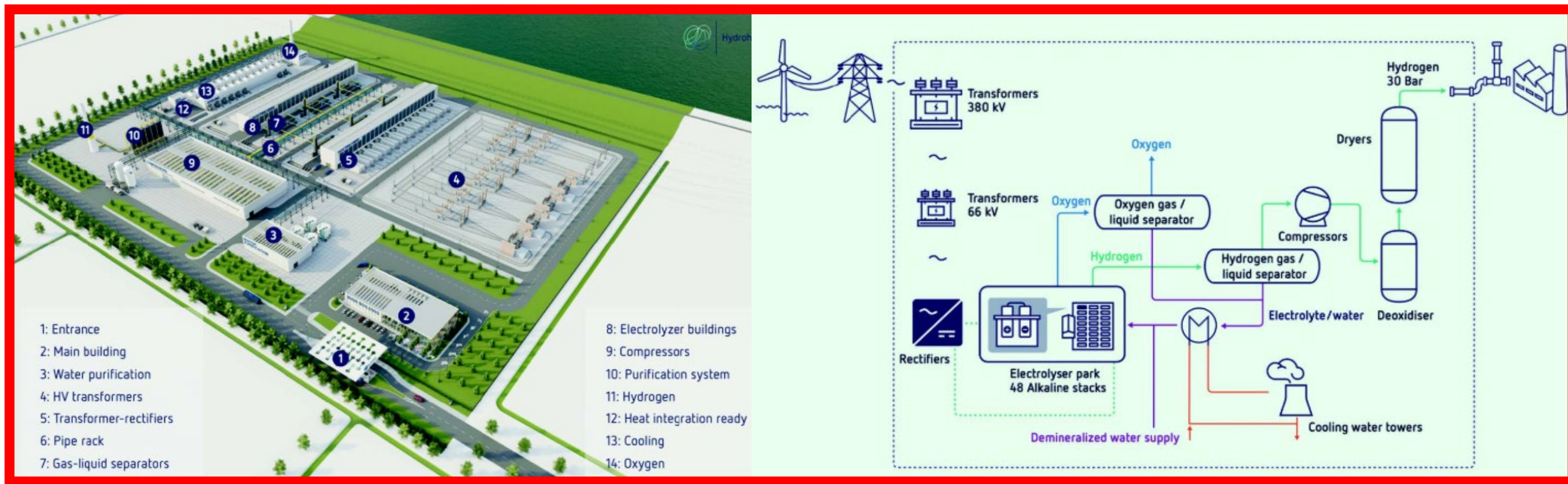
**Euroopan unionin
osarahoittama**

Vedyn tuotannon ja käytön tunnuslukuja



Euroopan unionin
osarahoittama

Alkaleielektrolyysi laitos 1 GW – laitekanta ja layout



Euroopan unionin
osarahoittama

Lähde: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/89c1e382-dc59-46ca-aa47-9f7d41531ab5/GlobalHydrogenReview2024.pdf>

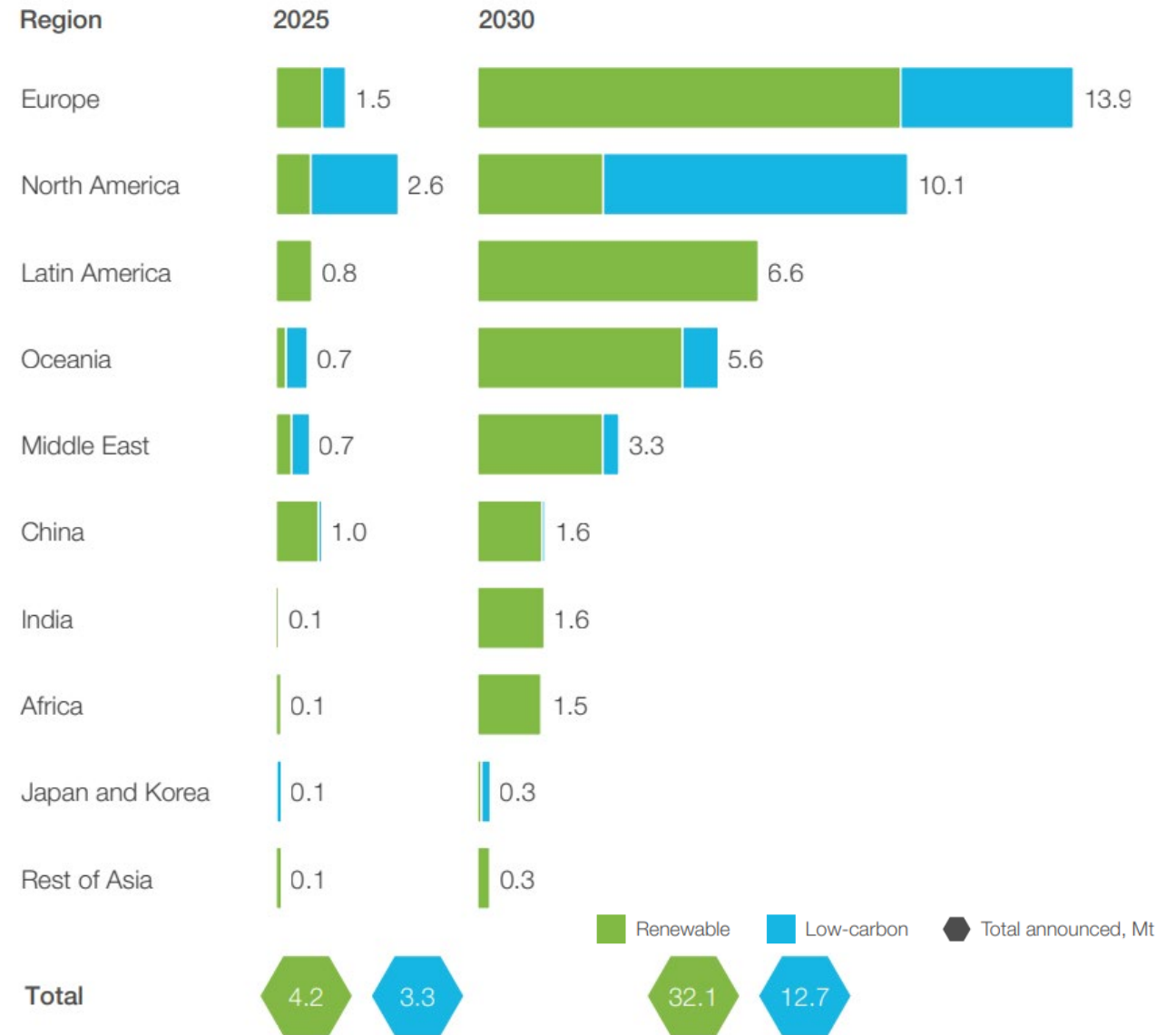
Tarkasteltavat tunnusluvut (Global Hydrogen Review)

1. Millä alueella ovat matalapäästöiset vety projektit
2. Matalapäästöisen vetytuotannon kehitystrendi vuosittain
3. Mihin vetyä tarvitaan ja kuinka paljon



Puhtaan vedyn tuotantomäärä, Mt/a

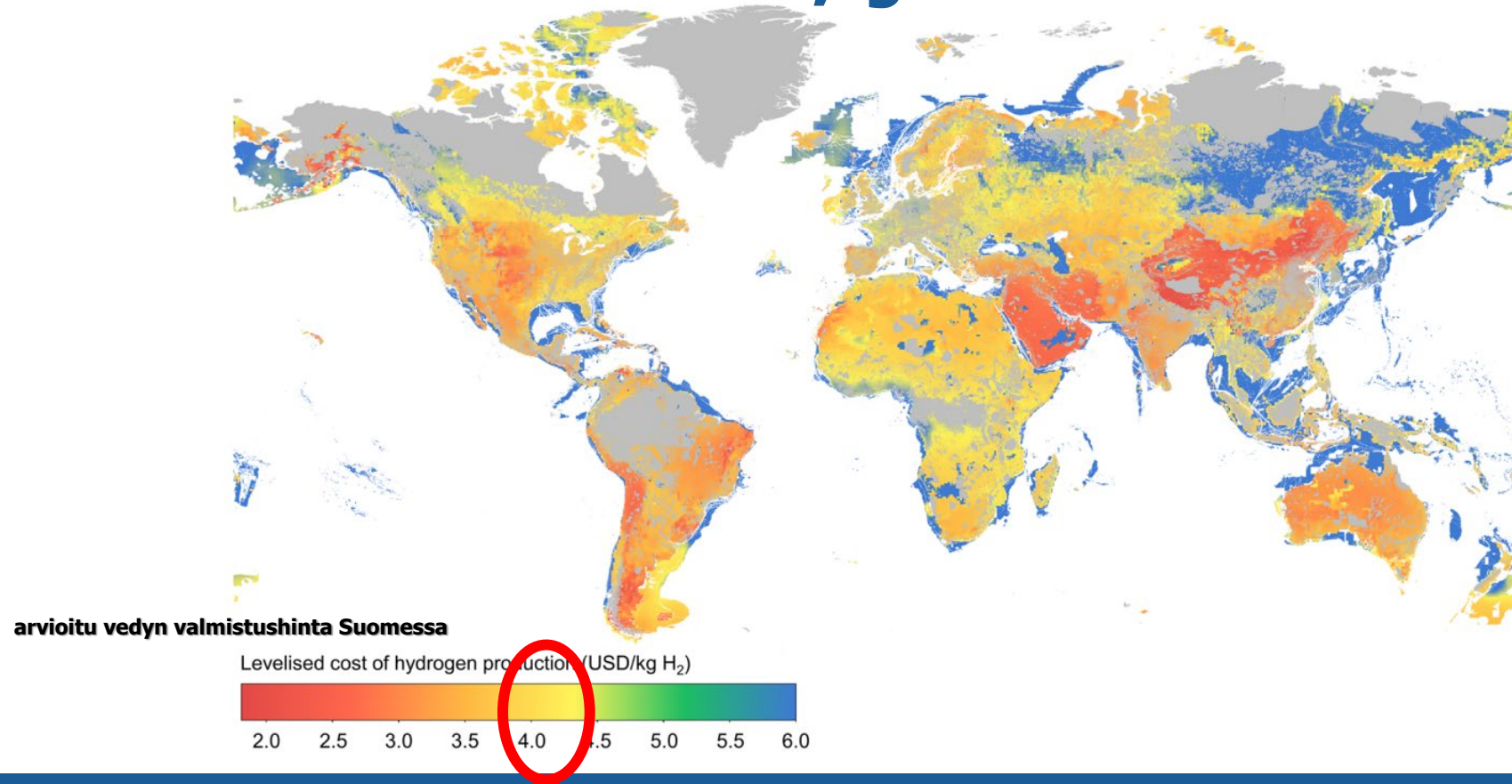
- Euroopan odotetaan olevan suurin vedyn tuottaja vuonna 2030
- Oheisessa kuvassa matalahiilinen vety on tuotettu pääasiassa ydinvoimalla



Euroopan unionin
osarahoittama

Lähde: Hydrogen Insights December 2023

Vedyn tuotantokustannukset (LCOH) hybridi aurinkosähköstä, maatuulivoimasta, ja offshore-tuulesta



Euroopan unionin
osarahoittama

Lähde: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/89c1e382-dc59-46ca-aa47-9f7d41531ab5/GlobalHydrogenReview2024.pdf>

Vedyn tuotantokustannusten määrittely - LCOH

- LCOH – levelized costs of hydrogen
 - kertoo vedyn omakustannehinnan

$$\text{LCOH, €/kg} = \frac{\begin{array}{l} \text{Investointikulut} \quad + \\ \begin{array}{l} \bullet \text{ elektrolyyseri + BoS/BoP} \\ \bullet \text{ rakentamisen kulut} \end{array} \end{array} + \begin{array}{l} \text{Käyttö- ja ylläpitokulut} \quad - \\ \begin{array}{l} \bullet \text{ kiinteät OPEX} \\ \bullet \text{ vesi, sähkö, työ} \end{array} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Lisätulovirrat} \\ \begin{array}{l} \bullet \text{ happi ja lämpö} \\ \bullet \text{ reservimarkkinat} \end{array} \end{array}}{\begin{array}{l} \text{Tuotettu vetymäärä} \\ \begin{array}{l} \bullet \text{ laitteiston elinikä} \\ \bullet \text{ diskonttaustekijä (WACC)} \end{array} \end{array}}$$

- tulevaisuuden rahavirta on suhteutettu tähän päivään (diskontattu)
- hybridiratkaisut aurinko + tuuli parantavat käyttöaikaa ja alentavat tuotantokustannuksia



LCOH – levelized cost of hydrogen

- Investointikulut ilman paineistusta ja varastointia

LAITTEET n. 50%

- elektrolyyseri n. 50 %
- sähköjärjestelmät n. 25 %
- vesijärjestelmät n. 25 %

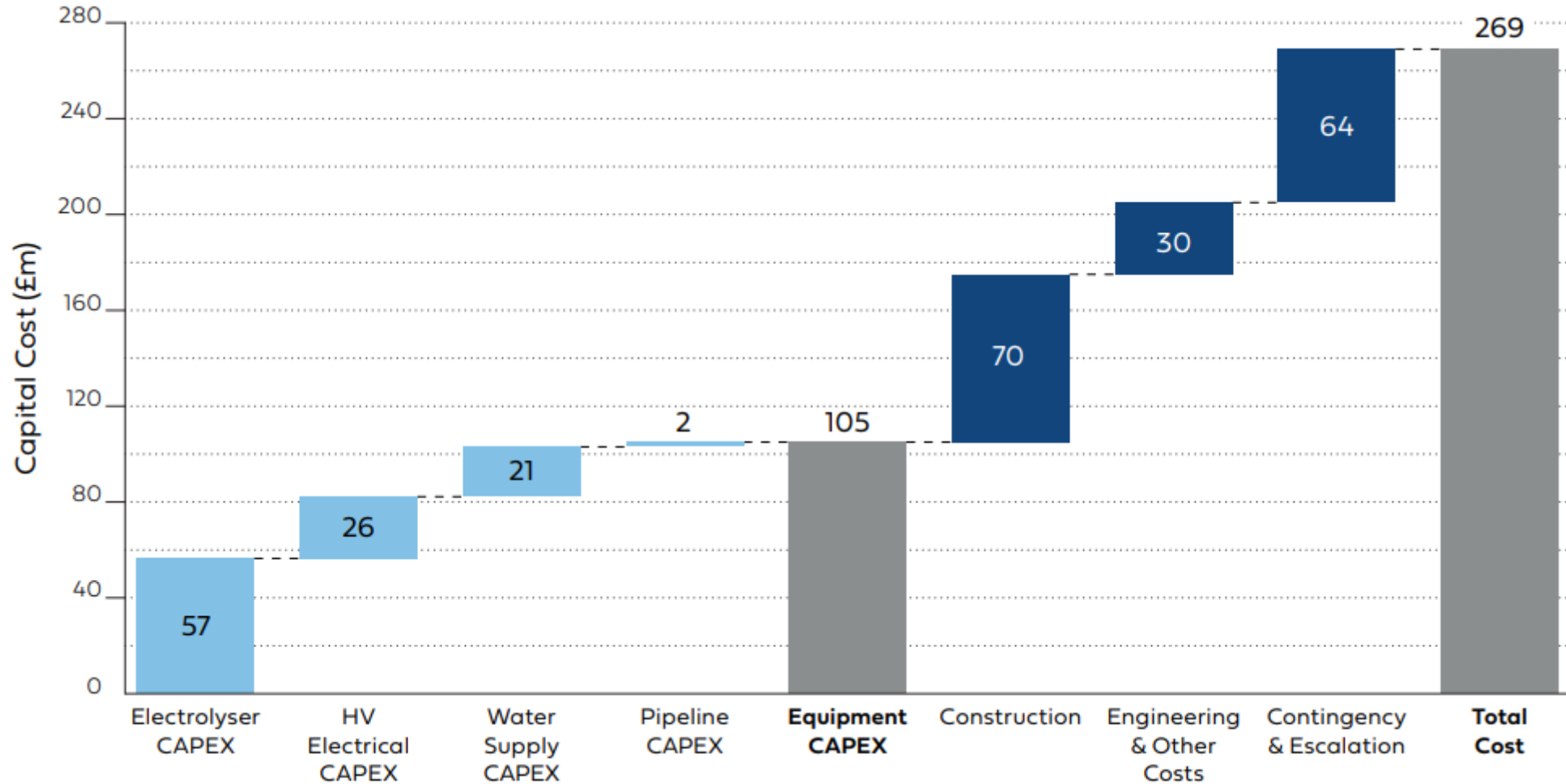
TOTEUTUS n. 50%

- rakentaminen n. 40 %
- suunnittelu ja luvitus n. 20 %
- muut yleiskulut n. 40 %

- Investointikulut erittäin riippuvaisia tapauksesta: arviolta 2000 – 5000 €/kW



Kustannusten muodostuminen 100 MW elektrolyyseri



Vedyn tuotantokustannusten vertailu eri tuotantoreiteillä

- CCUS – CO₂ varastointi ja hyödyntäminen
- w/ - CCUS hyödynnetty
- w/o – ilman CCUS

