

Future Energy System

Hydrogen the connecting element?

January-11-2018

Status Dutch Energy transition

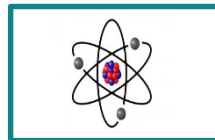
Energy Transition
from fossil energy to renewables

Switch to renewable
electricity

Electrification of passenger
transport

Electrification of spatial
heating

Energy Efficiency



Source: AkzoNobel
Marcel Galjee nov
2017



Further Dutch Energy transition

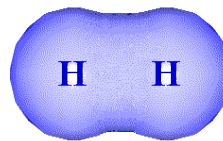
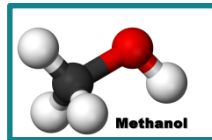
Further Transition

Renewable (+ fossil with CCS)
electricity production

Circular and/or biobased
transition of:

- Energy intensive industry
- Air transport
- Sea transport
- Heavy transport

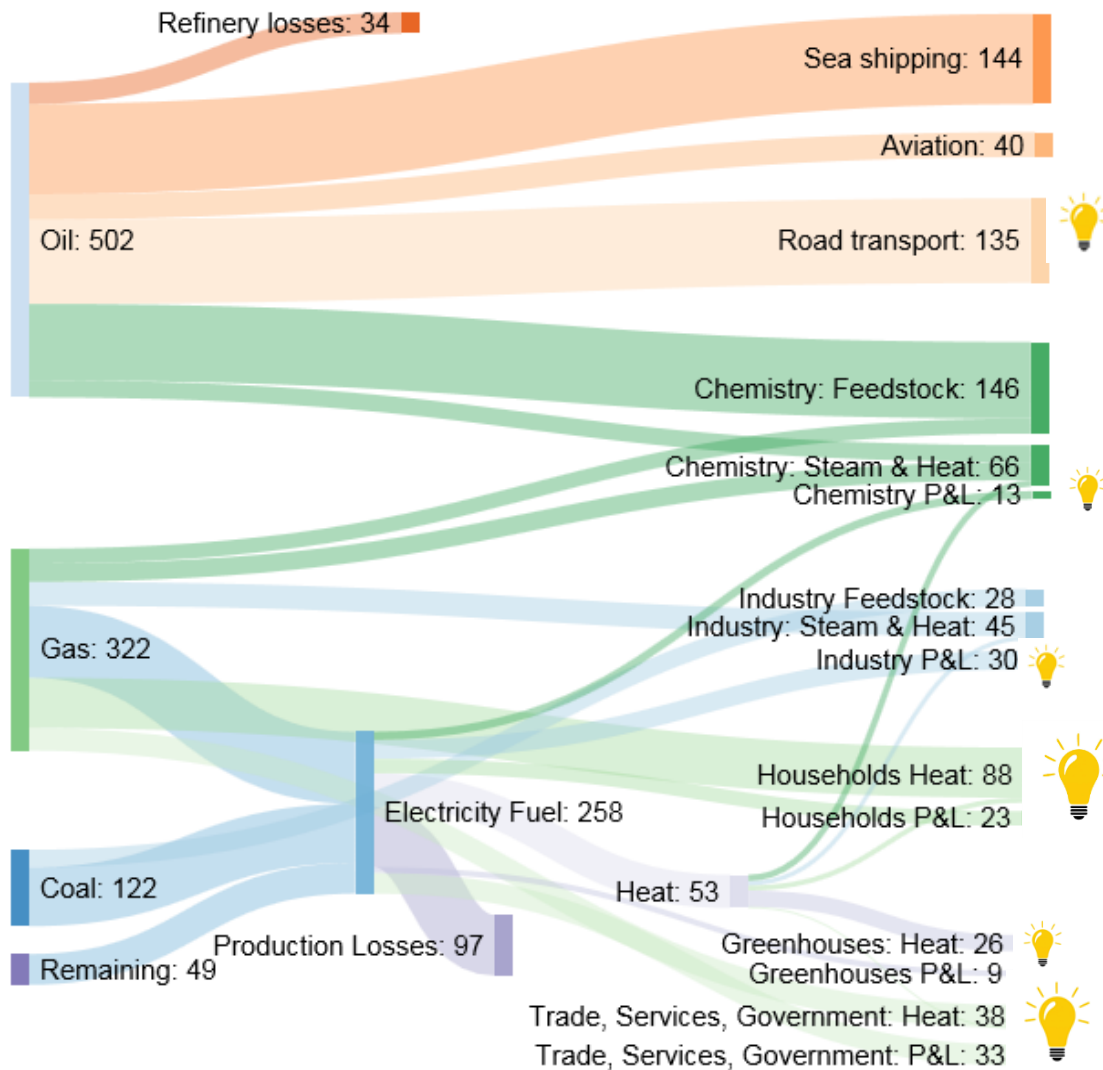
Energy Efficiency



Source: AkzoNobel
Marcel Galjee nov
2017



Further transition: quantitative



For 1/3th (330 TWh) of national energy demand (including sea shipping and aviation) blueprint for transition available.

For remaining 2/3th initial concepts available.

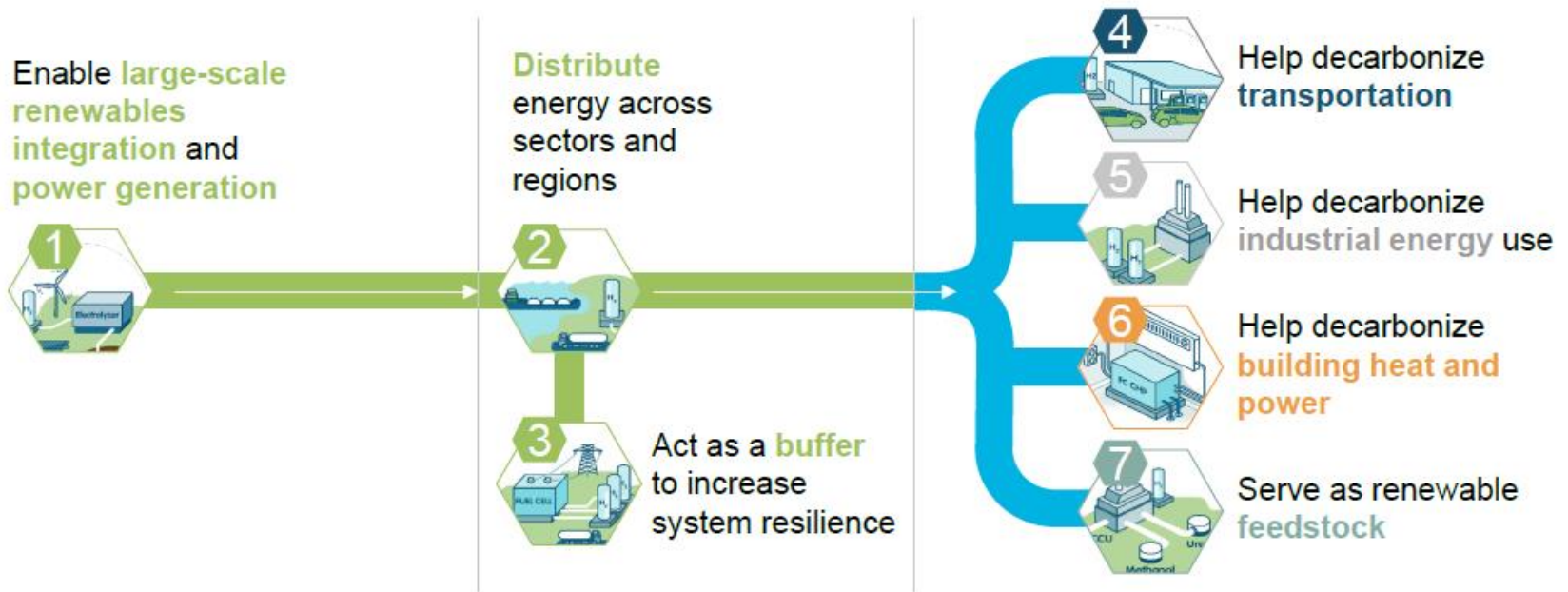
Doubts about availability of biomass for several concepts.

Large-scale application of hydrogen is part of most concepts

Future role of H₂



Enable the renewable energy system → Decarbonize end uses



SOURCE: Hydrogen Council

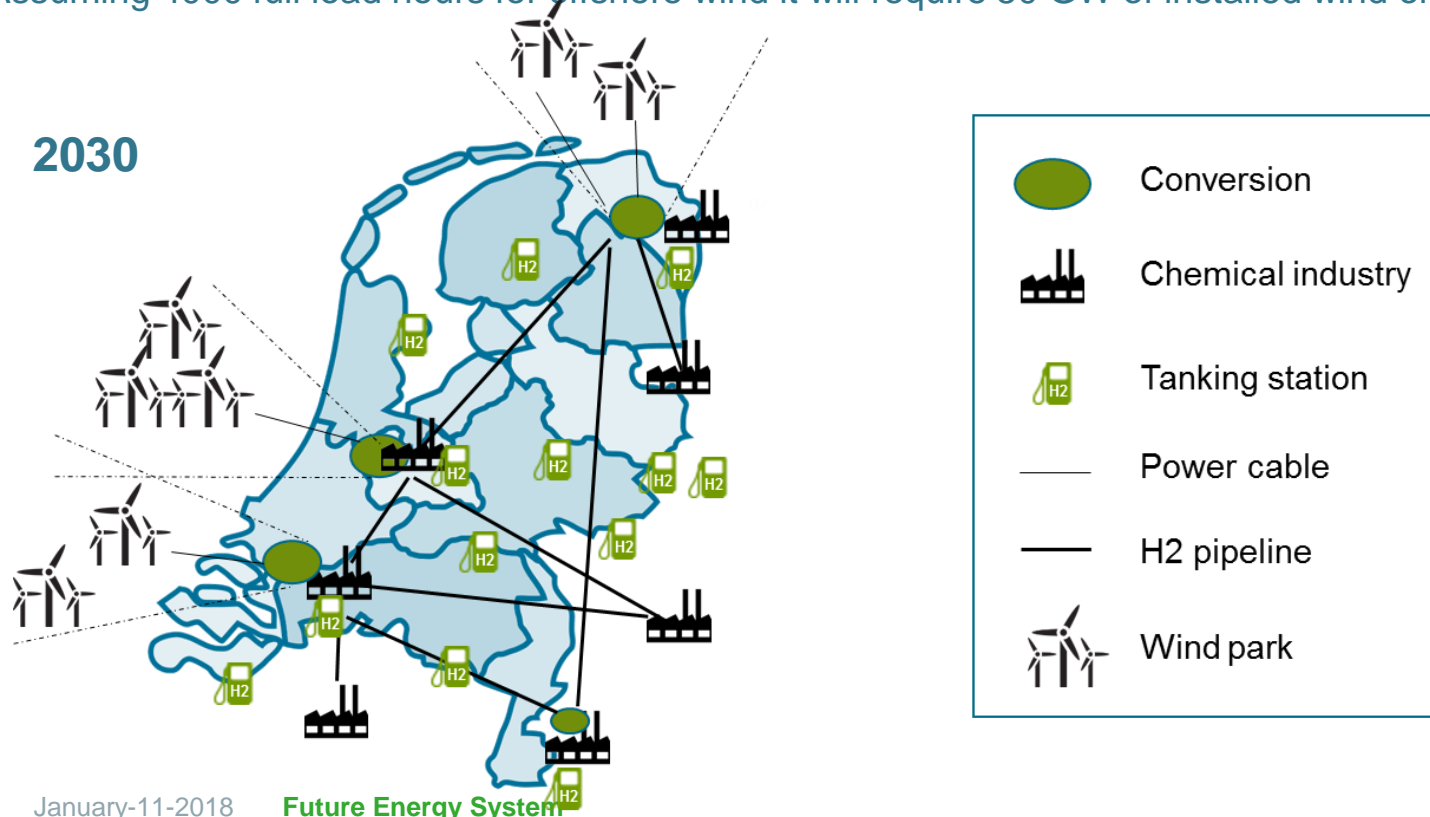
Future role of H₂: Chem. Ind.



Large scale usage of hydrogen in chemical industry is identified as springboard for achieving scale.

First estimate up to 200 TWh electricity needed to produce hydrogen for Dutch chemical industry.

Assuming 4000 full load hours for offshore wind it will require 50 GW of installed wind on the North sea



Future role of H₂: Chem. Ind.



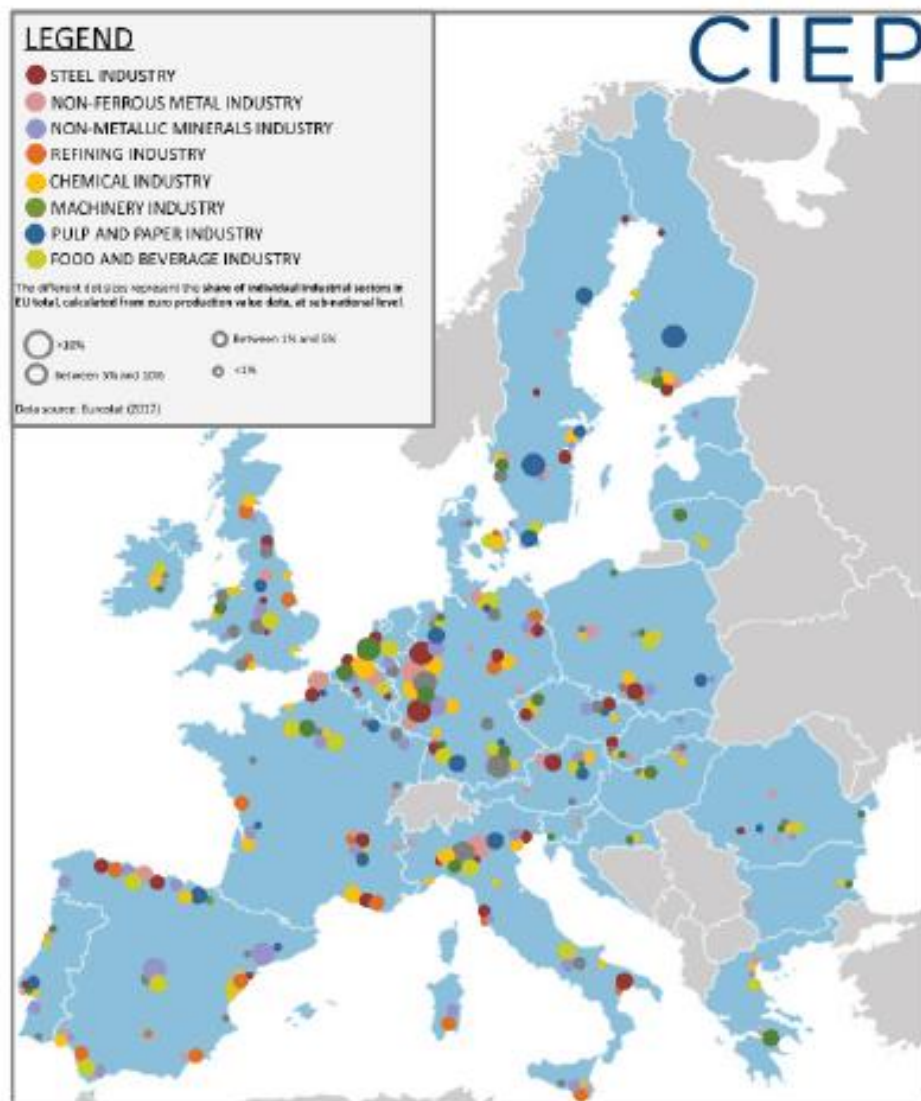
Large scale usage of hydrogen in chemical industry is identified as springboard for achieving scale.

Akzo Nobel and Gasunie are frontrunners in the Netherlands

Akzo Nobel en Gasunie hebben grootse elektrolyseplannen in Delfzijl

Chemiebedrijf Akzo Nobel en gastransportbeheerder Gasunie onderzoeken de mogelijkheid om een elektrolyse-installatie van 20 MW te bouwen in Delfzijl. De definitieve beslissing wordt in de loop van 2019 genomen. “De complexiteit zit in de opbouw van de waardeketen”, zegt Marcel Galjee, directeur energie bij Akzo Nobel.

Future role of H₂: Chem. Ind.



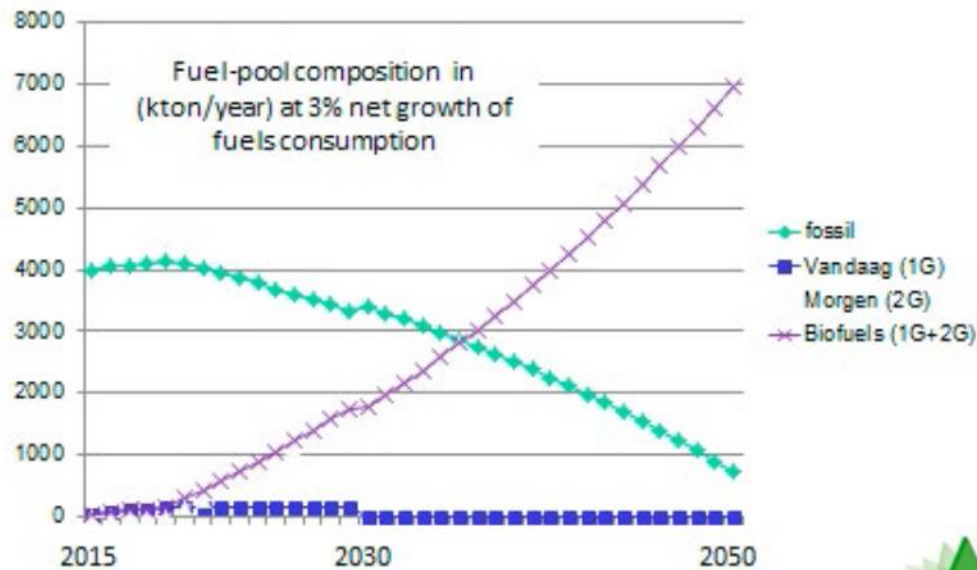
For total of Northwest Europe hydrogen demand for chemical industry will be much higher.

Future role of H₂: Aviation



Also for aviation and sea shipping hydrogen can become an important building block to replace synthetic fuels.

E.g. Replacement of current fossil kerosene consumption of Schiphol (40 TWh) by synthetic kerosene, using carbon monoxide from Tata-steel as carbon energy source, will require about 10 GW of offshore wind for hydrogen production and can be doubled towards 2050.



Future role of H₂: sea shipping

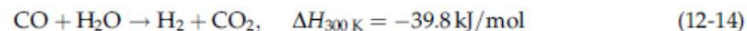
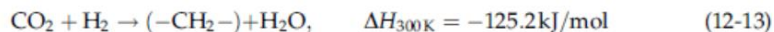
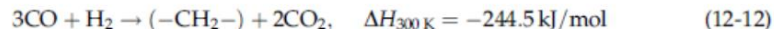


Also for aviation and sea shipping hydrogen can become an important building block to replace synthetic fuels.

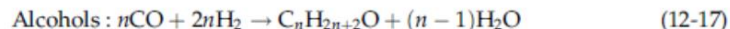
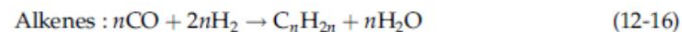
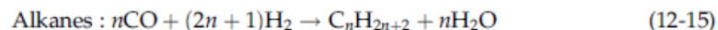
Similar Fischer Tropsch process for sea ship bunkers will require 35 GW of offshore wind

12.4 THERMODYNAMIC AND KINETIC CONSIDERATIONS OF FT SYNTHESIS

FT synthesis produces both saturated and unsaturated hydrocarbons based on Equation 12-1, which is a highly exothermic polymerization reaction with a negative enthalpy $\Delta H_{300\text{K}}$ of 165 kJ/mol [35,42,43]. Other possible reactions [35] include



The desired products (paraffin, olefin, alcohols) as well as undesired ones (aldehydes, ketones, esters, acids, carbon) can be formed during FT synthesis [42,44,45]:



Future role of H₂: Total need



First guesstimate of amount of offshore wind needed for hydrogen as feedstock for chemical industry and heating fuel

	Required Offshore Wind (GW)
Chem. Industry feedstock	50
Industry Heat	15
Spatial Heating	10
Heavy transport	10
Sea shipping	35
Aviation	20
Total	140

Future role of H₂: Total need

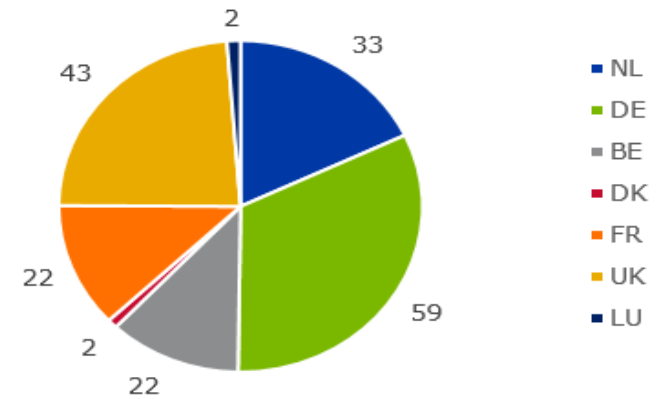


Securing electricity supply will most likely also require additional production and storage of green hydrogen.

Where to install all the wind?



Ecofys: Translate COP21 July 2017



Estimated installed offshore wind capacity per country in the North Sea only, per country in 2045 to cover electricity supply

Total potential of North-Sea power hub is at max 100 GW
According to international law is Dutch share approx. 20%

Where to convert electricity in hydrogen?



If possible near wind farms

(Too) simple comparison

- Suedlink 10 billion Euro for 4 GW electricity transport over 800 km
- Natural gas pipeline Balgzand-Bacton 500 million euro for 20 GW gas transport over 235 km
- Identical sized pipeline for hydrogen will have a capacity of 15 GW

By HVDC line: 3,1 MillionEuro/GWkm

By pipeline : 0,15 Million Euro/GWkm

How to transport H₂ onshore?



G-gas network will become idle and can most likely be made suitable for hydrogen transport



How to transport H₂ onshore?



On going field test in Zeeland Terneuzen by Gasunie to prove suitability of existing gas pipeline for hydrogen transport

Waterstof voor de regio

Op 14 maart tekenden acht partijen in Zeeuws-Vlaanderen een samenwerking, waarmee zij de weg openden voor het realiseren van een waterstofrotonde in de regio.



De realisatie van de waterstof infrastructuur zal voor de bedrijven gezamenlijk leiden tot forse dalingen in het energie- en grondstofverbruik (aardgas). Ook is sprake van een aanzienlijke CO₂ reductie. Bij realisatie van het gehele project gaat het om een reductie van 20.000 tot 40.000 ton CO₂. Dat is vergelijkbaar met de jaarlijkse warmtevraag van 10.000 tot 20.000 inwoners.

Van brandstof naar grondstof

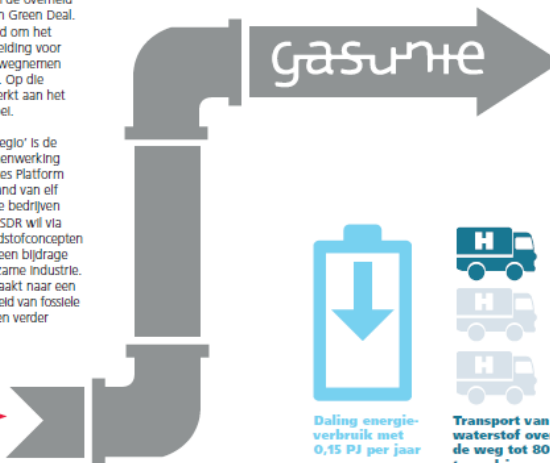
Waterstof is een belangrijke grondstof in de procesindustrie. Bij Dow komt waterstof vrij als bijproduct van de kraakinstallaties. Daar wordt de waterstof ingezet als brandstof. Maar door de waterstof uit te wisselen met andere industrieën in de regio zijn er vele voordelen.

- De waterstof die vrijkomt uit de krakers bij Dow krijgt een hoogwaardiger toepassing. In plaats van brandstof bij Dow wordt de waterstof gevaloriseerd tot grondstof voor hoogwaardige producten van Yara en ICL-IP.
- Door de inzet van Dow's waterstof vermijdt Yara deels dat zij zelf waterstof moet produceren uit aardgas (methaan).
- ICL-IP krijgt een voordeliger en veiliger levering van waterstof via een directe aanvoerleiding. Het transport van waterstof over de weg wordt hiermee tot 80% teruggedrongen.

Duurzame groei

Het project levert dus belangrijke winst op economisch, ecologisch en maatschappelijk gebied. Dat is de reden waarom de overheid het project ondersteunt met een Green Deal. In dit geval gaat het bijvoorbeeld om het beschikbaar maken van de gasleiding voor transport van waterstof en het wegnemen van belemmerende regelgeving. Op die manier wordt gezamenlijk gewerkt aan het mogelijk maken van groene groei.

Het project 'waterstof voor de regio' is de eerste succesvolle industrie-samenwerking binnen het Smart Delta Resources Platform (SDR). Een samenwerkingsverband van elf energie- en grondstof-intensieve bedrijven in de zuidwestelijke deltaregio. SDR wil via cross-sectorale energie- en grondstofconcepten in de regionale procesindustrie een bijdrage leveren aan een sterke en duurzame industrie. Een industrie die een omslag maakt naar een toekomst waarin de afhankelijkheid van fossiele energie en schaarse grondstoffen verder afneemt.



Daling energie-
verbruik met
0,15 PJ per jaar



Transport van
waterstof over
de weg tot 80%
terugdringen



CO₂ besparing
van 20.000 tot
40.000 ton



Mede mogelijk gemaakt door:



How to store hydrogen?



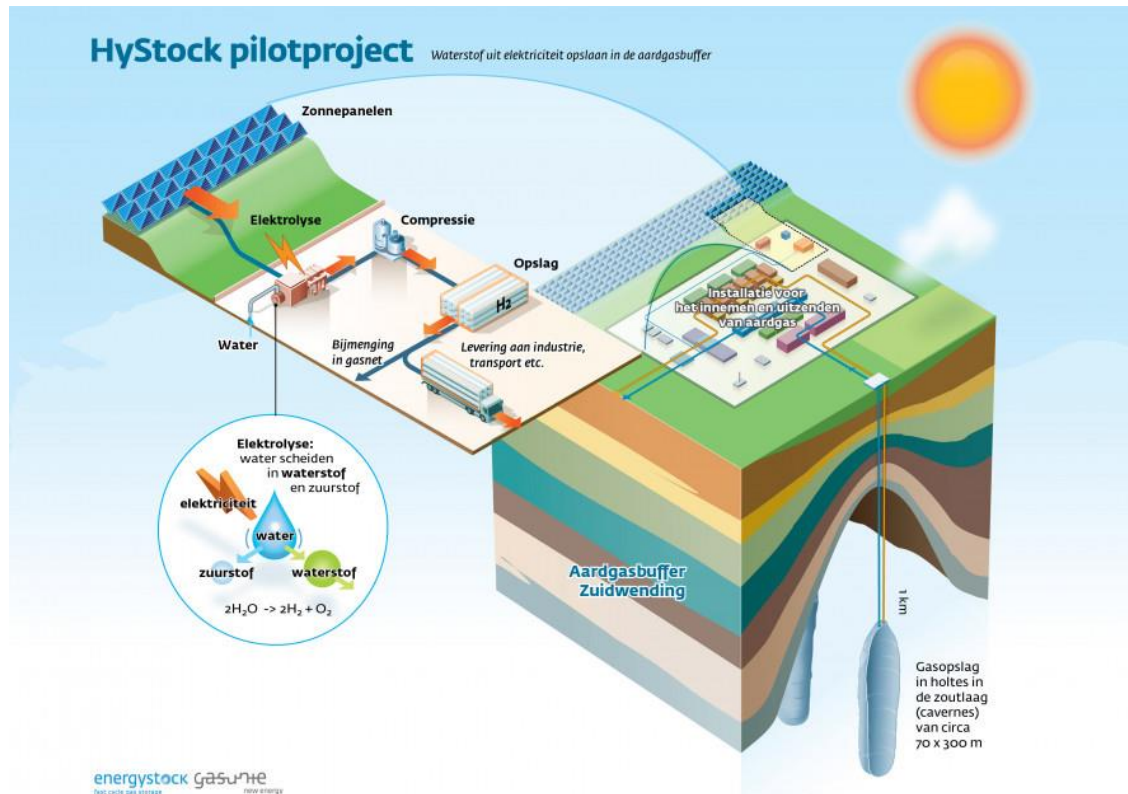
Storage in caverns in Zechstein salt formation



How to store hydrogen?



Gasunie starting first pilot in north of the Netherlands to store hydrogen from 1 MW elektrolyser in salt cavern.



How much H₂ storage required?

(Too) simple extrapolation:

Synthetic kerosene study: Storage of 14 million m³ of hydrogen at 100 bar required for 10 GW wind

For 150 GW offshore wind this would mean 210 million m³ hydrogen storage at 100 bar

Approx 60 storage installations with the size of Zuidwending are required



Onze cavernes

EnergyStock heeft momenteel vijf cavernes in gebruik. De cavernes zijn gemaakt in een zoutlaag zo groot als de Mont Blanc en liggen tussen duizend en vijftienhonderd meter diep. Ze hebben een doorsnede van vijftig tot tachtig meter en zijn driehonderd tot vierhonderd meter hoog. De Eiffeltoren zou er rechtop in kunnen staan. Vier cavernes hebben elk een volume van ongeveer zeshonderdduizend kubieke meter, één caverne is bijna één miljoen kubieke meter groot. Er is ruimte voor nog eens vijf cavernes op Aardgasbuffer Zuidwending.

National perspective for hydrogen too small?



Availability of space for sufficient offshore wind on the North Sea possibly too low

Also questions about economic perspective of offshore wind hydrogen and storage .

BloombergMarkets ▼

Saudi Arabia Gets Cheapest Bids for Solar Power in Auction



Saudi Arabia Gets Cheapest Bids for Solar Power in Auction

By **Anthony Dipaola**

3 oktober 2017 15:19 Updated on 3 oktober 2017 23:00

From **Climate Changed**

→ Masdar, EDF offer to supply power for 1.7 cents/Kilowatt hour

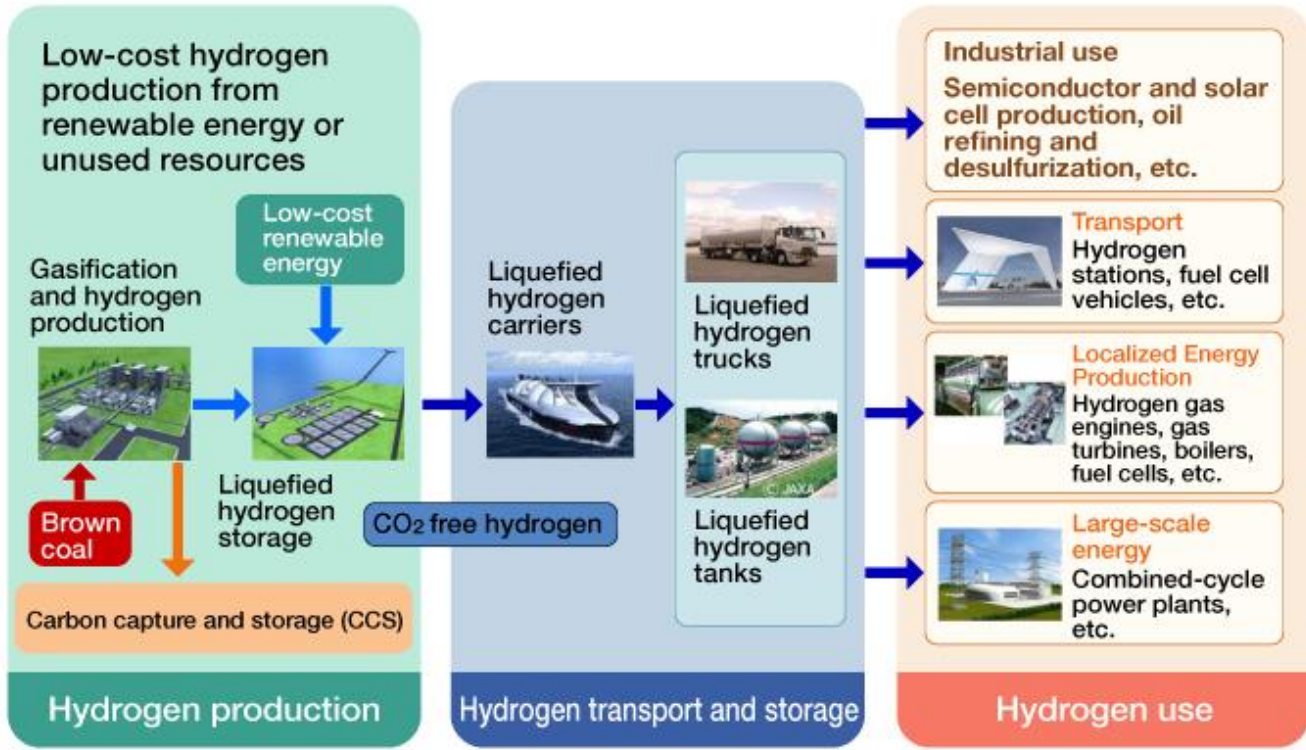
→ Plant to be first in \$50 billion plan to expand renewables



Should EU follow Japan?

Japan is subsidising the development of key elements of future global supply chains for hydrogen to become a full hydrogen society by 2050.

CO₂ Free Hydrogen Infrastructure Concept



Source: Kawasaki Heavy Industries; editorial revisions by Nippon.com.



If so, will energy import continue to dominate supply?

Will cheap hydrogen production produced in e.g deserts offers substantial financial margin for transport to Europe to be used for

- Production of plastics, chemicals and transport fuels;
- Domestic heating and electricity production by load following IGCC plants



Disclaimer

Liability and copyright of TenneT

This PowerPoint presentation is offered to you by TenneT TSO B.V. ('TenneT'). The content of the presentation – including all texts, images and audio fragments – is protected by copyright laws. No part of the content of the PowerPoint presentation may be copied, unless TenneT has expressly offered possibilities to do so, and no changes whatsoever may be made to the content. TenneT endeavours to ensure the provision of correct and up-to-date information, but makes no representations regarding correctness, accuracy or completeness.

TenneT declines any and all liability for any (alleged) damage arising from this PowerPoint presentation and for any consequences of activities undertaken on the strength of data or information contained therein.



www.tennet.eu

TenneT is a leading European electricity transmission system operator (TSO) with its main activities in the Netherlands and Germany. With approximately 22,000 kilometres of high-voltage connections we ensure a secure supply of electricity to 41 million end-users.

Taking power further

