



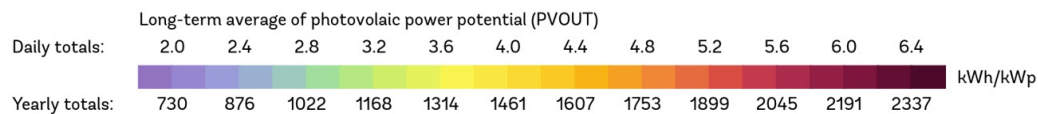
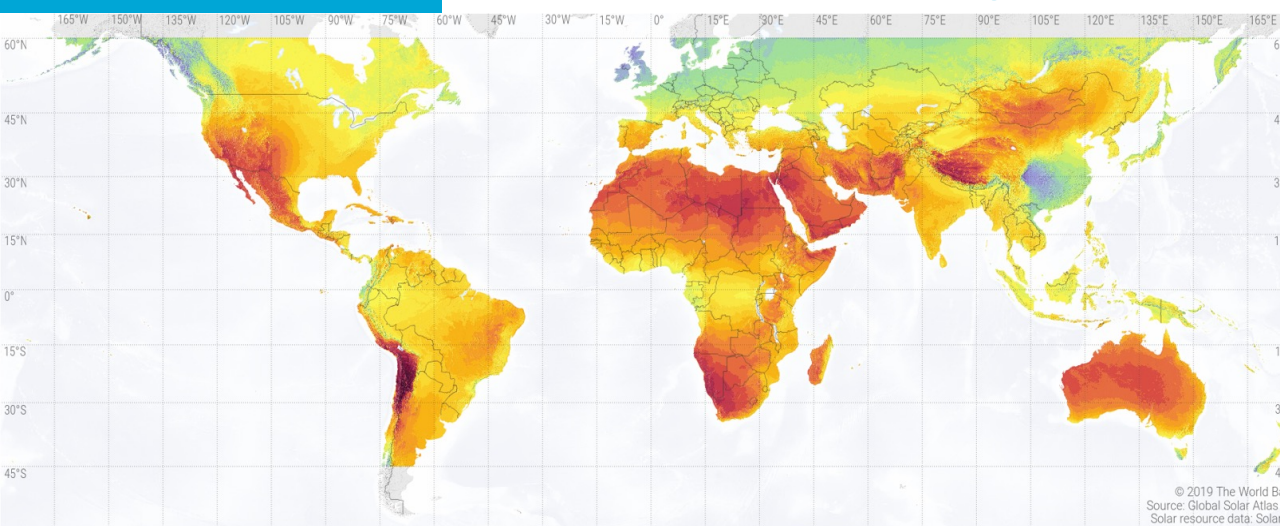
# De Waterstofketen

20-05-2022

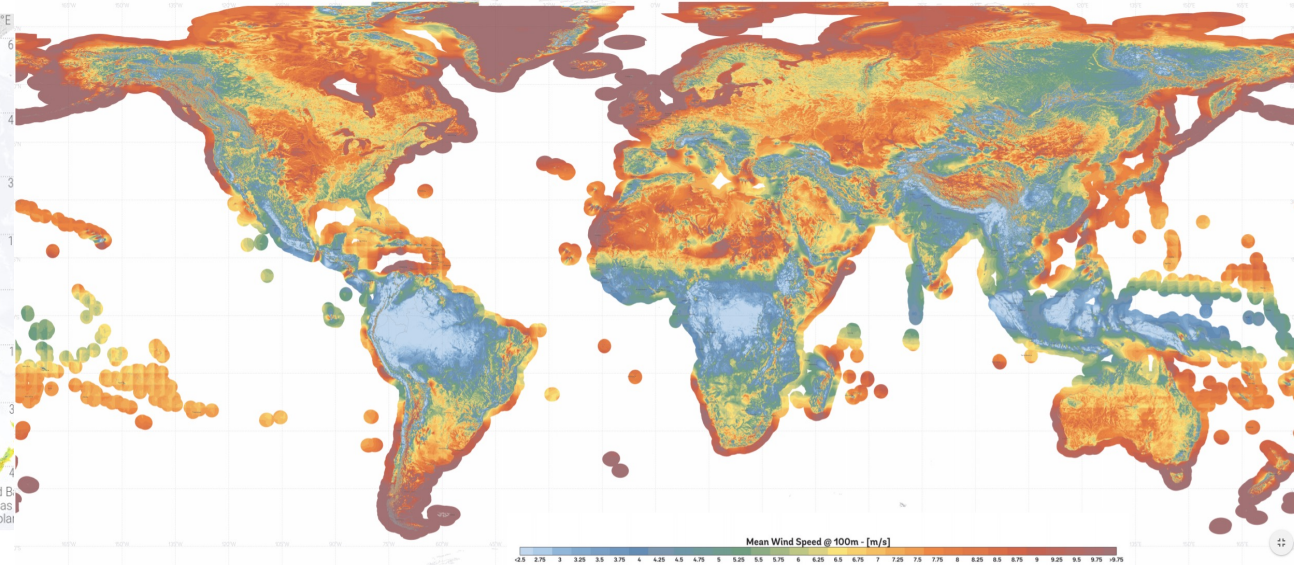
Prof. Dr. Ad van Wijk

**Elektriciteit productie uit zon en wind nu 1-2 cent/kWh  
Maar lage kosten zon en wind heb je alleen op die plekken  
met goede zon-instraling of hoge windsnelheden  
én veel beschikbare ruimte.**

**Dat vind je vaak ver weg van de energievraag.**



Solar Resources Map

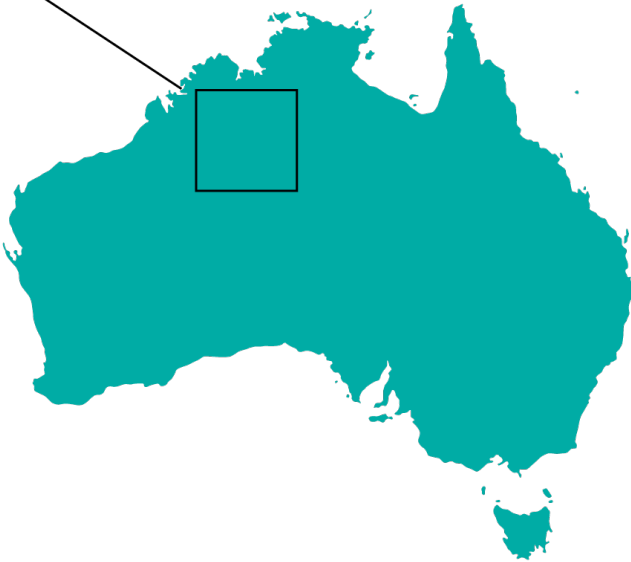
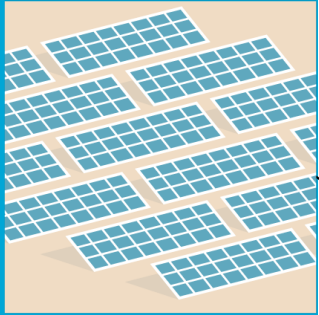


Wind Speed at 100 meter height Map

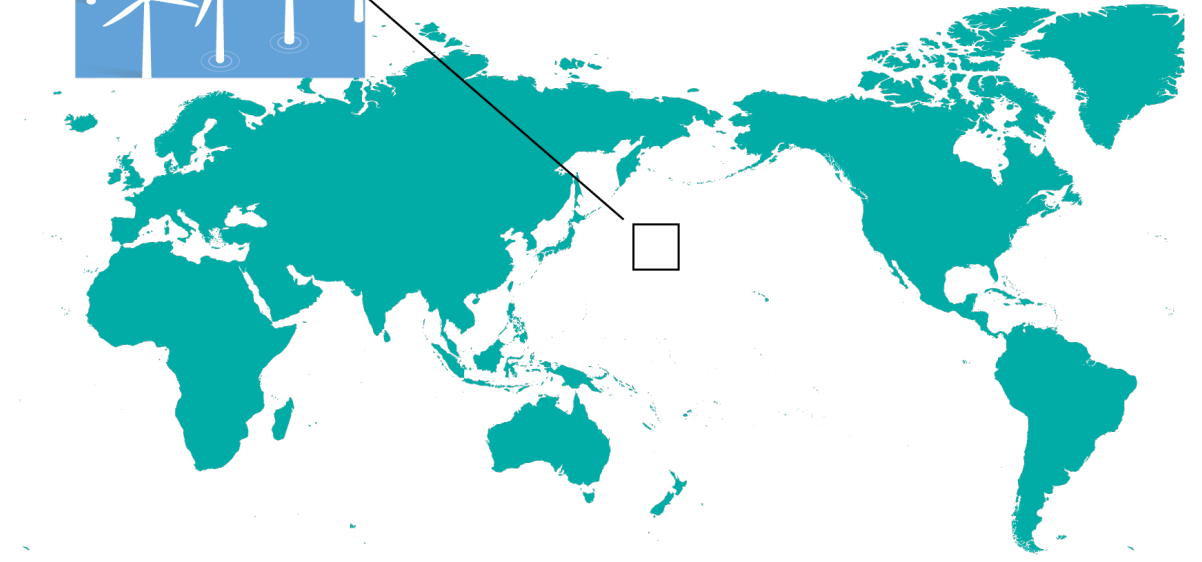
# Mohammed Bin Rashid Al Maktoum Zonne Park in Dubai; 3.000 MW klaar, uitbreiding naar 5.000 MW



# Oppervlakte nodig om alle energie voor de hele wereld te produceren 155.000 TWh



10% SOLAR AUSTRALIA

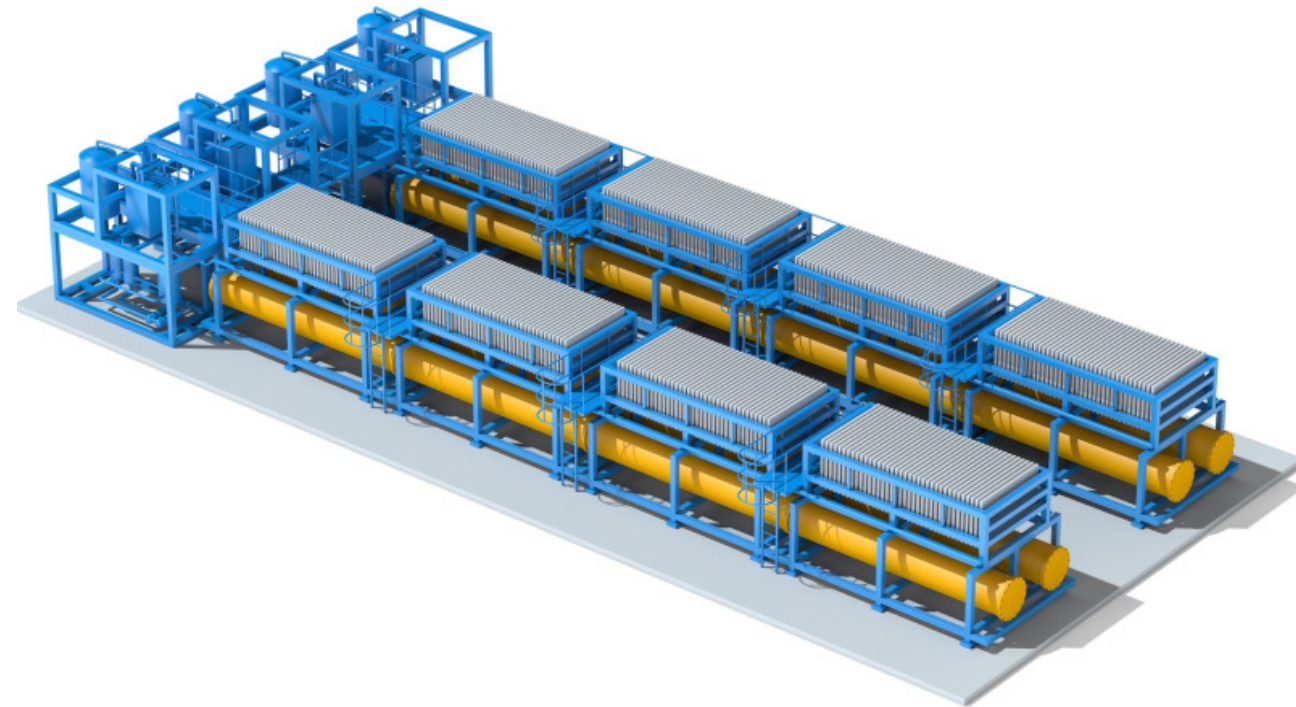
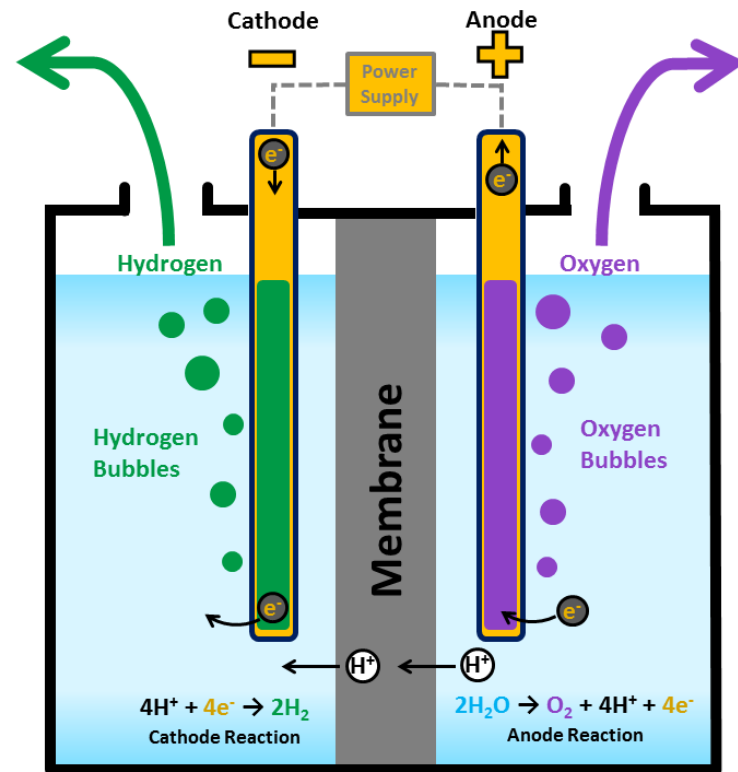


1.5% WIND PACIFIC OCEAN

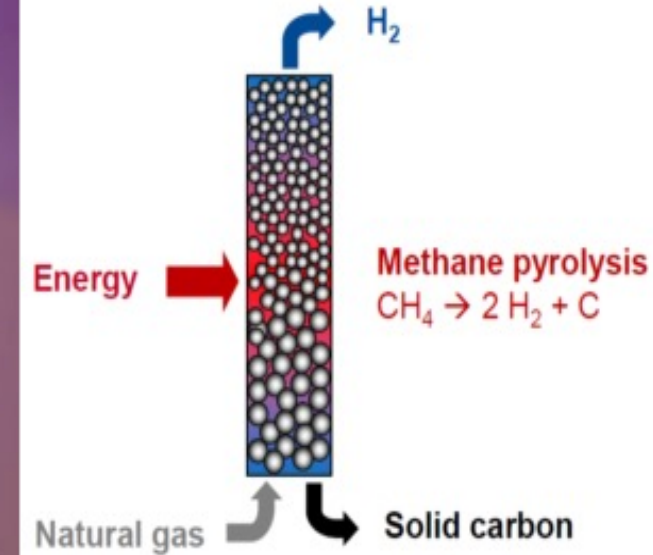
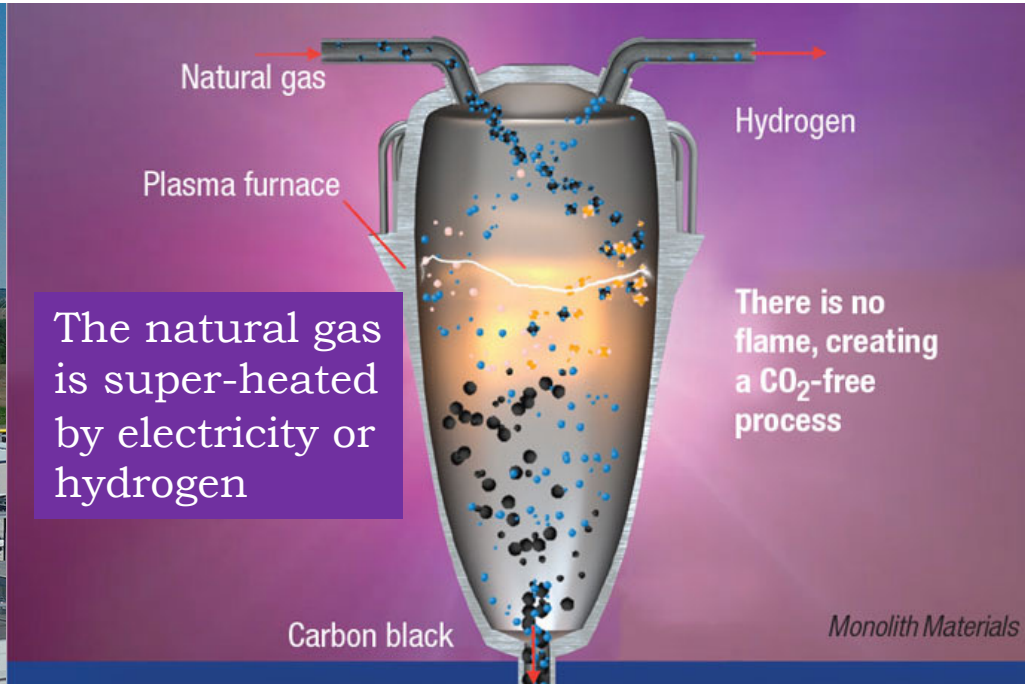
# Waterstof is net zoals elektriciteit een koolstofvrije energiedrager

Je kunt waterstof maken uit fossiele energie, biomassa (reststromen) of uit water

Electrolyse van water, met elektriciteit uit duurzame energiebronnen geeft groene waterstof



# Methaan Pyrolyse geeft turquoise waterstof



Olive Creek, Nebraska, US

Monolith: Plasma Methane Pyrolysis

**Monolith clean H<sub>2</sub> production has been granted 1 billion dollar loan by US DOE to expand for dedicated hydrogen production, dec 2021**

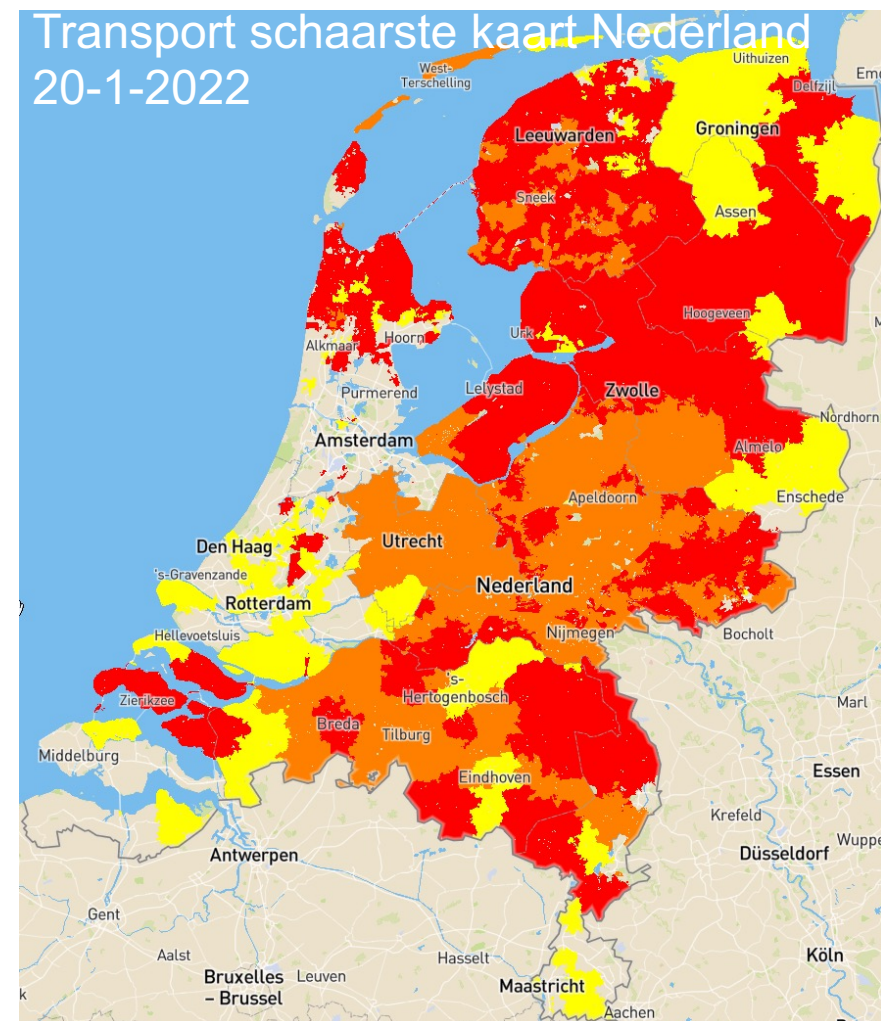
# Elektriciteit infrastructuur is/wordt een groot knelpunt in de realisatie van een duurzaam energie systeem

Voor het aansluiten van zonnepanelen en windvermogen op het elektriciteitsnet

**Gas transportnet 15 keer zo groot dan elektriciteitstransport net**

Voor het aansluiten van warmtepompen, Zonnepanelen op dak en elektrische auto's op elektriciteitsnet

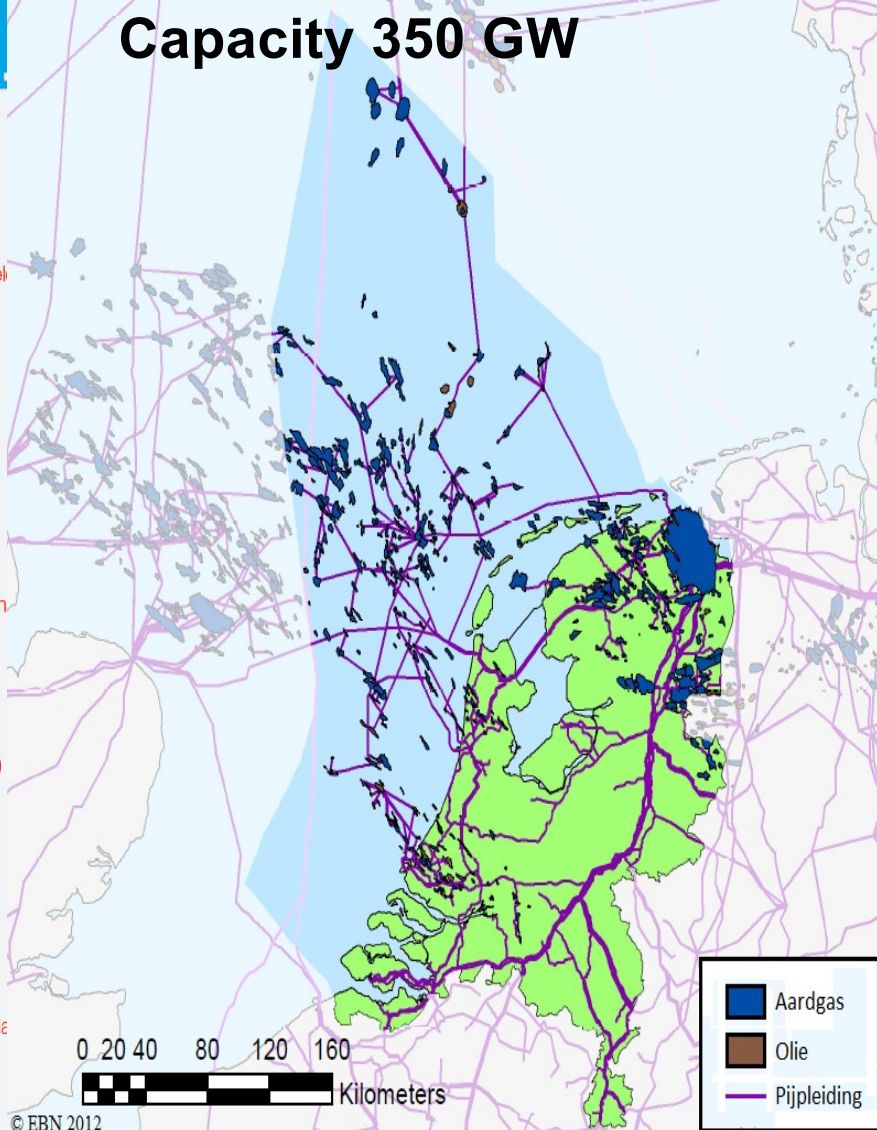
**Gasaansluiting huis 10 keer zo groot (30 kW) dan elektriciteitsaansluiting (3 kW)**



Betekenis van de kleurcodes

- Transparant: (nog) geen transportschaarste
- Geel: transportschaarste dreigt, er geldt een aangepast offerteregime
- Oranje: vooraankondiging structurele congestie bij ACM
- Rood: structureel congestie, nieuwe aanvragen voor transport worden niet gehonoreerd

# Daarvoor moet je natuurlijk het elektriciteitsnet uitbreiden, maar ook het aardgasnet omvormen naar waterstof.





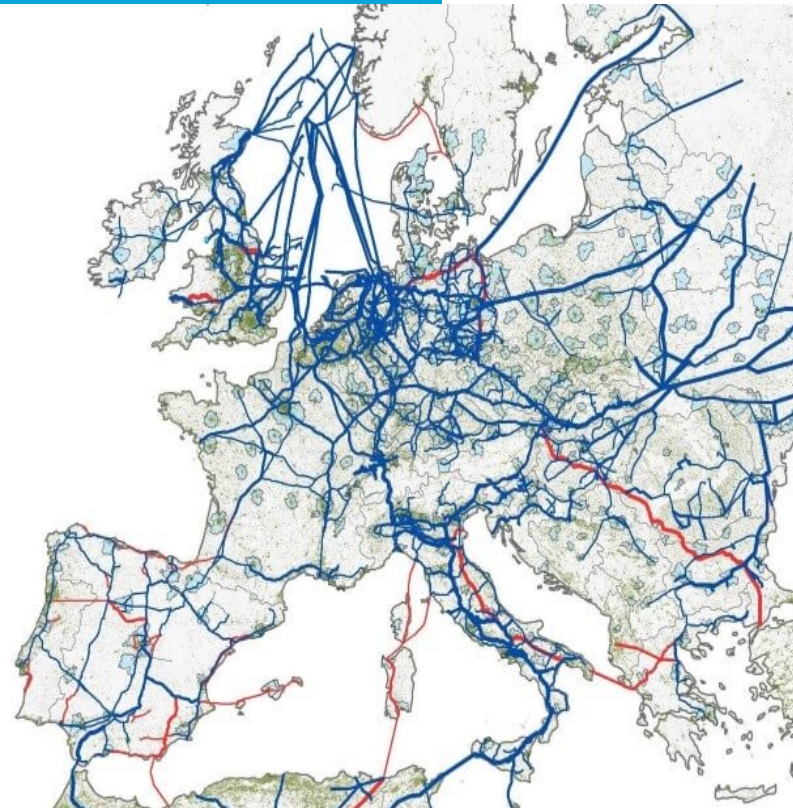
# Waterstof backbone op land én op zee



## Mogelijke waterstof infrastructuur op de Noordzee, o.b.v. bestaande gasleidingen en nieuwe waterstof leidingen

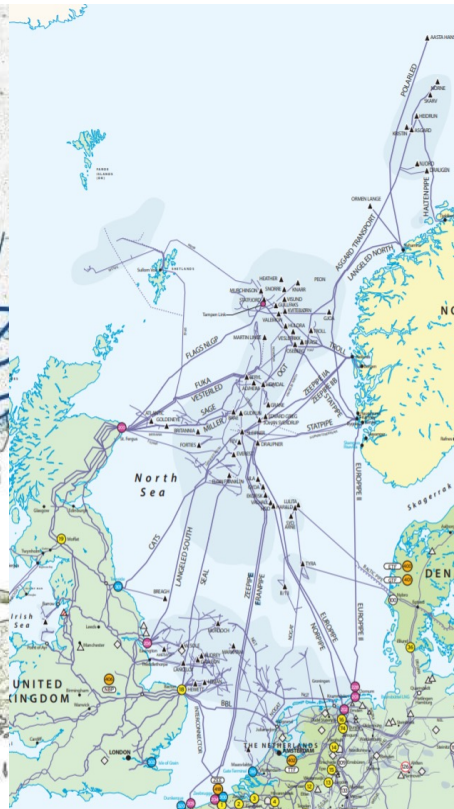


# Gas infrastructuur in Europe kan hergebruikt worden voor waterstof



## Gas Pipelines Europe

Transporting gas from gas fields at North Sea, Norway, Russia, Algeria, Libya to Europe



## Gas from North-Sea

2017 production  
190 bcm = 1.900 TWh



## Gas from North-Africa

60 GW Natural Gas Pipeline  
2x0.7 GW Electricity Cable



## European Hydrogen Backbone

75% re-used gas pipelines  
25% new hydrogen pipelines  
40.000 km pipelines

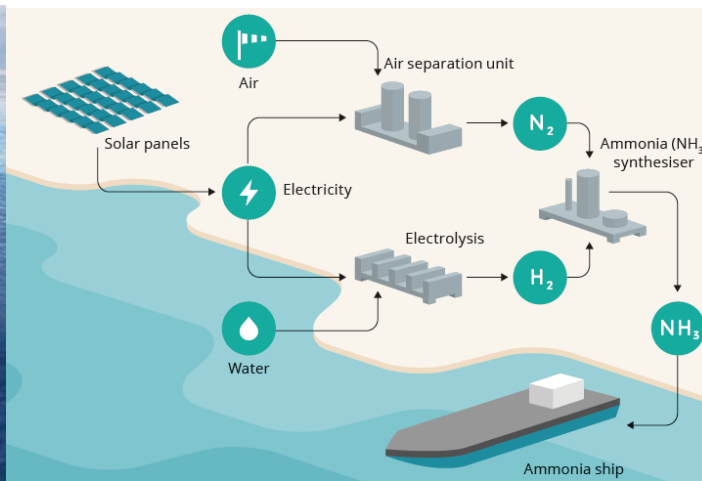
**Gas transport pijpleiding capaciteit 5-20 GW,  
electriciteits transportkabel capaciteit 0,5-2 GW**

# Waterstof transport per schip

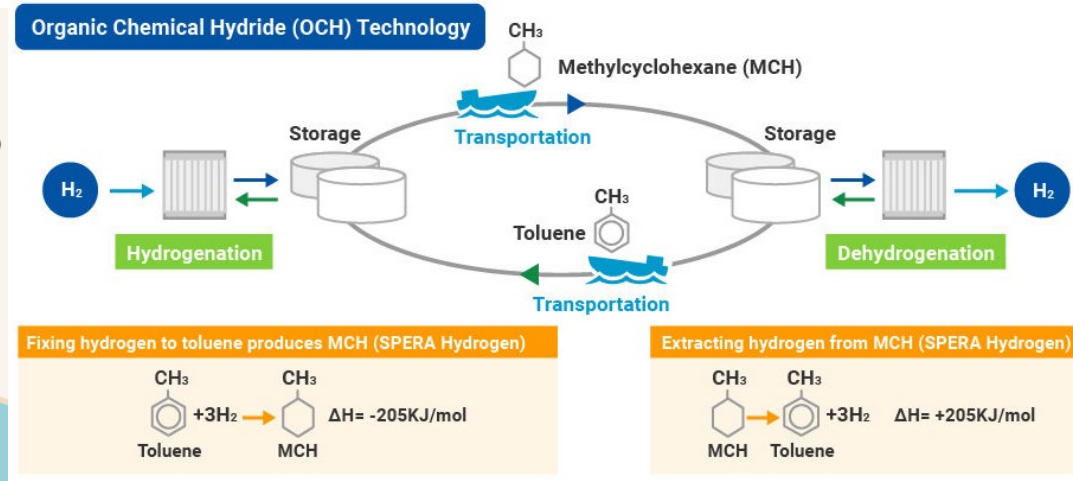
## Liquid Hydrogen



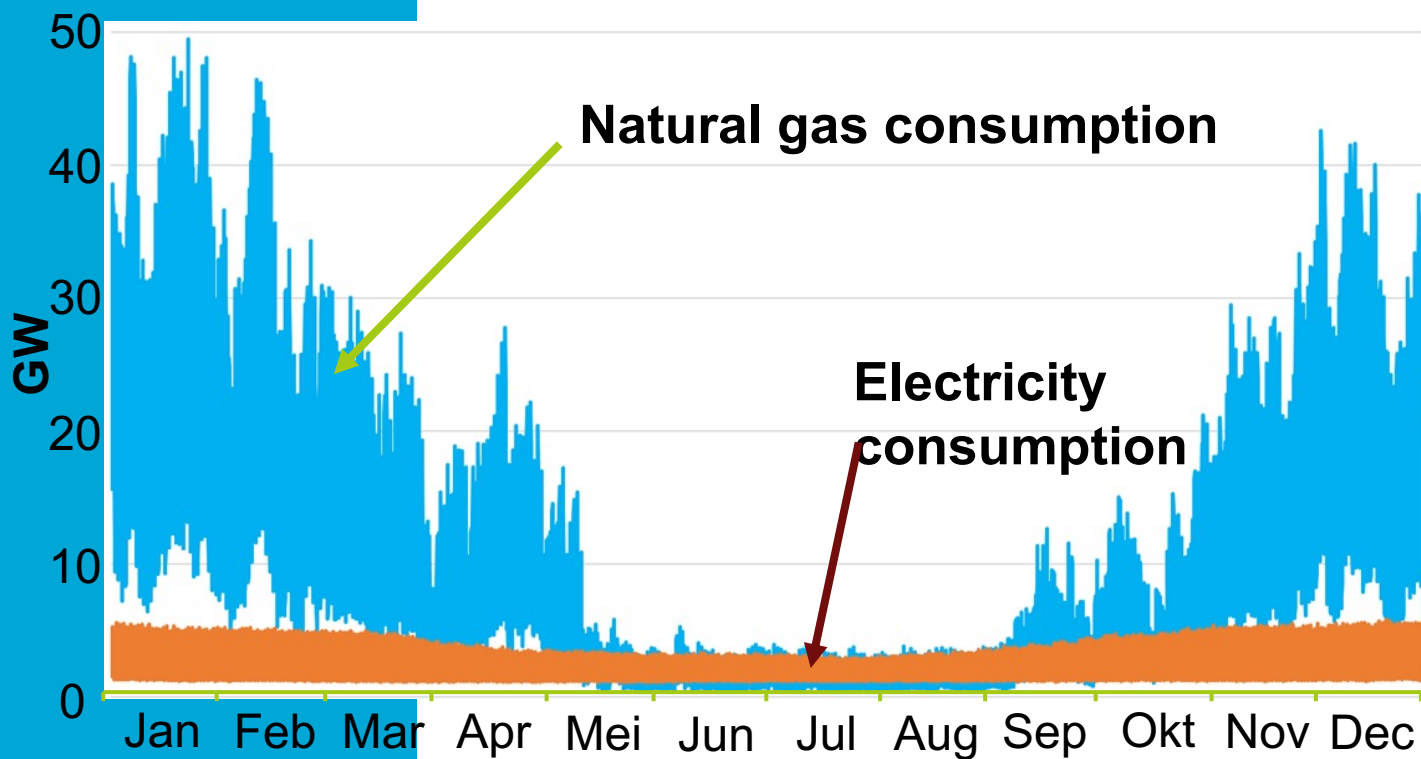
## Ammonia



## LOHC Liquid Organic Hydrogen Carrier



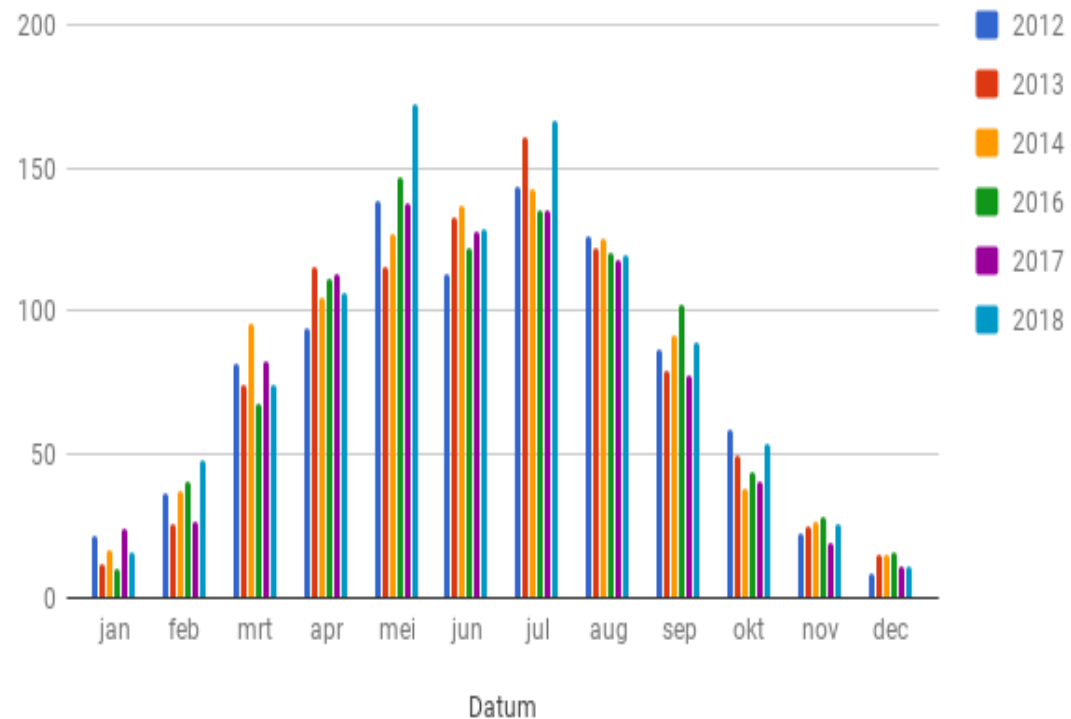
# Opslag wordt een nog grotere uitdaging dan nu. Dag/nacht, week én seizoensopslag is nodig



7,8 million Dutch houses (2017)

Source: Kellner, 2018

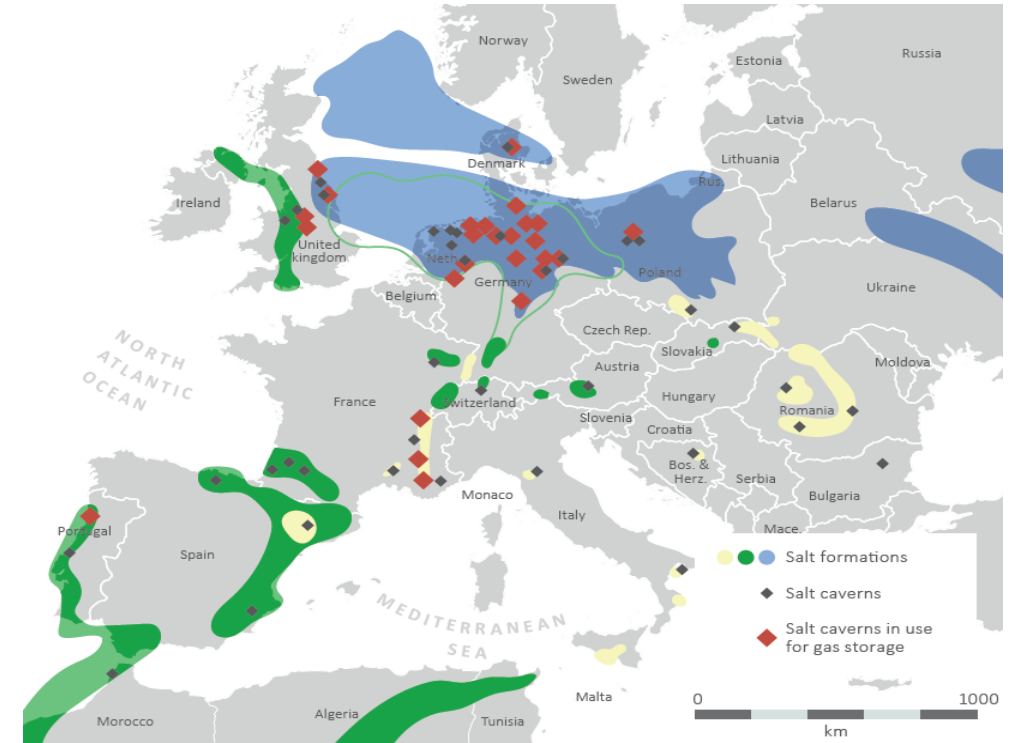
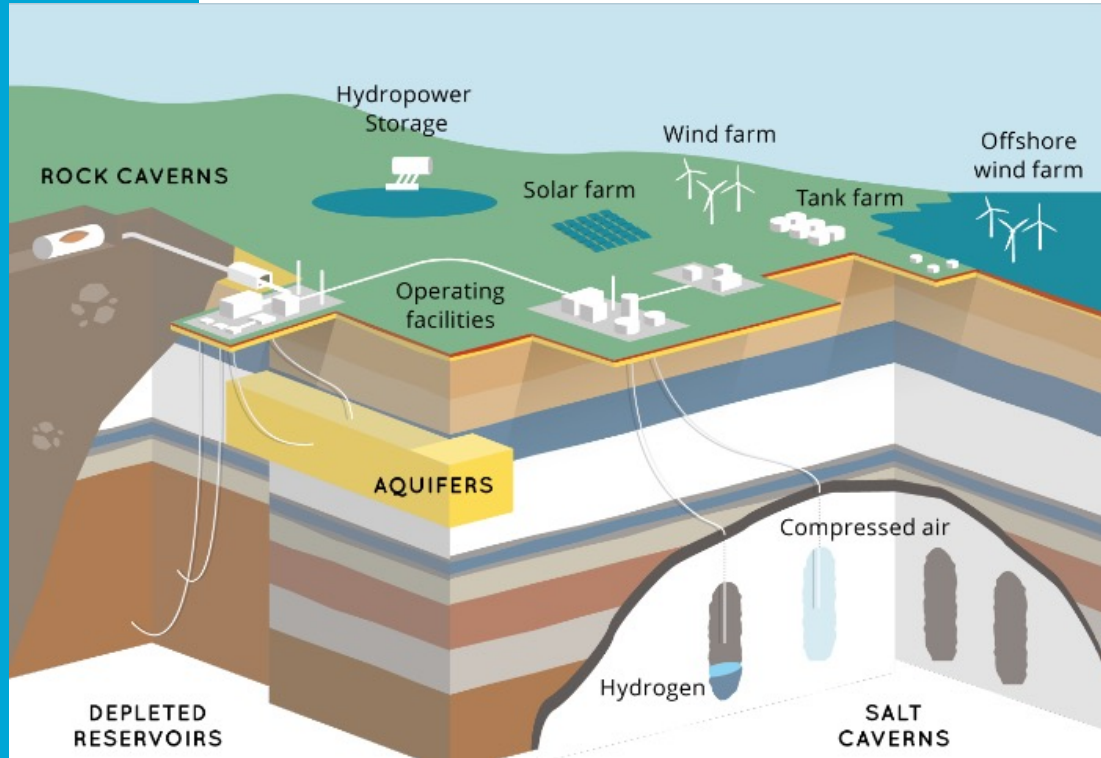
Zon per maand (Zuid)



<https://thuiszonnepanelen.nl/opbrengst-van-onze-zonnepanelen/>

**Nu is er voor seizoensopslag zo'n 100 miljard kWh gasopslag = vergelijkbaar met opslag capaciteit van 1 miljard batterij elektrische auto's (100 kWh batterij).**

# Waterstof kan eenvoudig in zoutkoepels worden opgeslagen, die er al zijn



**In 1 zoutkoepel kan 6.000 ton (240 miljoen kWh) waterstof = vergelijkbaar met opslag capaciteit van 2,4 miljoen batterij elektrische auto's (100 kWh batterij)**

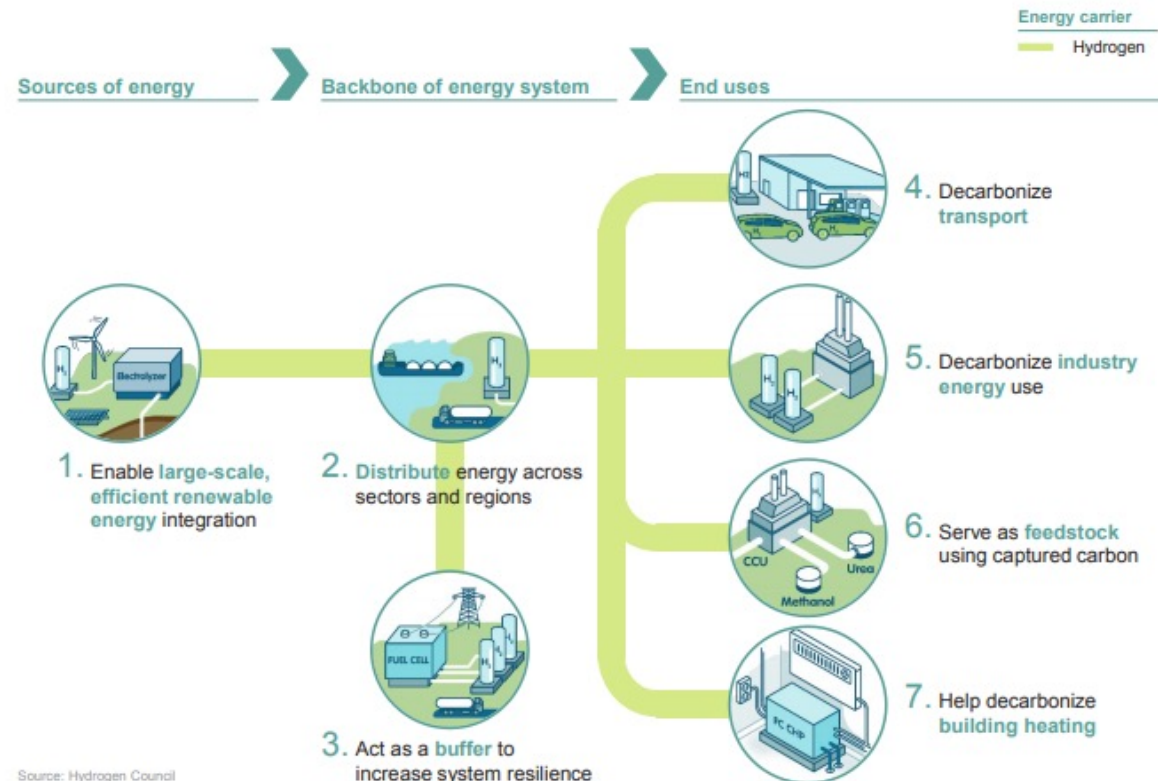
**Salt Cavern Capex cost less than 0.5 Euro/kWh<sub>(HHV)</sub> H<sub>2</sub>**

**Battery Capex cost in future 50 Euro/kWh?**

# Rol van waterstof in een duurzaam energiesysteem is:

1. Om goedkope zon en wind stroom kosten-efficiënt bij de energievraag te brengen op de juiste tijd.
2. Om de moeilijk te verduurzamen sectoren te verduurzamen (in industrie, mobiliteit, verwarming, elektriciteit)
3. Maar uiteindelijk pas je daar waterstof toe waar dat het goedkoopst of gemakkelijkst is.

Het gaat in een duurzaam energiesysteem naast dat het schoon moet zijn ook om de (systeem)kosten, de betrouwbaarheid en het gemak!

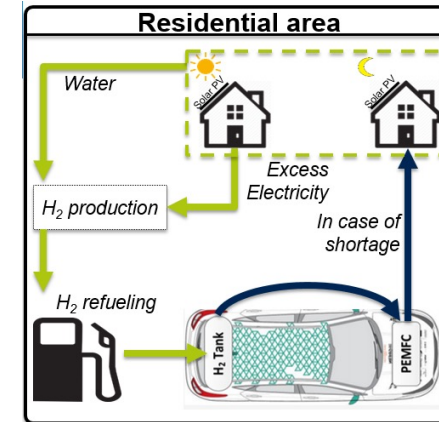


# Waterstof markten

## Industrie; grondstof, HTwarmte



## Electriciteit Balancing

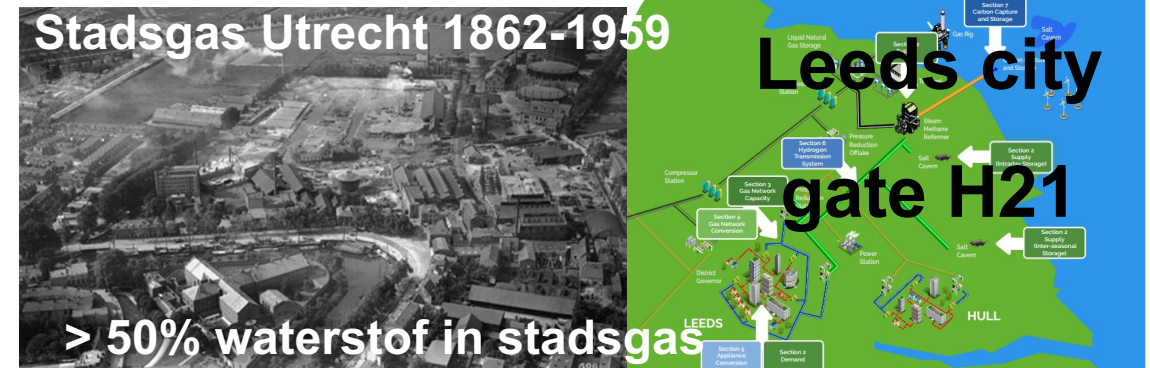


## Transport



## Verwarming

Stadsgas Utrecht 1862-1959



# 24 uurs van Lemans in 2024 op Waterstof



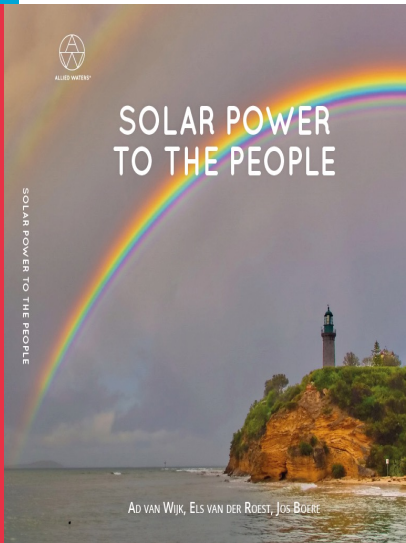


# Further Reading

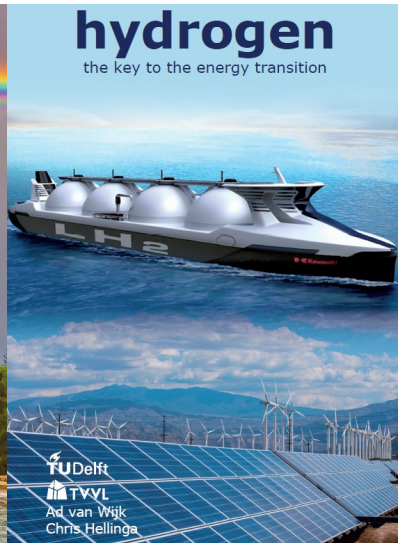
[www.profadvanwijk.com](http://www.profadvanwijk.com)



April 2017



November 2017



May 2018



September 2019



November 2019

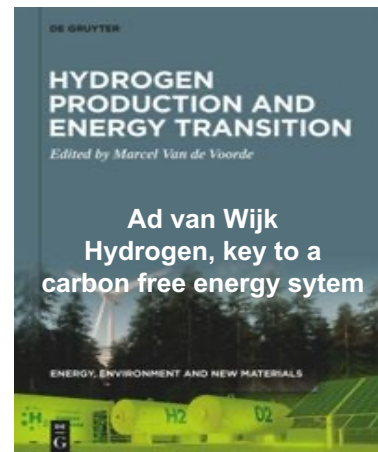


April 2020

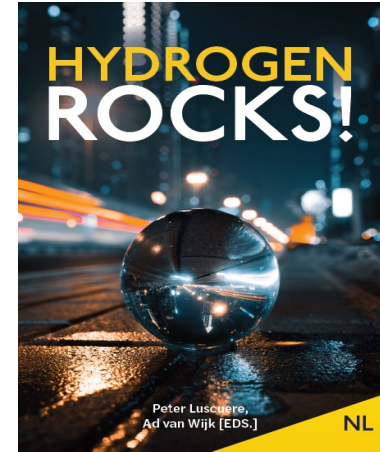


April 2021  
Hydrogen Europe

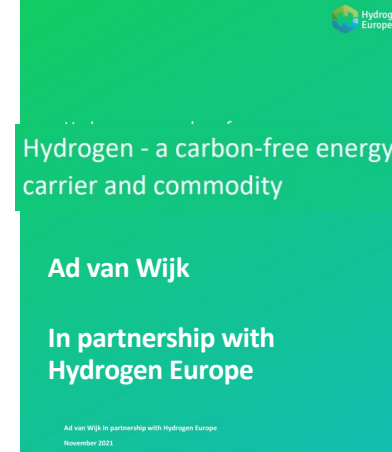
April 2021



September 2021



October 2021



November 2021



May 2022