

Harry Smit, Gasunie

Botlek studiegroep

4 februari 2021



## Introduction Gasunie

- Operates transmission system for natural gas in NL & DE
- 15.000 km pipeline system, connecting Russia with the UK
- Headquarter in Groningen (NL), approx. 1.500 employees
- Shareholder in a.o.
  - Gate Terminal (LNG)
  - EnergyStock (cavern storage)
  - Nord Stream & BBL (pipelines)
  - SCG (biogas)
  - HyStock (hydrogen)



# Strategy

Ensure a secure, reliable, affordable and sustainable gas infrastructure in our key area



Contribute to efficient gas infrastructure & services for a well-functioning European gas and LNG market

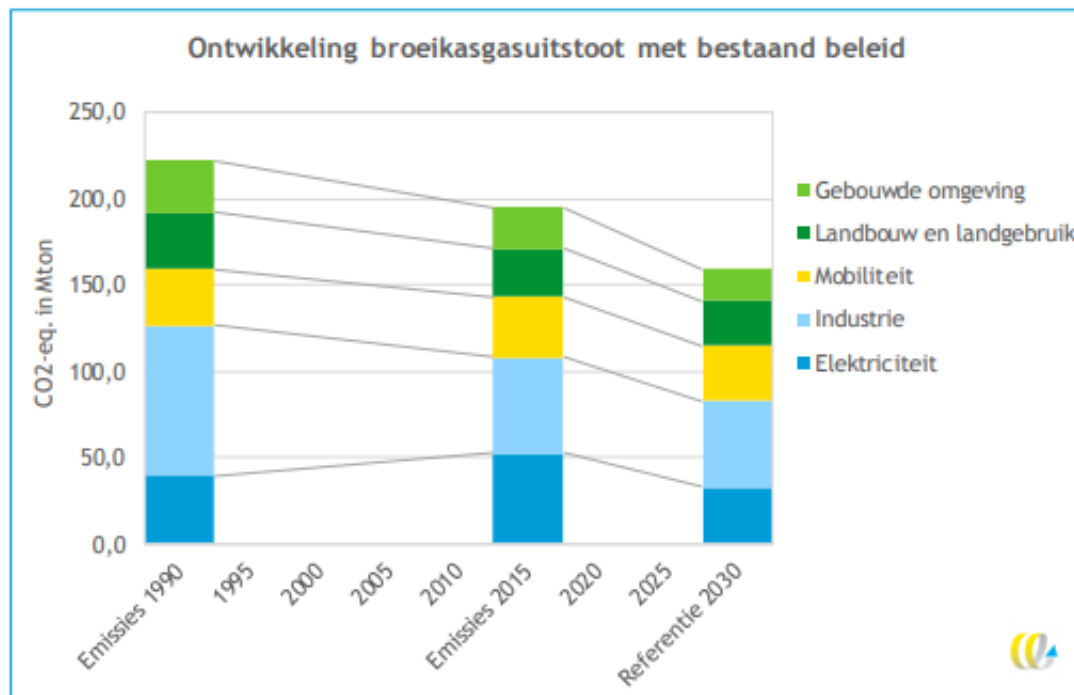


Accelerate the transition to a CO2-neutral energy supply

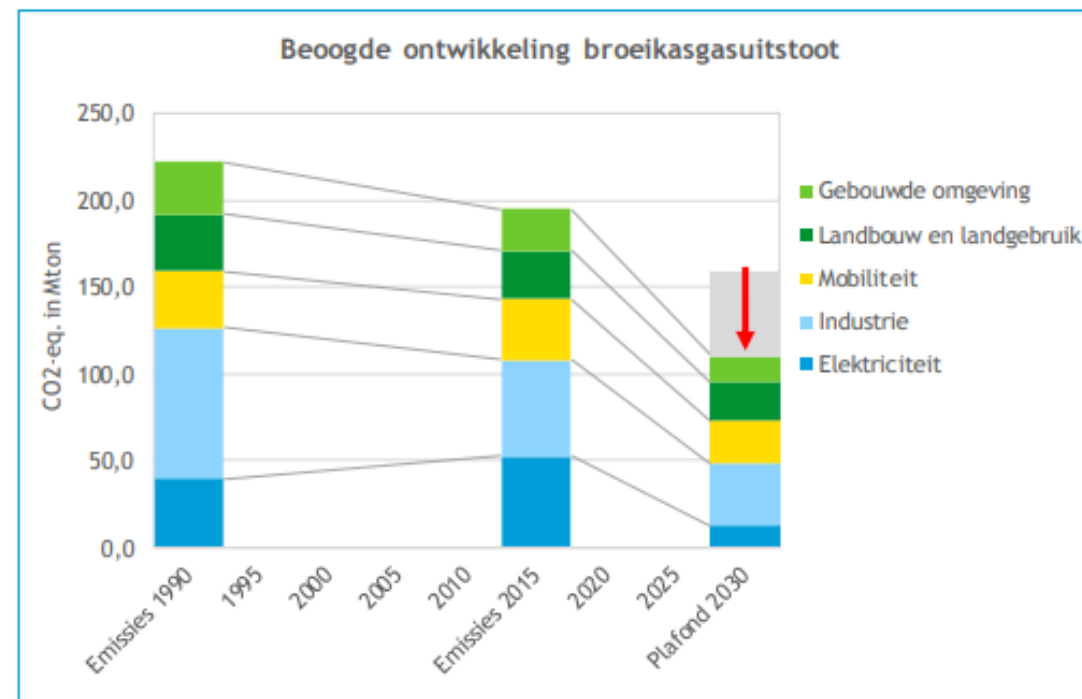


## CO2 uitstoot sectoren NL (CE Delft)

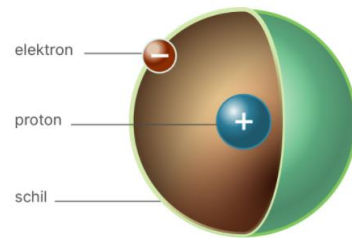
Figuur 3 - Ontwikkeling broeikasgasuitstoot met bestaand beleid



Figuur 4 - Beoogde ontwikkeling broeikasgasuitstoot volgens Klimaatakkoord



## Wat is waterstof?



Waterstofatoom



Waterstofmolecuul

Het waterstofatoom is het meest voorkomende, lichtste en eenvoudigste element in het universum.

De Latijnse naam is Hydrogenium. In het periodiek systeem staat het element H op plaats 1. Een waterstofatoom is opgebouwd uit 1 proton in de kern en 1 elektron, dat om het proton heen beweegt.

## Waar is waterstof goed in?

- *Compacte schone energiedrager*
- Opslag en transport zijn goedkoop en grootschalig mogelijk
- Hergebruik/ retrofit bestaande assets is makkelijker/goedkoper dan nieuwbouw



**1 waterstof  
caverne kan  
evenveel energie  
opslaan als 24  
miljoen Tesla  
Powerwalls**

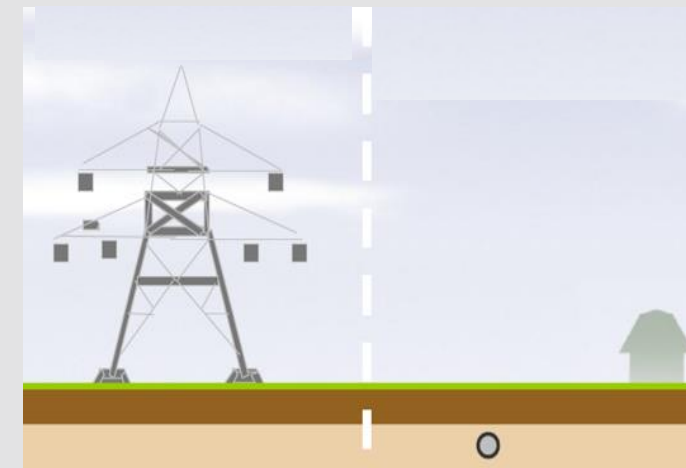
**Opslag in caverne  
is 1000 keer  
goedkoper als accu**



**1 waterstofleiding kan  
evenveel energie vervoeren  
als 8 hoogspanningslijnen**

**Transport per waterstofleiding  
is tot 20 keer goedkoper als  
elektriciteit**

**Huidige gascapaciteit is groot:**  
NL gasnet: 350 GW  
NL E-net: 20 GW

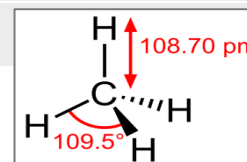
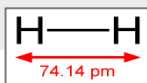


# Waterstof (H<sub>2</sub>) vs. methaan (CH<sub>4</sub>)

| Karakteristiek                           | Waterstof(H <sub>2</sub> ) | Methaan(CH <sub>4</sub> )  | Toelichting                                                    |
|------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Molecuulmassa                            | 2                          | 16                         | Lucht =29<br>H2 factor 14*lichter lucht                        |
| Dichtheid gasvormig*                     | 0,090 kg/m <sup>3</sup>    | 0,72 kg/m <sup>3</sup>     | Lucht 1.29 kg/m <sup>3</sup>                                   |
| Kookpunt                                 | -252 °C                    | -164 °C                    |                                                                |
| Vlampunt, -temperatuur                   | Nvt / 2045 °C              | -188 ° / 1875 °C           |                                                                |
| Zelfontbrandings- temperatuur            | 560 °C                     | 537 °C                     | Ggas 670 °C<br>Hgas 550 °C                                     |
| Energie-inhoud gasvormig*                | 10.8 MJ/m <sup>3</sup> (N) | 32 MJ/m <sup>3</sup> (N)   | Ggas 35 MJ/m <sup>3</sup> (N)<br>Hgas 55 MJ/m <sup>3</sup> (N) |
| Explosiegrens (LEL-UEL)<br>Brandbaarheid | 18-59%<br>4-74 %           | 5.7-14 %<br>5.3-15%        | Gebied factor 4-5 groter                                       |
| Ontstekingsenergie                       | 17 µJ                      | GGas=260 µJ<br>HGas=280 µJ | Factor 16 minder energie nodig                                 |
| Vlamsnelheid                             | 3.5 m/s                    | 0.37 m/s                   | Factor 10 sneller                                              |
| Expansie                                 | Warmt op<br>(+0.1°C/bar)   | Koelt af<br>(-0.5°C/bar)   | Reverse Joule-Thomson effect                                   |

# Waterstof (H<sub>2</sub>) vs. methaan (CH<sub>4</sub>)

| Karakteristiek              | Waterstof(H <sub>2</sub> )        | Methaan(CH <sub>4</sub> )           | Toelichting                              |
|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| Kleur gas/vlam              | Kleurloos/Kleurloos               | Kleurloos/blauw                     |                                          |
| Geur                        | Reukloos<br>(geen odorant bekend) | Reukloos<br>(odorant=THT)           |                                          |
| Corrosief                   | Nee                               | Nee                                 |                                          |
| Giftig                      | Nee                               | Nee                                 |                                          |
| Milieubelastend             | Nee                               | Ja (factor 25 tov CO <sub>2</sub> ) |                                          |
| Verbrossing                 | Mogelijk                          | Nee                                 |                                          |
| IR-absorptie                | Nee                               | Ja                                  | NB: Crowcon-Triple+ werkt op IR principe |
| Temp.klasse/Gasgroep [ATEX] | T1/ IIC (<20 µJ)                  | T1 / IIA (<180 µJ)                  | T1= max. 450 °C                          |
| Diffusie (in lucht)         | 0,061 m <sup>2</sup> /s           | 0,016 m <sup>2</sup> /s             | Factor 4                                 |
| Molecuul afm. [pm]          |                                   |                                     |                                          |



## Waterstof vraag in Nederland (bron DNVGL)



DNV GL identified the following major revisions across the five industrial clusters

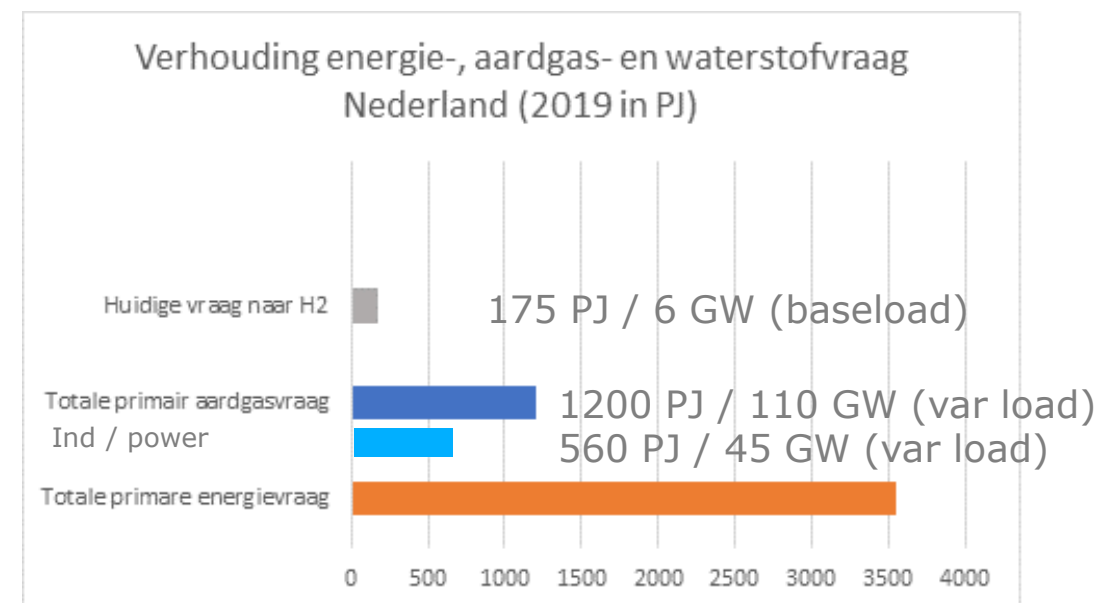
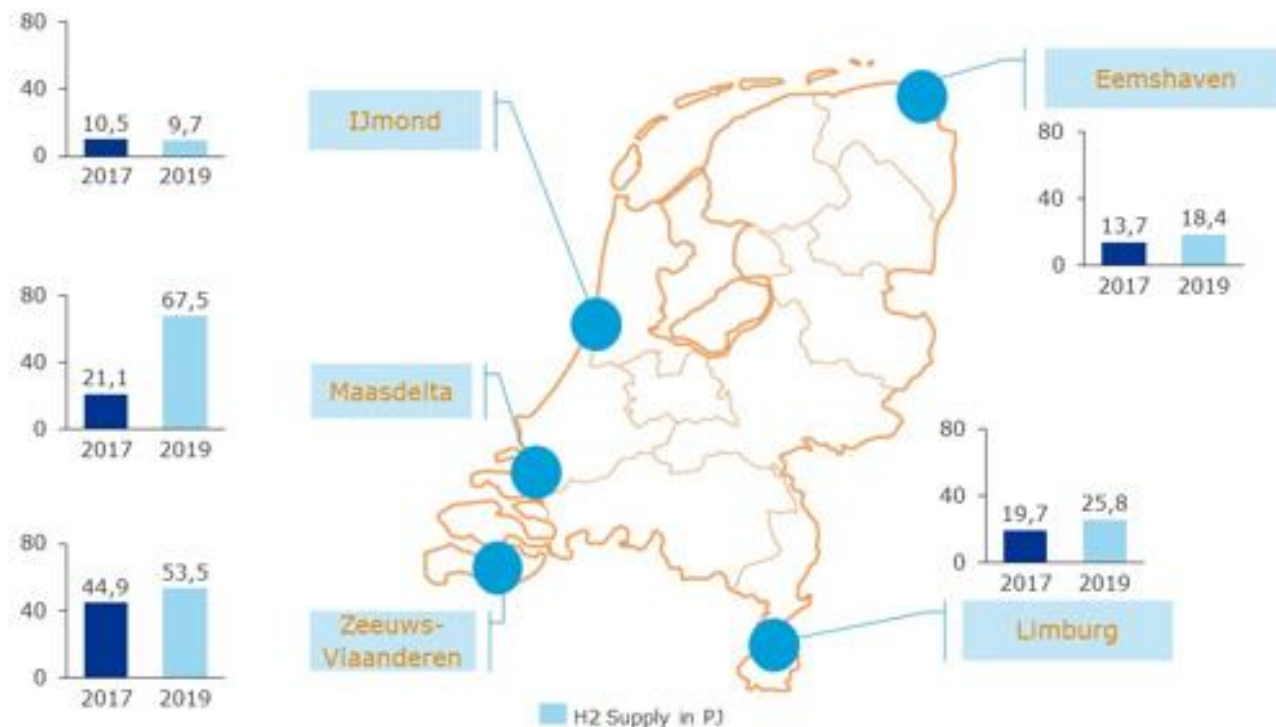
- Continued investment in refineries for desulphurization of fuel products and development of two large facilities producing hydrogen – using steam methane reforming (SMR) – in the Maasdelta cluster
- Revaluation of the hydrogen production capacity and utilization rates of two major fertilizer producers, with production via SMR
- The recent reinstatement of a methanol production facility in the Eemshaven cluster

Industrie gebruik nu (feedstock)

naar →

- methanol, ammoniak / kunstmest, olieraffinage / ontzwaveling,...
- nieuwe feedstock: synthetische kerosine, staal (HyBrit), ...
- heating (direct / indirect – glas, keramiek, steen, cement etc etc)
- elektriciteitsopwekking, mobiliteit, huishoudens

## Waterstof & energie vraag in Nederland (bron DNVGL)

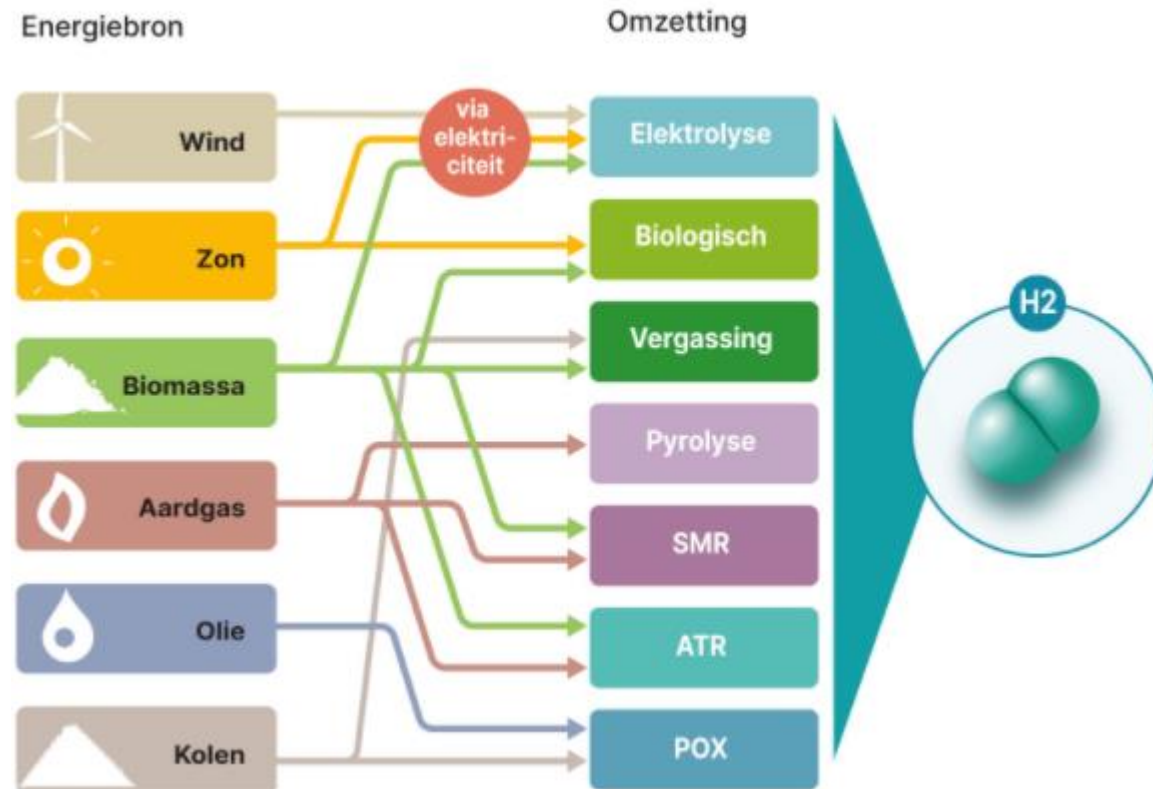


Uitstoot CO2  
1990

Nederland  
Aardgas  
industrie + power

230 Mton  
80 Mton  
125 Mton waarvan ca. 50% aardgas

## Waterstof is net als elektriciteit een energiedrager, waterstof ontstaat door conversie uit andere energiebronnen



Soms worden kleuren gebruikt om de oorsprong van waterstof aan te geven:

Groen: Waterstof gemaakt uit groene elektriciteit of uit biomassa

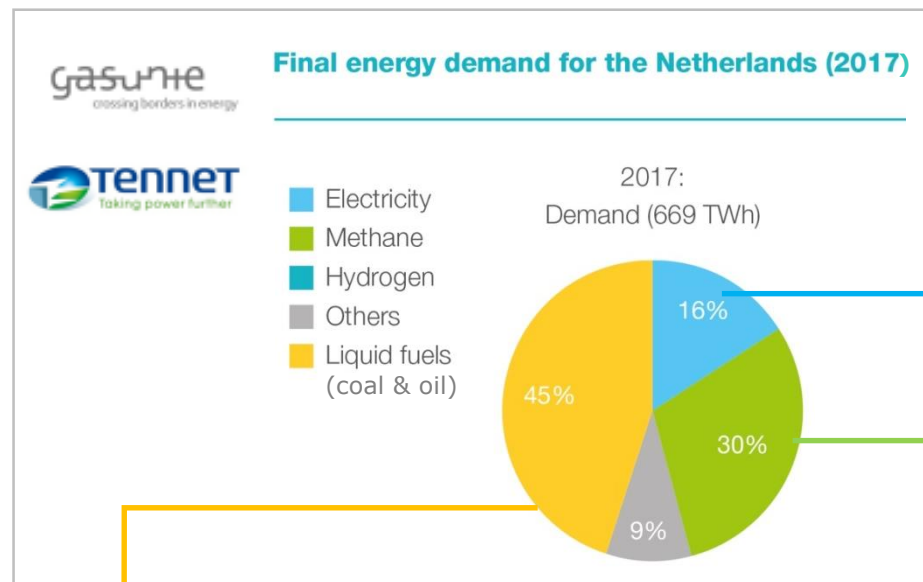
Blaauw: Waterstof uit aardgas, bij de SMR/ATR wordt de CO<sub>2</sub> afgevangen

Paars: Waterstof uit aardgas via pyrolyse: geen CO<sub>2</sub> productie, maar koolstof productie

- Iedere technologie heeft voor- en nadelen: kosten, volumes, efficiency, duurzaamheid, zuiverheid van de geproduceerde waterstof en de mate waarin de CO<sub>2</sub> wordt afgevangen.

## Volume

Elektriciteit, gas, olie en kolen spelen een belangrijke rol in het huidige energiesysteem.  
Duurzame elektriciteit kan olie en gas gedeeltelijk vervangen.  
Moleculen blijven nodig voor hoge temperatuur toepassingen, piekvraag en feedstock.



### Elektriciteit

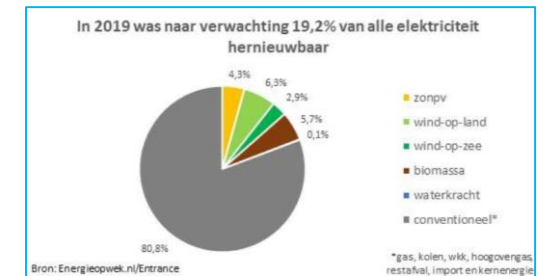
- Kracht en licht
- Lage temperatuur warmte
- 80% nog niet duurzaam

### (Aard)gas

- Elektriciteit (back up, piekvraag)
- Lage temperatuur warmte
- Hoge temperatuur warmte
- Feedstock
- 99% nog niet duurzaam

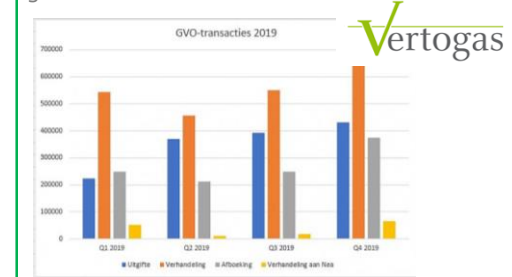
### Kolen en olie

- Hoge temperatuur warmte → Waterstof of groen gas
- Transport → Elektriciteit of waterstof
- Feedstock → Waterstof of groen gas
- 100% nog niet duurzaam



### Ontwikkelingen GvO's in 2019

Het gecertificeerde volume groen gas waarvoor Vertogas GvO's heeft uitgegeven steeg met circa 25% van 115 mln. m<sup>3</sup> in 2018 naar 144 mln. m<sup>3</sup> in 2019. Op basis van onze prognoses zal het volume dit jaar groeien naar circa 180 mln. m<sup>3</sup>.

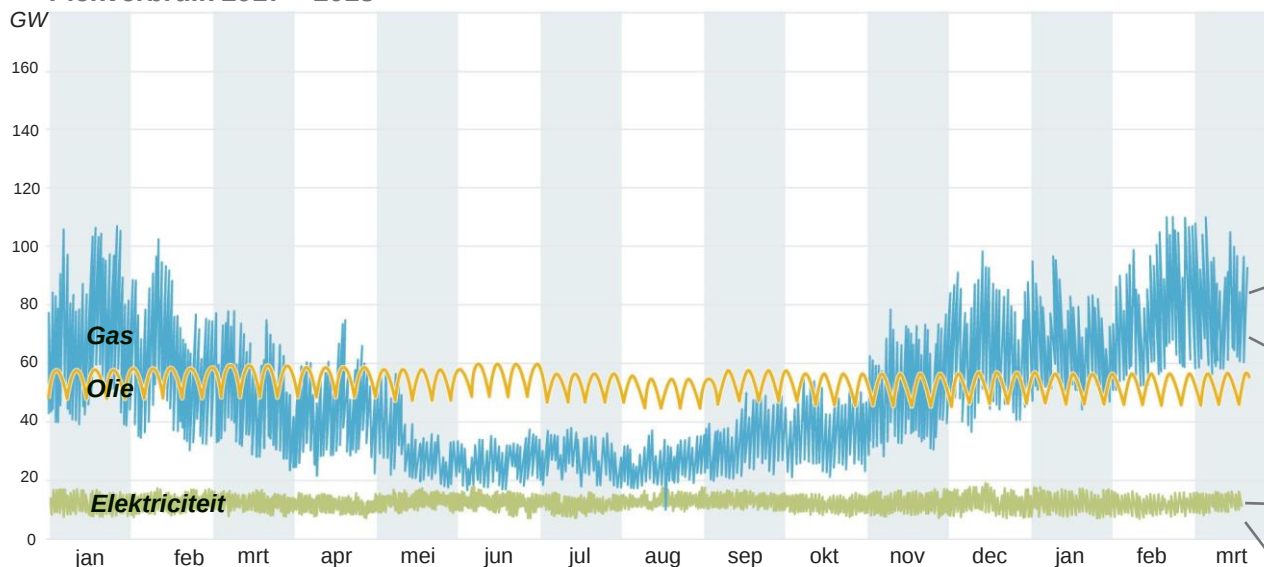


## Capaciteit (uur, dag)

De vraag naar energie fluctueert aanzienlijk: hoge vraag in de winter, lage vraag in de zomer. Momenteel voorziet aardgas in deze fluctuerende vraag door opslag in bergingen en cavernes.

### Consumption profiles

Piekverbruik 2017 – 2018



Energy Academy Europe, Groningen, december 19<sup>th</sup> 2019

Nu: opslag van (aard)gas in gasvelden en cavernes

Straks: Opslag van waterstof

Nu: aardgas in elektriciteitscentrales biedt hoge mate van flexibiliteit aan elektriciteitssysteem.

Straks: hernieuwbaar (niet regelbaar) en CO<sub>2</sub>-vrij vermogen (regelbaar)

## Infrastructuur

Het huidige gasnetwerk biedt veel meer transportcapaciteit dan het elektriciteitsnetwerk. Een geïntegreerde infrastructuur inclusief opslag is essentieel.

### TenneT hoogspanningsnet



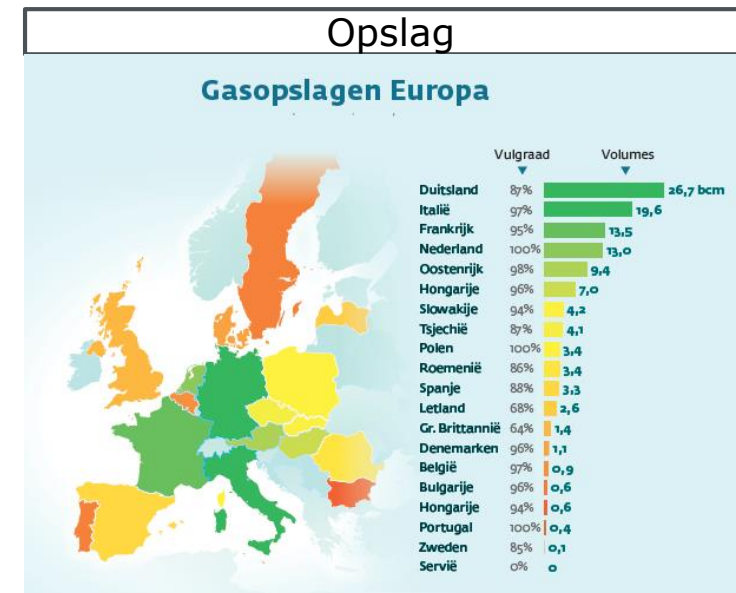
Transport Capaciteit: 20 GW  
Eindverbruik 2019: 106 TWh

### GTS hogedruknet



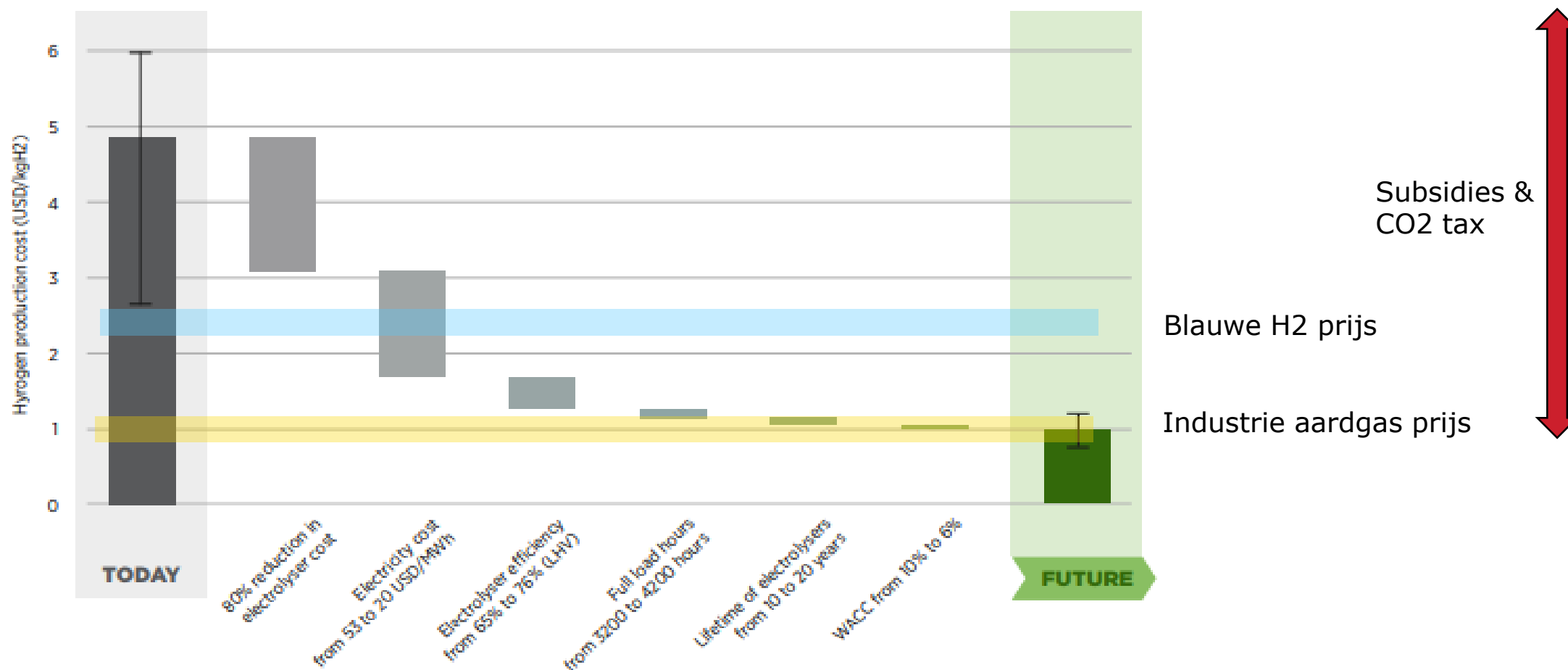
Transport Capaciteit: 350 GW  
Primair verbruik 2019: ~350 TWh

### Opslag



Opslag capaciteit NL: ca 140 TWh  
Europese landen zijn voor leveringszekerheid van elkaar afhankelijk. Gasopslagen zijn cruciaal

## De uitdaging : kostenreductie



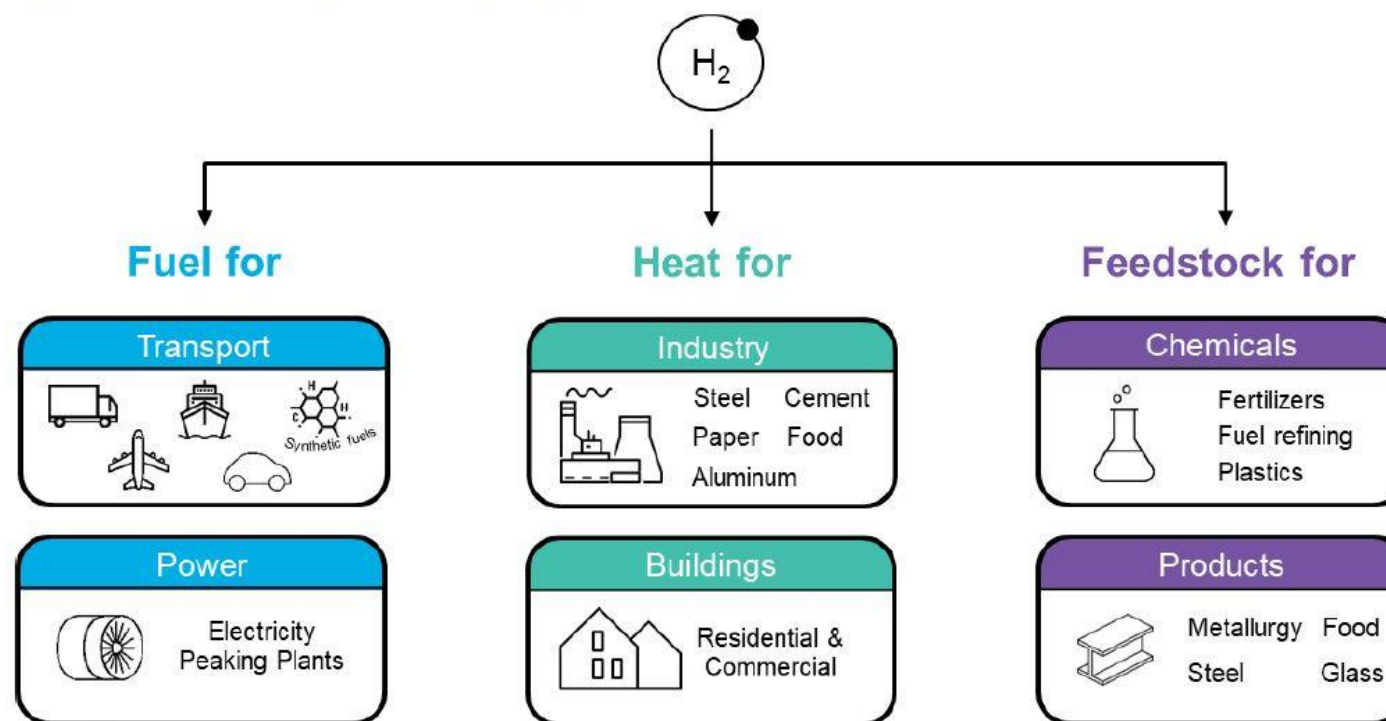
Kostprijs ontwikkeling groene waterstof (bron Irena)

Thanks!



## Het gebruik van waterstof

Figure 2: The many uses of hydrogen

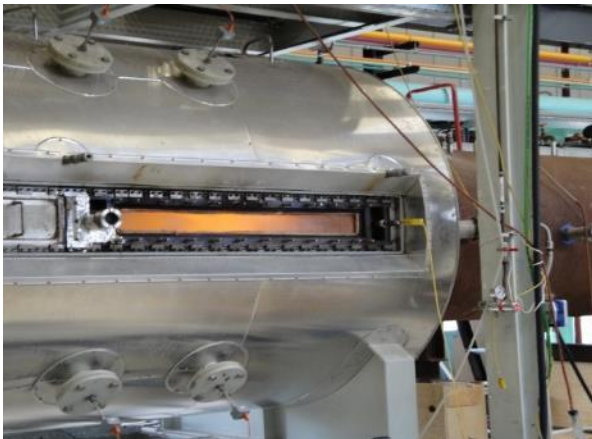


Source: BloombergNEF

| Industry                                                                            |                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|   | Steel   Cement<br>Paper   Food<br>Aluminum |
| Chemicals                                                                           |                                            |
|  | Fertilizers<br>Fuel refining<br>Plastics   |
| Products                                                                            |                                            |
|  | Metallurgy   Food<br>Steel   Glass         |

## Het gebruik van waterstof voor industrie

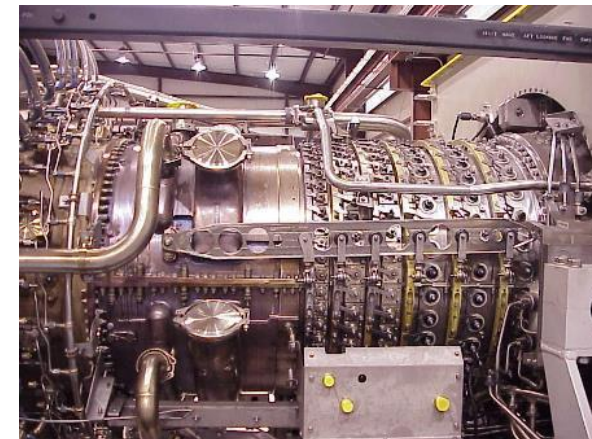
- Nu al grote inzet als grondstof (kunstmest, raffinage)
- Vooral voor hoge temperaturen ( $>600^{\circ}\text{C}$ ) weinig alternatief
- Retrofit met waterstof: alleen brander vervangen...
- Halen klimaatdoelen: grote stappen in CO<sub>2</sub>-reductie zijn noodzakelijk!



Industrial burners



Engines



Turbines

## Productie van blauwe of paarse waterstof

### Steam Methane Reforming (SMR)

#### Productieproces

- SMR bestaat uit een reactie waarbij methaan en stoom reageren tot een mengsel van  $H_2$ , CO en  $CO_2$ .
- Met een WGS (WaterGasShift) kan het gevormde CO met  $H_2O$  omzet worden in  $CO_2$  en additioneel  $H_2$ .
- Dit gebeurt bij een temperatuur tussen de 500 en 900 °C.
- SMR is momenteel de goedkoopste en efficiëntste manier om waterstof te produceren.

#### Kenmerken

- Efficiency: 75-80%
- Zuiverheid geproduceerde waterstof: 95%-99,99%.
- $CO_2$ -uitstoot: 9 kg  $CO_2$  per kg  $H_2$
- $CO_2$ -afvang: 66%

### Autothermische Reforming (ATR)

#### Productieproces

- ATR bestaat uit twee reactiestappen. De eerste is dezelfde als bij SMR. Daarna volgt in de reactor nog een reactie van de waterstoom uit de eerste reactie met pure zuurstof.
- Voordeel daarvan is dat de  $CO_2$  vrijwel volledig kan worden afgevangen.
- Voor dit proces is een temperatuur van 900-1150°C nodig.

#### Kenmerken

- Efficiency: 75-80%
- Zuiverheid geproduceerd waterstof: 95%-99,99%.
- $CO_2$ -uitstoot: 10 kg  $CO_2$  per kg  $H_2$ .
- $CO_2$ -afvang: 95%

### Pyrolyse

#### Productieproces

- Bij pyrolyse wordt methaan bij hoge temperaturen omgezet in waterstof en koolstof, de 40% energie in C wordt niet benut
- Er komt geen  $CO_2$  vrij en koolstof kan soms nuttig gebruikt worden.
- Enige commerciële fabriek in wereld werd alleen gebruikt voor koolstofproductie
- Meeste pyrolyse technologieën nog laag TRL nivo

#### Kenmerken

- Energetische efficiency: 40-50%
- Waterstofconversie efficiëntie: 70-95%
- Zuiverheid geproduceerde waterstof: 95%-99,99%
- $CO_2$ -uitstoot: 0 (alleen indirecte emissies)

## HyNS: Refit from natural gas to hydrogen pipeline → operational 2018



- Smart Delta Resources (Zeeland): Hydrogen for the region
- Energy savings
- Road transport savings
- CO<sub>2</sub> emission reduction
- 12 km pipeline re-used
- Operational since end 2018!
- Company: Hy Network Services

# Gasunie hydrogen backbone

Local backbone branches  
 Regional backbone ribs  
 Country main backbone  
 NW Europe cross border networks

Re-use low cost / little impact  
 Storage balancing demand / supply  
 Large scale & 1400 km, ± 42"  
 capacity > CO<sub>2</sub> red. potential

## Phases



- Development of regional backbones, including connections to Germany and the northern Netherlands
- Industrial clusters interconnected and connected to hydrogen storage facilities
- Backbone connected to European hydrogen backbone

