

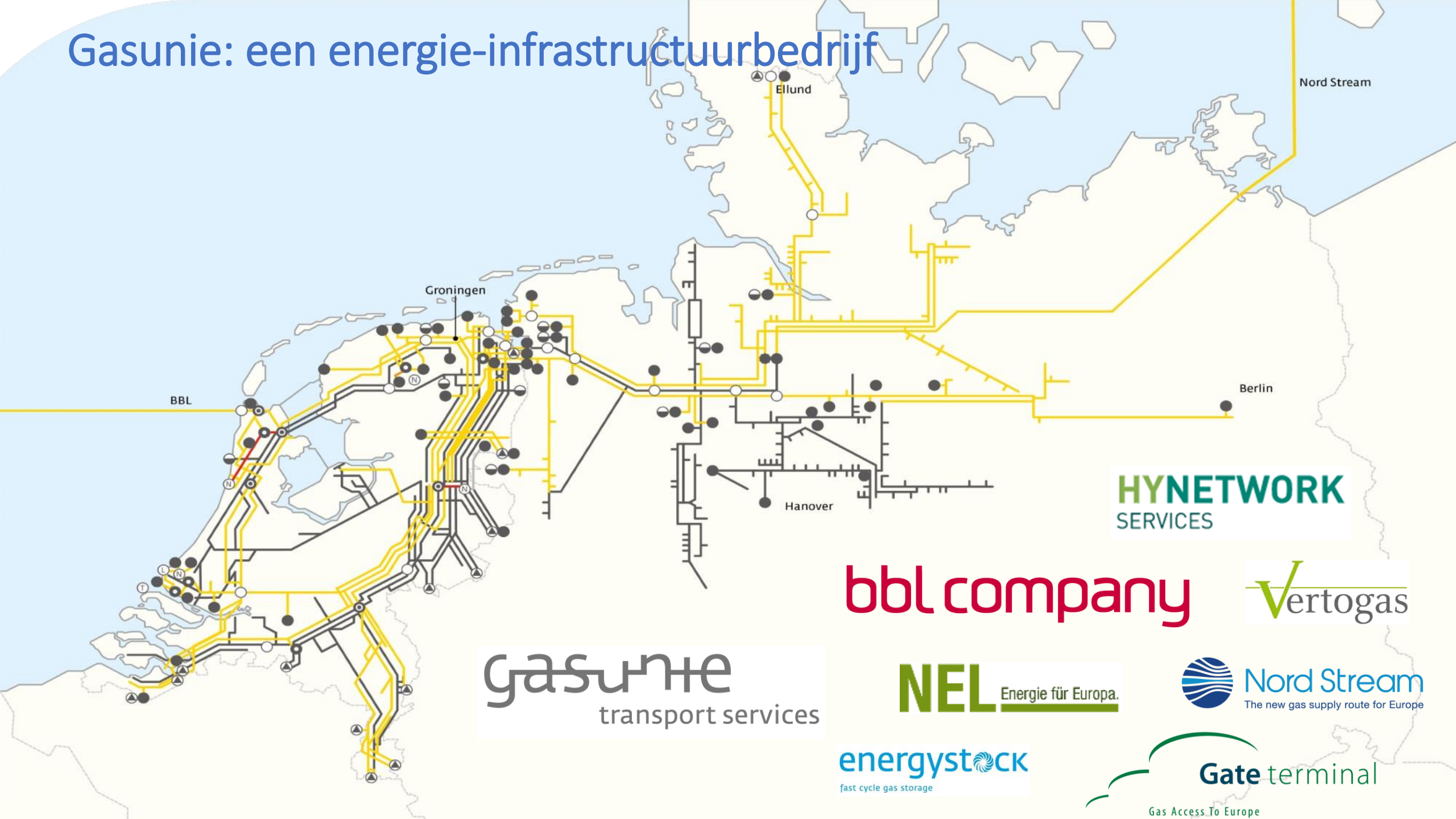
Waterstofontwikkelingen Gasunie

- Gasunie
- Energietransitie
- Waterstof
- Waterstofontwikkelingen NL (backbone) en Europa
- Waterstoftransport door bestaande aardgasnetwerk

Martin van Agteren



Gasunie: een energie-infrastructuurbedrijf



HYNETWORK
SERVICES

bbl company

Vertogas

gasunie
transport services

NEL Energie für Europa.

Nord Stream
The new gas supply route for Europe

energystock
fast cycle gas storage

Gate terminal
Gas Access To Europe

Illustratie GTS hoofdtransportleidingnet (HTL)

Bron: GTS (2020a)



- In Nederland kennen we de volgende aardgasnetten:
 - Hoge druk aardgastransportnet (Gasunie Transport Services (GTS), 100% staatseigendom¹⁾), en bestaat uit:
 - Het hoofdtransportleidingnet (HTL)*
 - Het regionale transportleidingnet (RTL)*
 - Lage druk aardgasdistributienet (Regionale netbeheerders)
- Het hoofdtransportleidingnet van Gasunie vervoert geïmporteerd gas en gas uit Nederlandse aardgasvelden via (internationale) verbindingen door heel Nederland en Noord-Duitsland. Dit net vertakt zich vervolgens in regionale transportleidingen- en distributienetten (Netbeheer Nederland, 2019)
- Gasunie beheert in Nederland het hoge druk aardgastransportnet. Dit bestaat uit ca. 12.000km aardgasleidingen, waarvan de helft hoofdtransportleidingen en de andere helft regionale transportleidingen: Het HTL heeft een ontwerpdruk van 66,2 en 79,9 bar, het RTL heeft een ontwerpdruk van 40 bar. De distributienetten bestaan uit ca. 130.000km lagedrukleidingen (in de regel 0,03 - 8 bar) en worden beheerd door de regionale netbeheerders
- Bijzonder aan het Nederlandse HTL is dat het uit twee gescheiden netten bestaat: het ene net transporteert alleen laagcalorisch gas (L-gas ofwel G-gas), het andere alleen hoogcalorisch gas (H-gas). Deze situatie is ontstaan omdat het aardgasveld onder Groningen laagcalorisch gas bevat, terwijl gas uit de Noordzee en geïmporteerd gas een hogere calorische waarde heeft. De calorische waarde is een maat voor de energie-inhoud van gas: hoe hoger, hoe meer energie 1 m³ aardgas bevat. Door bijmengen van stikstof kan Gasunie H-gas omzetten in L-gas
- Het G-gas wordt voornamelijk gebruikt in de huishoudelijke en commerciële markt in Nederland, H-gas wordt met name gebruikt in de industrie en elektriciteitscentrales. Beide gassoorten worden momenteel ook geëxporteerd naar buurlanden (DNV-GL, 2017)
- Een extra bijzonderheid van het Nederlandse HTL is dat het een groot aantal parallelle leidingen kent, waar het RTL en de regionale distributienetten fijnmaziger en veelal niet parallel zijn uitgevoerd

Strategie

Zorgdragen voor een veilige, betrouwbare, betaalbare en duurzame gasinfrastructuur in ons kerngebied



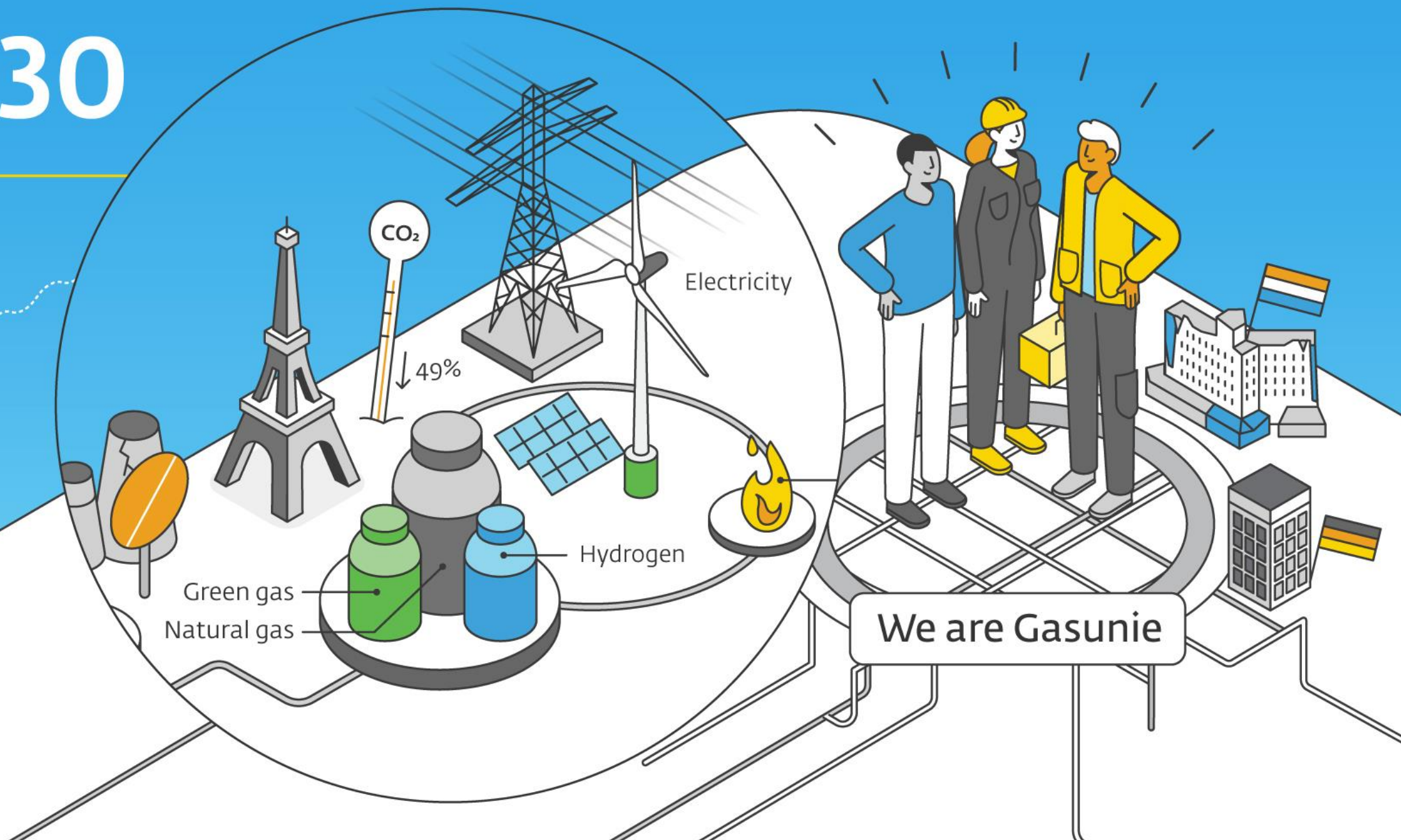
Door actieve participatie bijdragen aan een effectieve en efficiënte gas-infrastructuur en diensten ten behoeve van goed functionerende markten voor aardgas en LNG in Europa



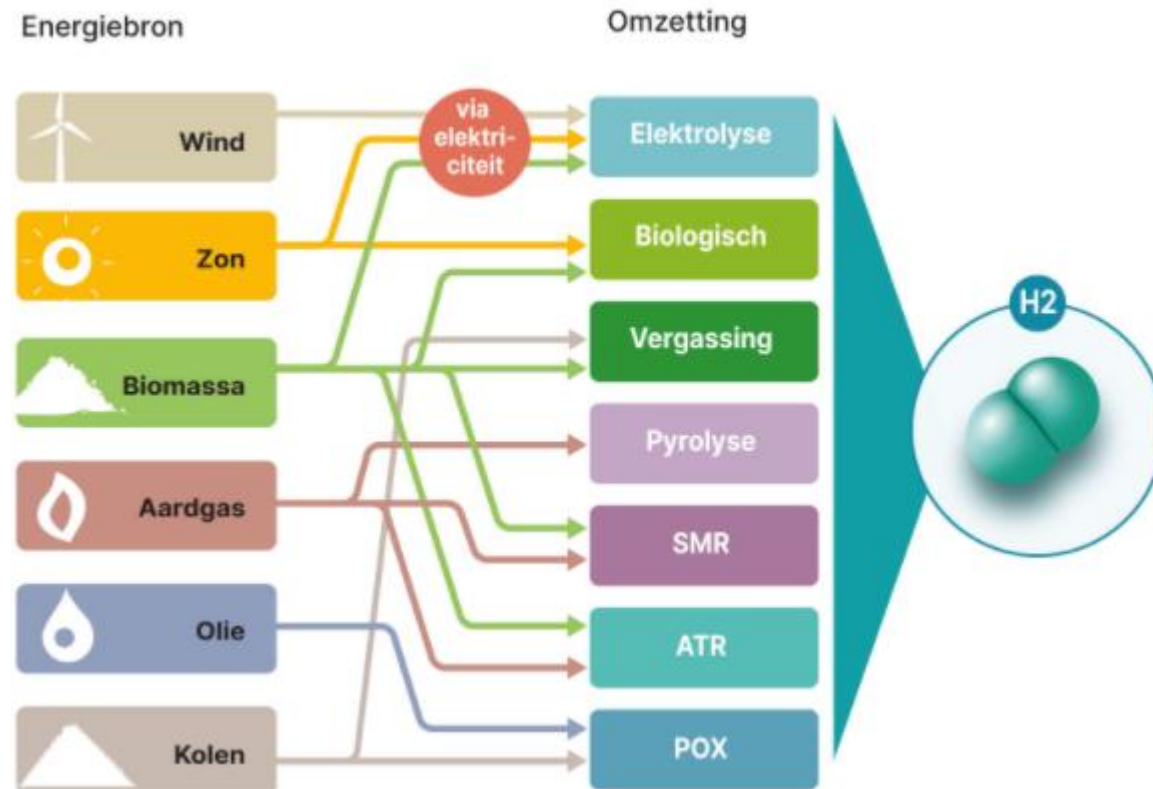
Versnellen van de transitie naar een CO2-neutrale energievoorziening



2030



Waterstof is een energiedrager en ontstaat uit conversie van energiebronnen



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

Groen: Waterstof gemaakt uit groene elektriciteit of uit biomassa

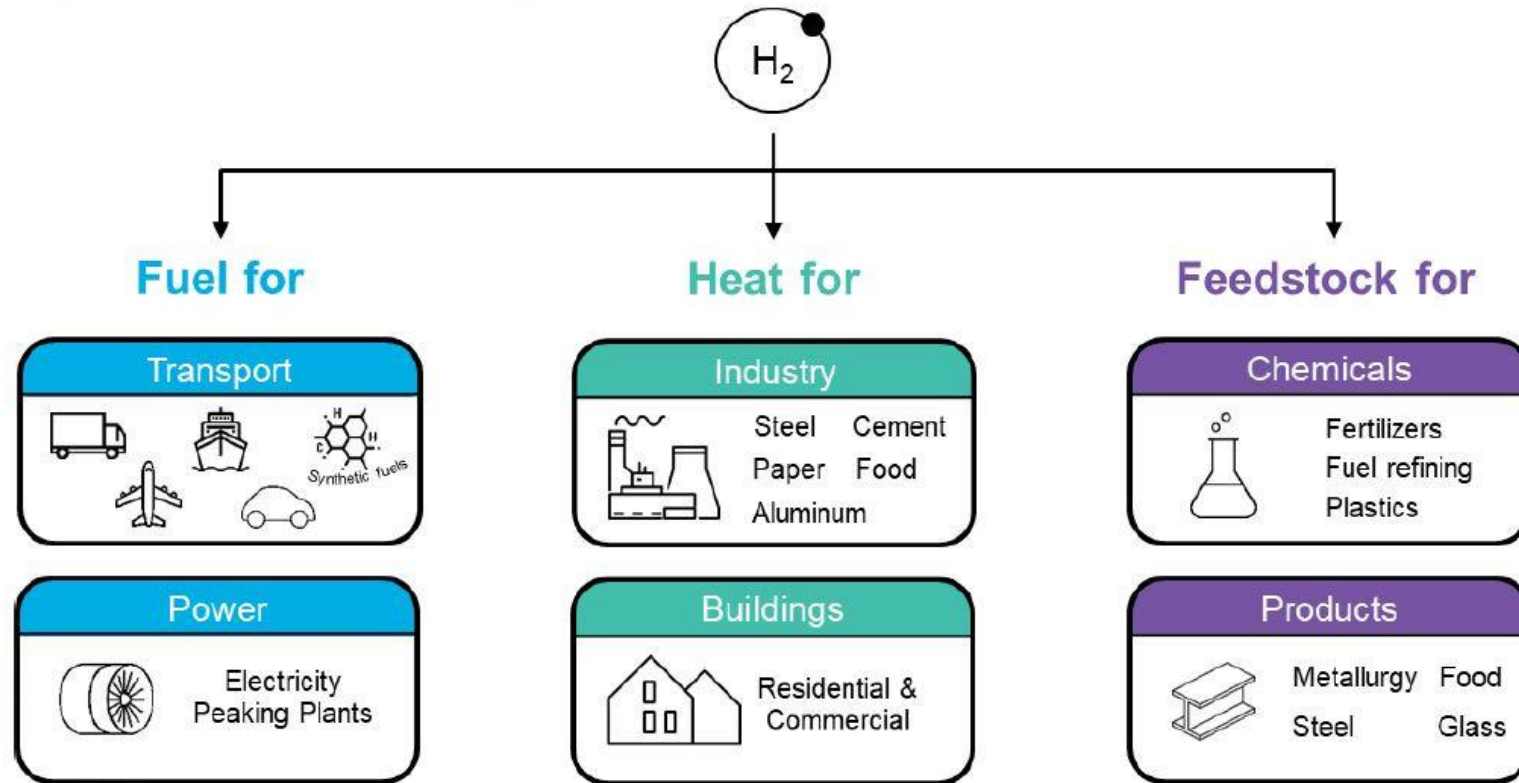
Blauw: Waterstof uit aardgas, bij de SMR/ATR wordt de CO₂ afgevangen

Grijs: Waterstof uit aardgas zonder CO₂ afvang

Paars: Waterstof uit aardgas via pyrolyse: geen CO₂ productie, maar koolstof productie

Het gebruik van waterstof (molecuul)

Figure 2: The many uses of hydrogen



Source: BloombergNEF

Wat is de toegevoegde waarde van waterstof als energiedrager?

- Schone energiedrager bij gebruik $2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 \Rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$
- Opslag en transport zijn relatief goedkoop en grootschalig mogelijk
- Hergebruik bestaande assets is mogelijk en factor 10 goedkoper dan nieuwbouw
- Groene moleculen (en groene stroom) zijn belangrijk voor de energie transitie



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

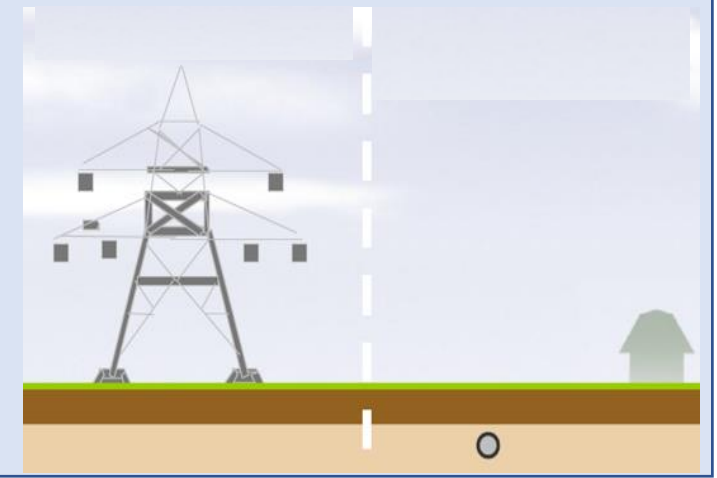
**Opslag in caverne
is 1000 keer
goedkoper als accu**



**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



Moving towards 2030 and 2050 with hydrogen

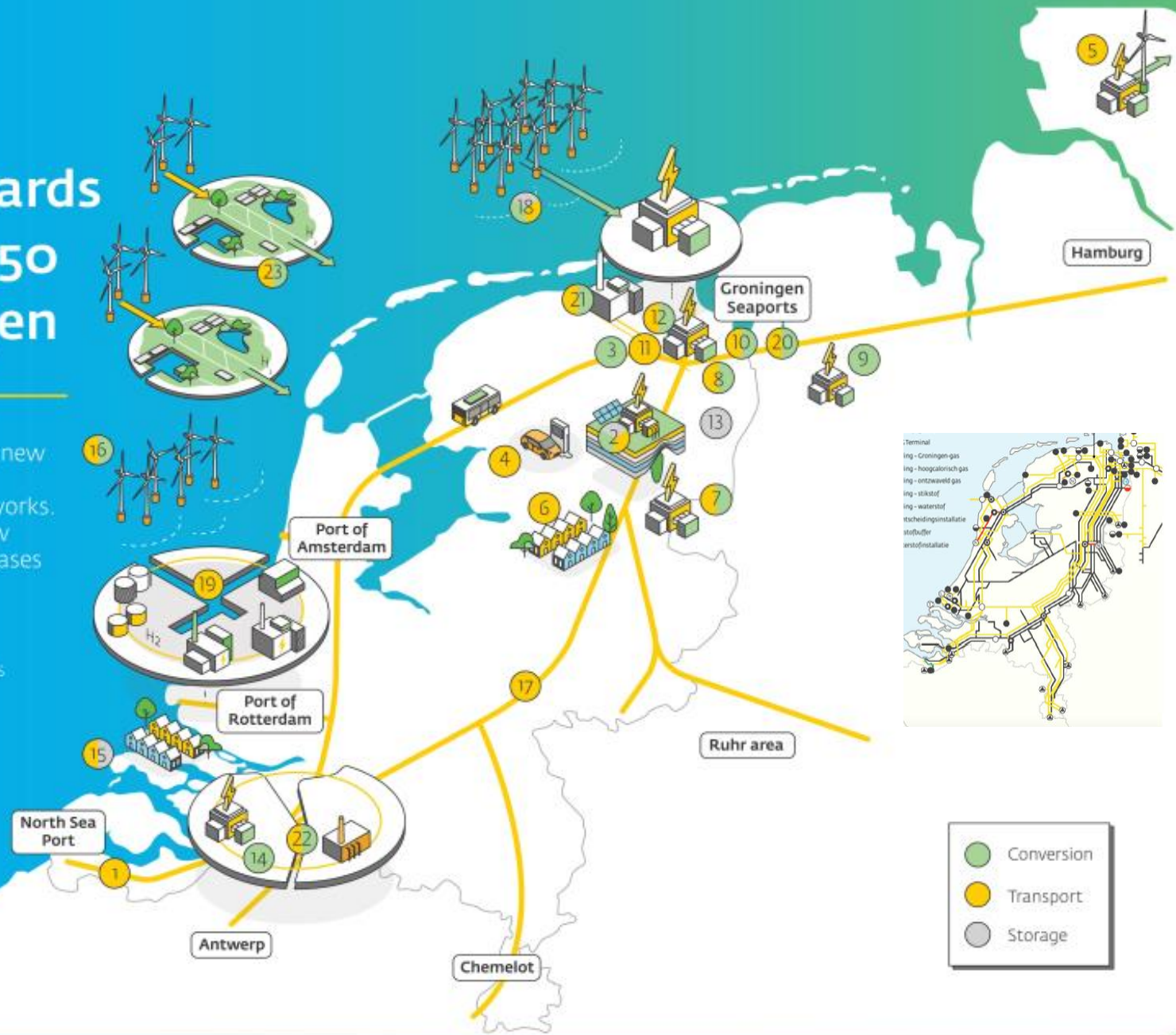
The energy transition requires new forms of infrastructure and intelligent use of existing networks. Gasunie wants to invest in new infrastructure for renewable gases such as hydrogen.

2016 Paris Agreement:

Global warming set at a max. 2°C. This requires CO₂-reduction in the Netherlands of:

- 40-50% in 2030
- 85-100% in 2050

Hydrogen as a fuel and as a raw material can help to achieve CO₂-reduction targets.



Gasunie hydrogen backbone

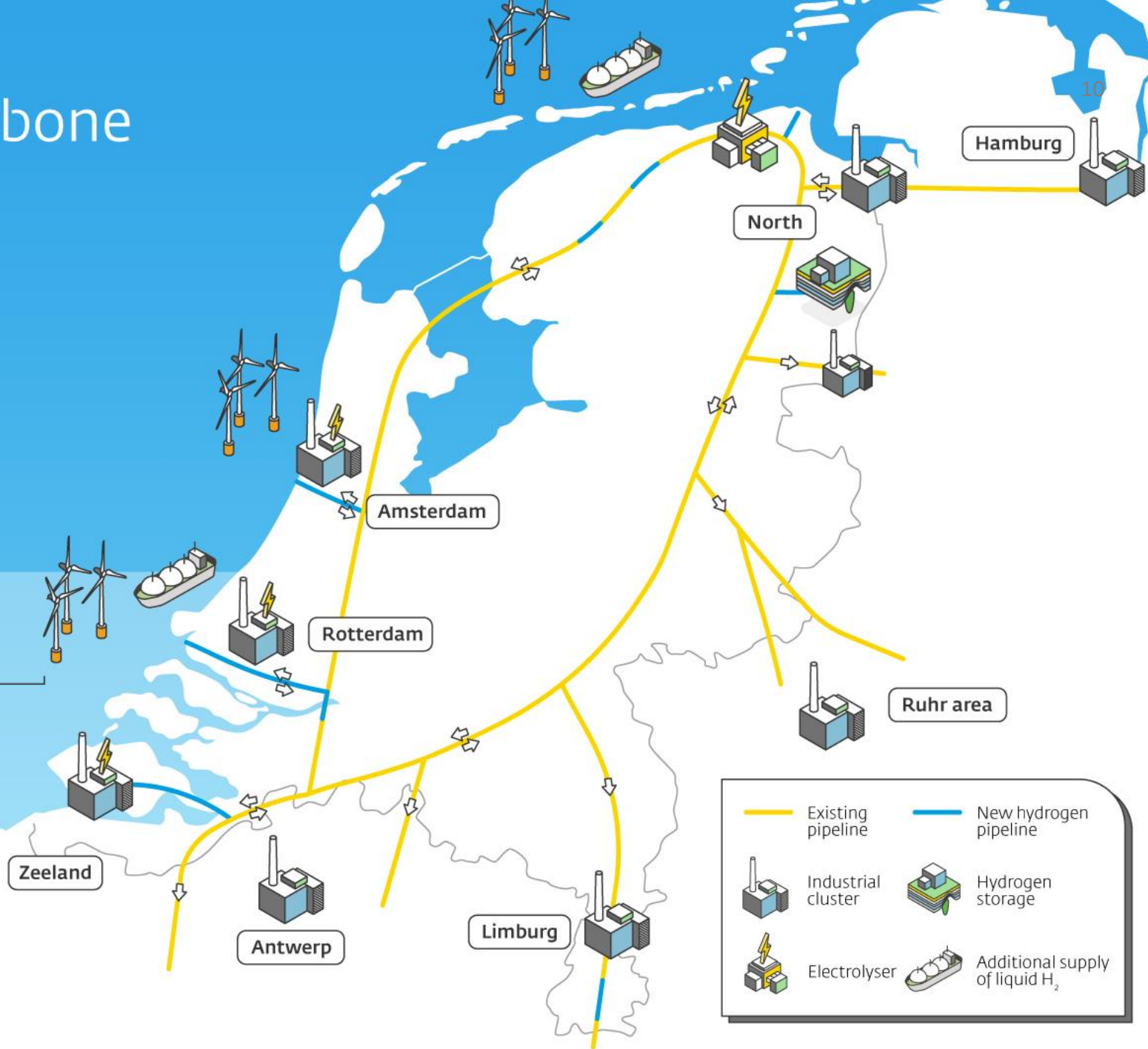
Local backbone branches
 Regional backbone ribs
 Country main backbone
 NW Europe cross border networks

Re-use low cost / little impact
 Storage balancing demand / supply
 Large scale & 1400 km, ± 42"
 capacity > CO₂ red. potential

Phases

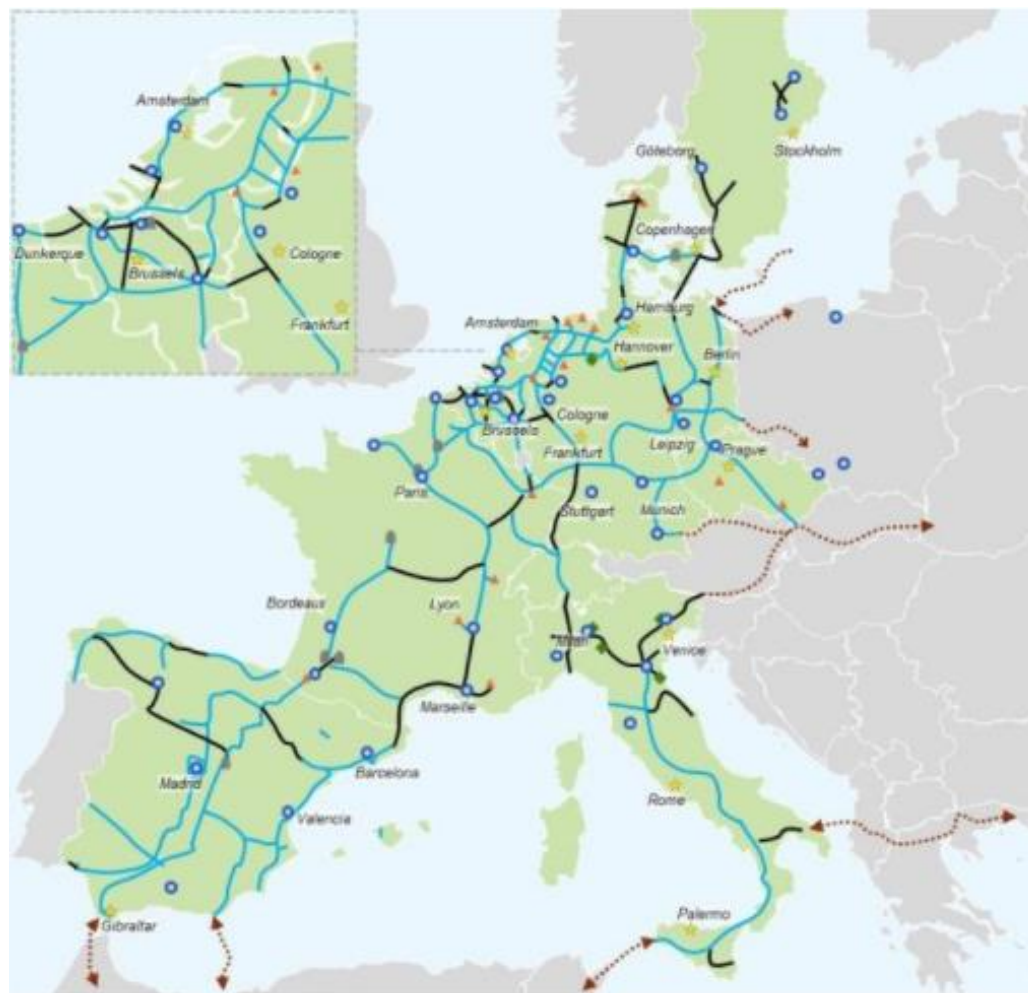


- Development of regional backbones, including connections to Germany and the northern Netherlands
- Industrial clusters interconnected and connected to hydrogen storage facilities
- Backbone connected to European hydrogen backbone



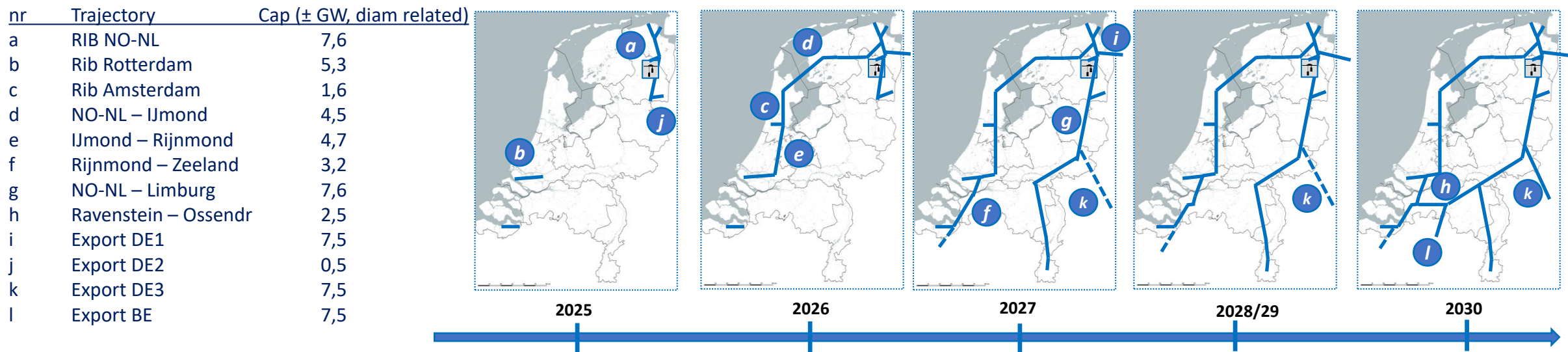
Waterstof in Europa

Samen met 10 andere gasinfrastructuurbedrijven uit negen Europese lidstaten heeft Gasunie plannen gemaakt voor een Europees waterstofnetwerk. Meer daarover leest u in het [persbericht en visiedocument over de Europese waterstofbackbone](#).



H2 backbone – envisaged development - ambition

Possible phasing of the H2 network, actual steps depending on (market) opportunities



Design characteristics

- build-up largely from existing natural gas pipelines
- magnitude of investments 1,5 – 2,0 billion €
- initial government funding -> commercial contracts
- physical constraints & market requirements

around 10 – 15 GW excluding compression (-> 2035/40)
25 -> 50 GW or more including compression (-> 2040)

from zero to full load 2025 -> 2035/40

tariffs should be “minor part of H₂ cost chain”

design bandwidth of pipeline specifications

kenmerk	Methaan (aardgas)	Waterstof
Kleurloos	Ja	Ja
Reukloos	Ja	Ja
Brandbaar	Ja	Ja
Explosief	Ja	Ja
Corrosief	Nee	Nee
Molecuulgrootte [pm]	200	75
Relatieve dichtheid (lucht = 1)	0,55	0,07
Verbrandingsgrenzen (onder- en bovengrens [%])	4,4 – 17	4,0 - 77
Minimale ontstekingsenergie [mJ]	0,26	0,02
Verbrandingsenergie [MJ/m³]	31	11
Vlamkleur	Blauw	Kleurloos
Broeikasgas (Infrarood absorptie)	Ja	Nee
Waterstofverbrossing	Nee	Kan
Benodigde zuiverheid	n.v.t.	n.t.b. (90 – 99,9%)

Aandachtspunt	Maatregel	Type
1. Lekgevoeligheid	1A Vervangen en/of reviseren afsluiters i.v.m. mogelijke lekkage	
	1B Vervangen overige lekgevoelige onderdelen (m.u.v. afsluiters)	
2. Verontreinigingen	2A Reinigen van bestaande leidingen i.v.m. verontreinigingen	
3. Lagere (energie)dichtheid	3A Inregelen of vervangen meetapparatuur in verband met andere stroomsnelheid en gassamenstelling	
	3B (Op termijn) vervangen van compressoren in verband met ongeschiktheid bestaande compressoren	
4. Defectgroei	4A In kaart brengen maximale operationele drukken, aanpassen operationele werkwijzen en aanleggen van leidingdossiers	
	4B Ontwikkelen en aanpassen van werkwijzen voor het uitvoeren inline inspecties	
5. Ontstekingsrisico	5A Opleiden van technici voor omgang met waterstof	
	5B Aanpassen van werkwijzen bij leidingmodificaties	
	5C Aanschaf van veilige elektronische meetapparatuur voor beheer en onderhoud	



= Aanpassingen aan bestaande net



= Aanpassingen aan werkwijzen

HyNS: Succesvolle ombouw van een aardgasleiding naar waterstofleiding



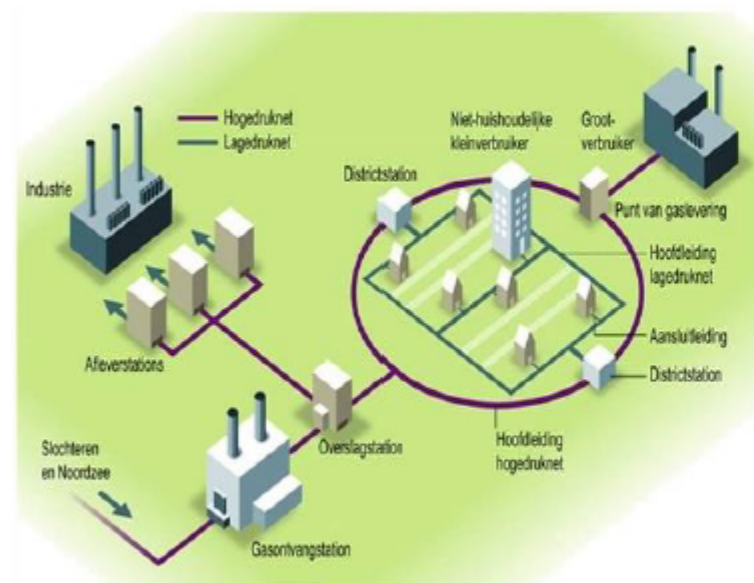
- Door deze leiding in Zeeland stroomt waterstof dat vrijkomt uit de kraakinstallaties van Dow en wordt ingezet als grondstof in de productie van Yara
- Operationeel sinds 2018!
- Stalen pijpleiding:
 - bestaand deel uit 1996 lengte 11,7 km diameter 16"
 - nieuw deel lengte 700 m diameter 12"
 - ontwerpdruk 66,2 bar
 - werkdruk 32 bar
- Nieuwe begin- en eind afsluiterstations
- Geen compressie of metering

Waterstofleiding

Integriteit en veiligheid aastransport

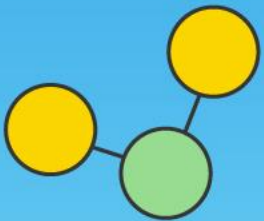
Betreft	Wat speelt, gevolg	Maatregelen	OK
Technisch	Corrosie inwendig	Waterdauwpunt < -8 °C	✓
	Corrosie uitwendig	Geen	✓
	Degradatie, scheurpropagatie	Geen	✓
Proces	Drukbeveiliging	Geen	✓
	Gaskwaliteit scheiding gasnet	Extra afsluiter, blindflens	✓
Arbeid	Lage ontstekingsdrempel Ruime ontstekingsgrenzen Explosieveiligheid Lassen, afblazen	H ₂ sensitieve detectie Apparatuur gasgroep IIC Flare in plaats van vent Geen gasklussen met gas- voerend lassen. Druk vrij maken via DOW	✓
	Lekkage flenzen, afsluiters	Geen	✓
	Aanwezigheid van koolmonoxide	CO-detectie apparatuur	✓
Extern	PR contour neemt toe (binnen 10 ⁻⁶ /km.jr geen kwetsbare objecten)	Overdruk beveiliging systeem Tijdige evaluatie zettingen & spanningen	✓
	Bestemmingsplan niet op waterstof transport afgestemd	Wijziging bestemmingsplan Omgevingsvergunning	✓

Huidige koppeling van bedrijven en gebouwde omgeving via distributienetten *bron: Liander*



- 1 Odorisatie:** Middels odorisatie voegt Gasunie op meet- en regelstations en op diverse gasontvangststations een kenmerkende zwavelgeur (tetrahydrothiofeen, THT) toe aan het geurloze aardgas, alvorens het aardgas richting regionale netbeheerders of afnemers te distribueren. Door deze geurstof worden een groot aantal storingen in een vroeg stadium gevonden en de veiligheid verhoogd. In verband met mogelijke problemen bij industriële afnemers voorziet Gasunie (in lijn met het huidige HTL) geen odorisatie toe te passen in de landelijke waterstof backbone. In de verdere uitrol van waterstof via de regionale transport- en/of distributienetten zal bepaald moeten worden of waterstof geodoriseerd moet worden, of dat andere veiligheidsmaatregelen passender zijn bij waterstoftoepassingen. Voor bijvoorbeeld de CV ketel is odorisatie geen probleem.
- 2 Gaskwaliteit:** Gasunie gaat voor de backbone momenteel uit van een zuiverheid van ~98%.¹⁾ Op dit moment ontbreken er nog afspraken en/of regelgeving over de vereiste zuiverheid in de distributienetten. Afspraken hierover moeten in gezamenlijkheid en op tijd gemaakt worden.
- 3 Effect op leveringszekerheid:** Het effect op de leveringszekerheid (voor zowel voor nieuwe waterstof- als overblijvende aardgasleidingen) als gevolg van de omzetting van bestaande leidingen naar waterstof moet in kaart gebracht worden. Hierover moeten afspraken gemaakt worden met betrokken partijen.
- 4 Teruglevering:** In de toekomst zou ook lokaal geproduceerde waterstof aan de backbone gekoppeld kunnen worden. Hiervoor moeten de distributienetten wel nog geschikt gemaakt worden voor tweerichtingsverkeer (o.a. op druk brengen)
- 5 Vergunningverlening:** Voorwaarden voor vergunningverlening verschillen nu nog per omgevingsdienst/ gemeente. Harmonisatie van voorwaarden is van belang voor efficiënte voortgang en veiligheid.
- 6 Normalisatie:** Voor aansluiting van netwerken en gebruikstoestellen zijn normen nodig (ISO, NEN) om duidelijkheid en daarmee veiligheid en investeringszekerheid te creëren. Deze normen moeten nog over de keten heen opgesteld worden.

Thanks!



Back-up

Hydrogen Transport Calculations

1. Hydrogen versus natural gas

- Calorific value H_2 : 12 MJ/m³
- Calorific value G-gas: 35,17 MJ/m³

Gas velocity 3x
higher

Rotation velocity
compression
1,74x higher

2. Energy content (kWh) and transmission capacity (GW)

1 m³ G-gas ~ 10 kWh
1 m³ H₂ ~ 3 kWh

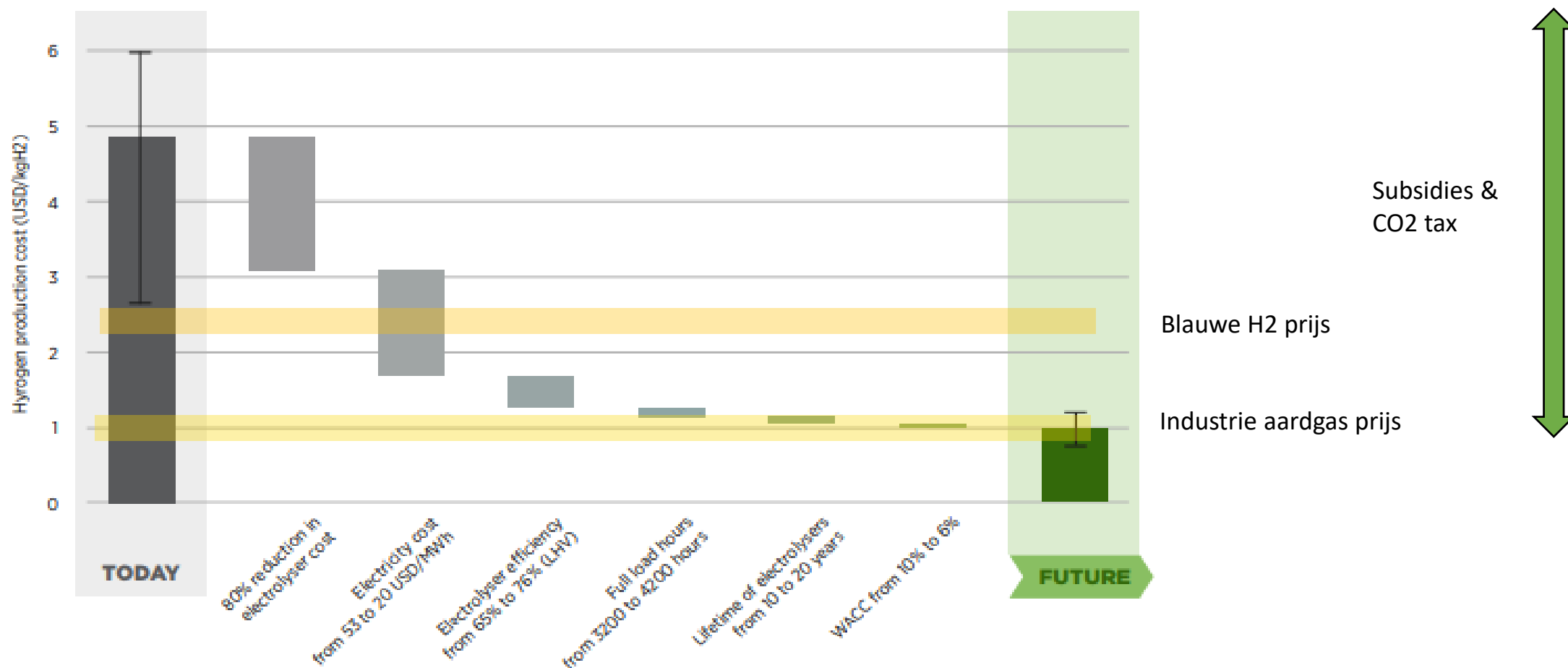
1 mln m³/h G-gas ~ 10 GW
1 mln m³/h H₂ ~ 3 GW

Pipeline transmission capacity of G-
gas and hydrogen is almost equal

Rekenmethodiek is voor waterstof momenteel nog onafhankelijk van leidingparameters (zoals diameter)

- In het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen (Bevb) zijn risiconormen met betrekking tot de Externe Veiligheid opgenomen waaraan exploitanten met buisleidingen met gevaarlijke stoffen moeten voldoen. Er bestaan in het Bevb nu drie categorieën buisleidingen: aardgas, olie (k1/k2/k3) en chemicaliën. Wat betreft Externe Veiligheid valt waterstof in het Bevb momenteel dus niet in dezelfde categorie als aardgas.
- Voor aardgas zijn voor vijf van de zes faalmechanismen (externe interferentie zoals graafschade, interne en externe corrosie, mechanische overbelasting, natuurlijke oorzaken en overig) op basis van langdurige ervaring generieke ontwerpafspraken gemaakt en geïmplementeerd, waardoor alleen nog naar maatregelen wordt gekeken voor externe interferentie (graafschade).
- Voor de Externe Veiligheid van grote diameters buisleidingen in relatie tot waterstoftransport moet nog een rekenmethodiek worden vastgesteld. In de uitwerking hiervan, in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat schuilt nog wel een groot risico ten aanzien van de ontwikkeling van de waterstof backbone in Nederland.
- Voor de categorie waar waterstof momenteel in valt moeten de verschillende faalmechanismen steeds opnieuw worden bepaald, ook voor een leiding die vanuit het aardgasnet wordt ingezet voor waterstoftransport. Als de berekening een te hoge faalfrequentie oplevert, dan moet voor meerdere faalmechanismen een mitigerende maatregel worden uitgewerkt
- Het ministerie van IenW heeft de voorkeur waterstof in de huidige categorie buisleidingen te houden, waarbij in veiligheidsberekeningen voor externe interferentie met een vaste faalfrequentie moet worden gerekend in plaats van deze af te laten hangen van leidingparameters (zoals bij aardgastransport).
- De consequentie zal zijn dat hierdoor veel beperkingen worden opgelegd voor de inzet van een waterstof backbone, terwijl uit recente onderzoeken is gebleken dat waterstoftransport niet onveiliger is dan aardgastransport. Bij grote diameter aardgasleidingen, zoals die ook ingezet gaan worden voor de landelijke waterstof backbone, daalt namelijk de faalfrequentie doordat deze buisleidingen een grotere wanddikte hebben en dieper liggen zodat de kans op graafschade significant afneemt (AVIV, 2019)
- Een studie door ingenieursbureau Bilfinger Tebodin (Bilfinger Tebodin, 2019), in opdracht van het ministerie van IenW, ondersteunt de visie van Gasunie om waterstofbuisleidingen op dezelfde manier te behandelen als aardgasbuisleidingen, ook omdat de raakkans niet afhankelijk is van het te transporteren medium

De uitdaging : kostenreductie



Kostprijs ontwikkeling groene waterstof (bron Irena)

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)