

Infrastructure Outlook 2050

Den Haag, 5 oktober 2018

A joint study by Gasunie and TenneT on integrated energy infrastructure in the Netherlands and Germany.



Home



Summary



Content



Introduction



Methodology



Scenario framework



Transport infrastructure



Infrastructure model

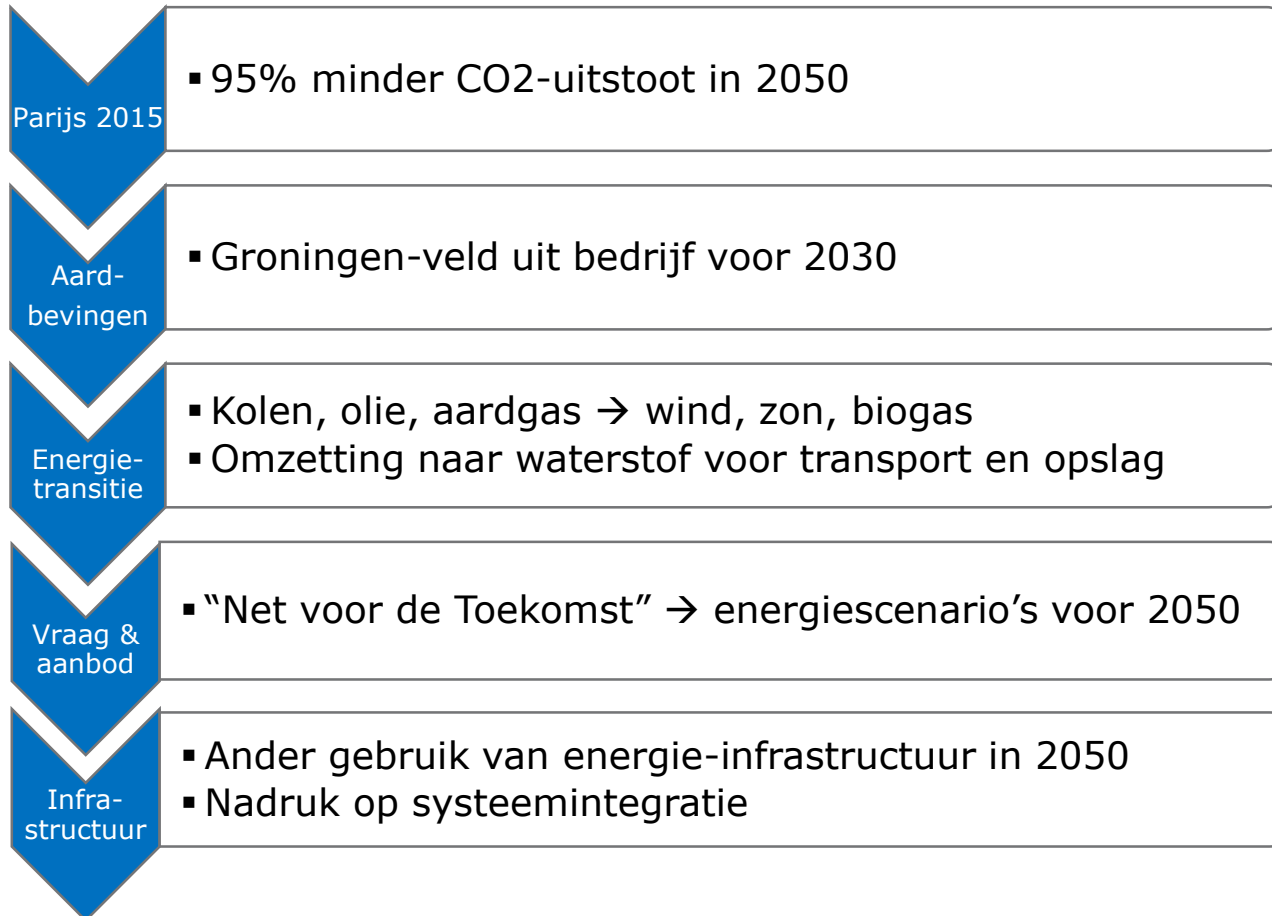


Conclusions



Appendices

De energietransitie in Nederland



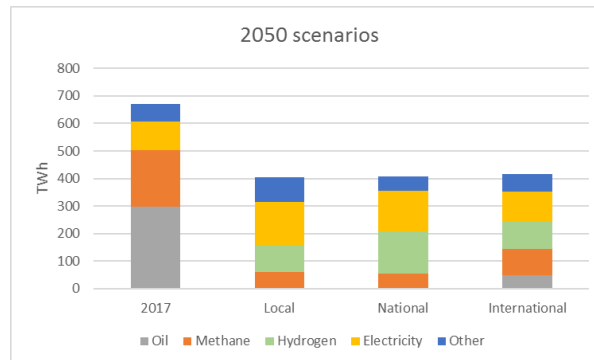
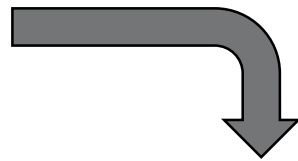
Initiatief GTS en TeneT: IO2050

- Uitgevoerd in 2018
- Gepubliceerd 15 februari 2019

1. **Systeemintegratie op nationale schaal**
2. **Koppeling van gas en stroom**
3. **Speciale rol voor waterstof**



Scenarios

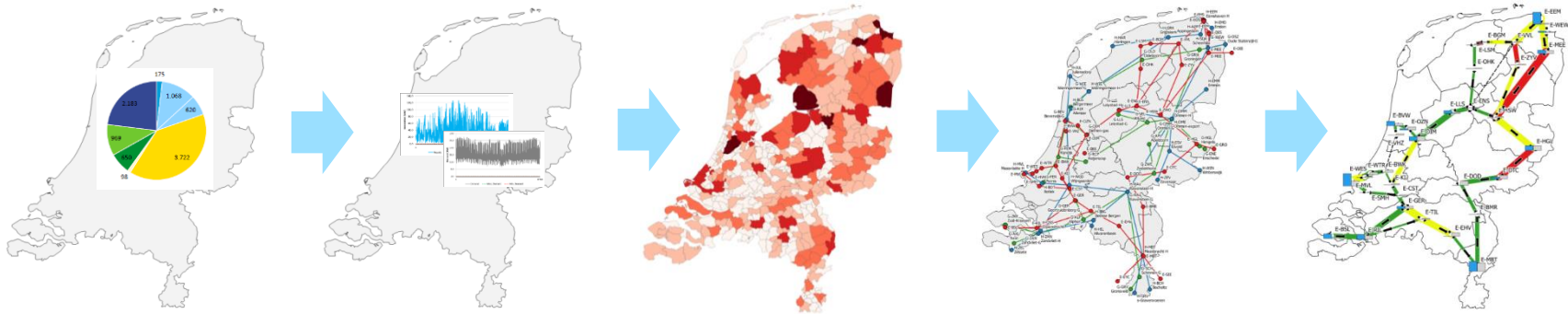


	Regional management	National management	International	Generic direction
Power and light 	25% reduction minimum demand more efficient equipment. Furthermore a strong electrification industry.		25% reduction due to efficient equipment	25% reduction due to efficient equipment
Low temperature heat* 	Many heat networks and all-electric. (Limiting green gas, no H ₂ distribution). Reduction 23%	Many hybrid heat pumps on H ₂ (and green gas) (Limiting on green gas). Reduction 16%	Many hybrid heat pumps on green gas and hydrogen (mild limiting of green gas). Reduction 12%	Mix of individual options (no large collective, no other limitations) Reduction 17%
High temperature & feedstock industry** 	Circular industry and ambitious process innovation: 60% reduction; 55% electrification; CO ₂ emission -97%.		Biomass-based industry and CCS: 55% reduction; 35% biomass; 14% electrification; CO ₂ emission -95%	Gradual development, business as usual and CCS: 20% reduction; 12% electrification; CO ₂ emission -85%.
Transport for people 	100% electric	75% electric, 25% H ₂ fuel cell	50% electric; 25% green gas; 25% H ₂	50% electric; 25% green gas; 25% H ₂
Transport of goods 	50% green gas; 50% H ₂		25% biomass; 25% green gas; 50% H ₂	
Renewable generated in NL 	84 GW solar 16 GW onshore wind 26 GW offshore wind	34 GW solar 14 GW onshore wind 53 GW offshore wind	16 GW solar 5 GW onshore wind 6 GW offshore wind	18 GW solar 5 GW onshore wind 5 GW offshore wind
Conversion and storage in NL 	75 GW electrolysis 60 GW battery stored 9 bcm gas buffer	60 GW electrolysis 50 GW battery stored 11 bcm gas buffer	2 GW electrolysis 5 GW battery stored 10 bcm gas buffer	0 GW electrolysis 2 GW battery stored 10 bcm gas buffer

* Results cost effective option calculations made with the CESGA-model. ** Future scenarios for the industry from the Wuppertal Institute.



Aanpak IO2050



Scenario's
"Net voor de
Toekomst"

Genereer
tijdreeksen
met

Regionaliseer
data
per markt

Bereken
energietransport
met geïntegreerd
model

Visualiseer
stromingspatronen
en knelpunten

CE Delft

ETM van
Quintel

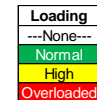
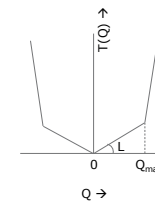
TenneT-GTS



Zon-PV
Wind op land
Wind op zee
Groen gas

Industrie
Huishoudens
Mobiliteit

Etc.



Regionaal
Nationaal
Internationaal

8760 uur
temperatuur en wind:
jaar 2015

Stroomintegratie op nationale schaal

TenneT
hoogspanningsnet



Gasunie
hogedruknet



Capaciteit: 20 GW



Capaciteit: 350 GW

Route naar 2050

1. Huidige netwerken als startpunt

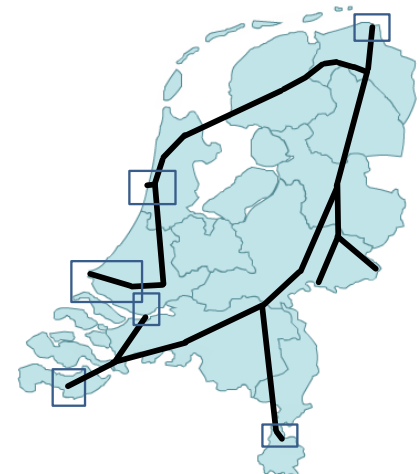
2. Investeringsplannen TenneT

- Versterking bestaande lijnen: 400 kV en 4000 A
- Nieuwe verbindingen voor wind van de Noordzee



3. Verwacht netgebruik Gasunie

- Invoeding van biogas met verzamelleidingen in RTL (en HTL?)
- Een waterstofnetwerk in 2030 dat industriële clusters en opslag verbindt



Netwerkkoppeling - voorbeeld: OV

1. App OV9292

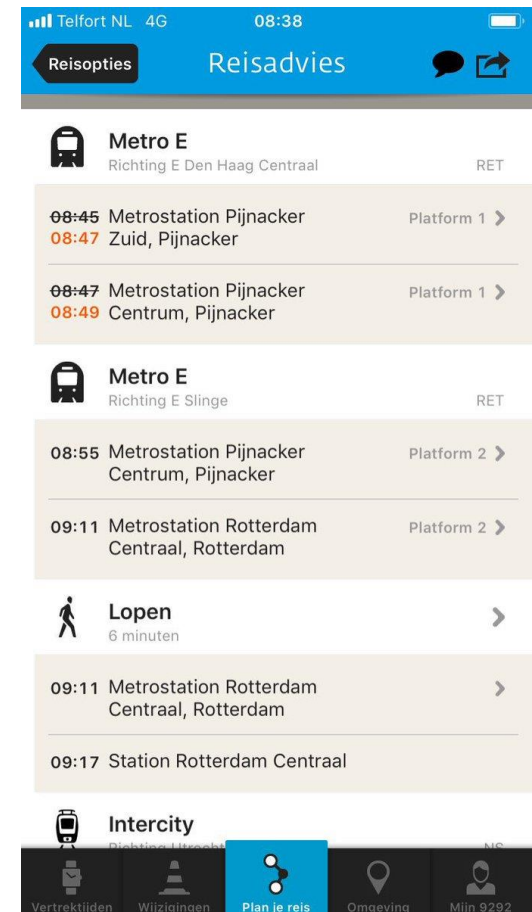
- Voor bus, trein, tram en metro

2. Optimale inzet van middelen

- Kortste afstand en/of snelste tijd
- Geeft knelpunten weer

3. Alleen hoofdzaken, geen technische details

- Merk en type bus niet weergegeven
- Geen indicatie van vrije zitplaatsen
- Geen info over toestand van de weg
- Alleen plaatsen, tijdstippen en aansluitopties



Netwerkkoppeling - transport van gas & stroom

1. Energietransportmodel

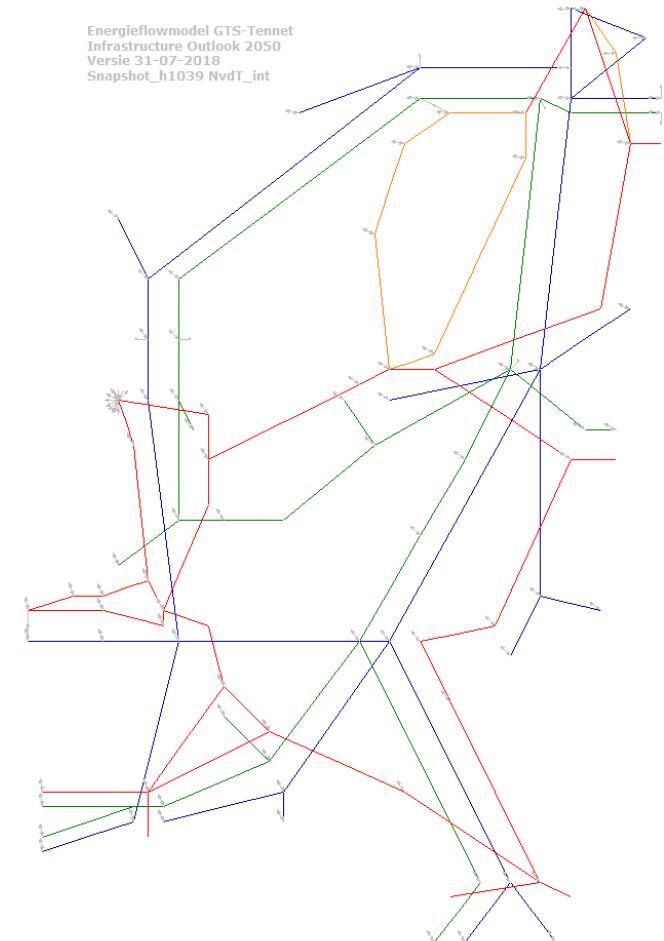
- Voor stroom, waterstof en methaan

2. Optimale inzet van middelen

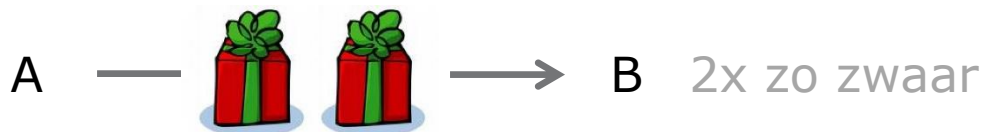
- Kortste afstand per kWh
- Geeft knelpunten weer

3. Alleen hoofdzaken, geen technische details

- Geen drukval- of impedantieberekeningen
- Geen buisdiameters of kabeldiktes
- Geen lokale distributie
- Alleen afstanden en hoeveelheden



Energietransport - principe



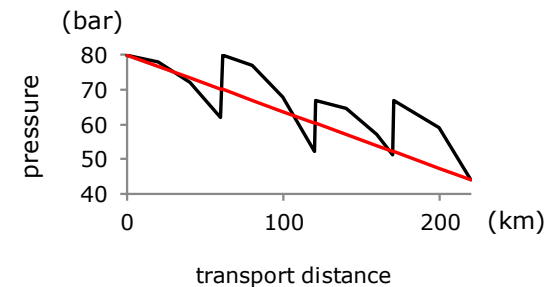
Transportzwaarte = hoeveelheid x afstand

Gewogen kortste afstand → minste energieverlies

Lineair energietransport – motivering

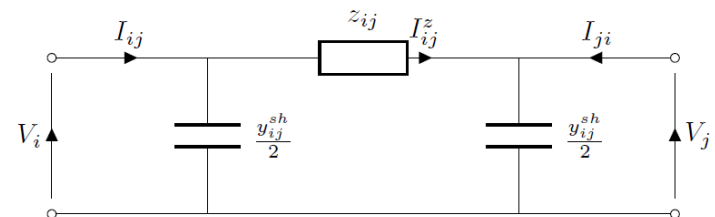
1. Lineaire drukval in gastransport

- $Q \cdot \Delta p$ is verlies van vermogen over afstand L
- Δp kan worden gelineariseerd



2. Lineair energieverlies bij stroomtransport

- Verlies van vermogen door verschillende vormen van impedantie
- Impedantie kan worden gelineariseerd



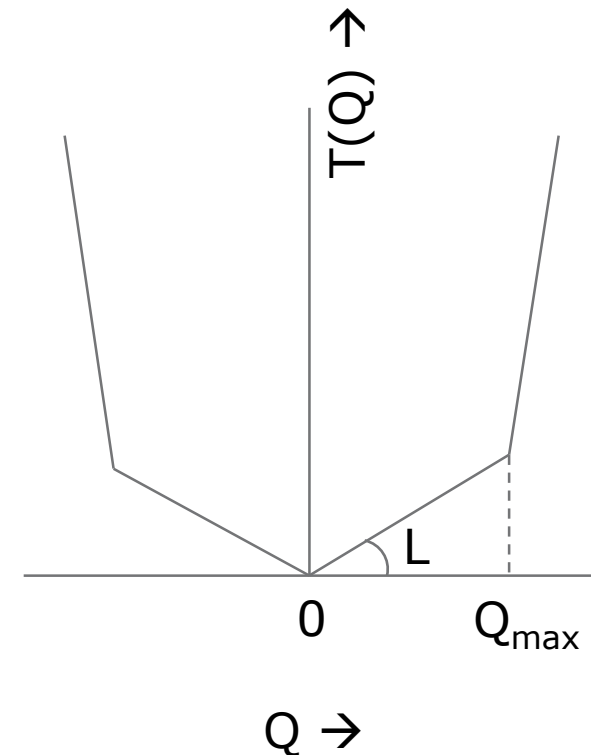
Lineair energietransport – model

- Alleen knooppunten en lijnen
 - Knoop: vraag/aanbod; behoud van energie
 - Verbinding: lengte L , capaciteit Q_{\max}
- Energietransport hangt af van
 - Getransporteerde hoeveelheid (Q)
 - Transportafstand (L)
- Transportbelasting van een lijn

$$T(Q) = Q \times L$$

- Stromingspatroon via optimalisatie

$$\min \sum_i T_i(Q)$$



Lineaire algebra →
snel algoritme

Het gecombineerde netwerk



Vereenvoudigde netstructuur

- Stroomnet (220 & 380kV)
- Aardgas- & groengasnet (67 bar)
- Waterstofnet (80 bar)

Knooppunten en leidingen/lijnen

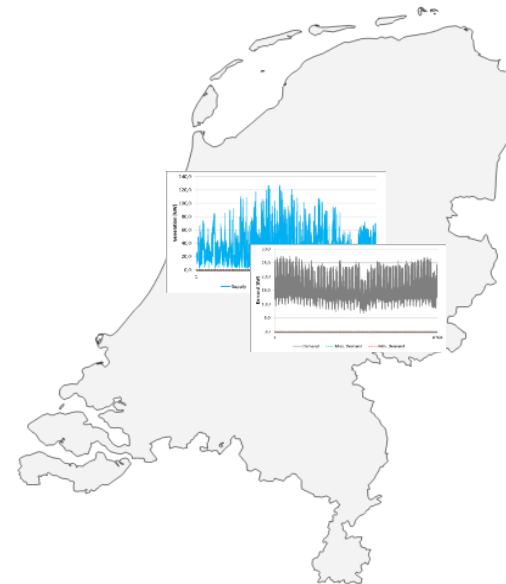
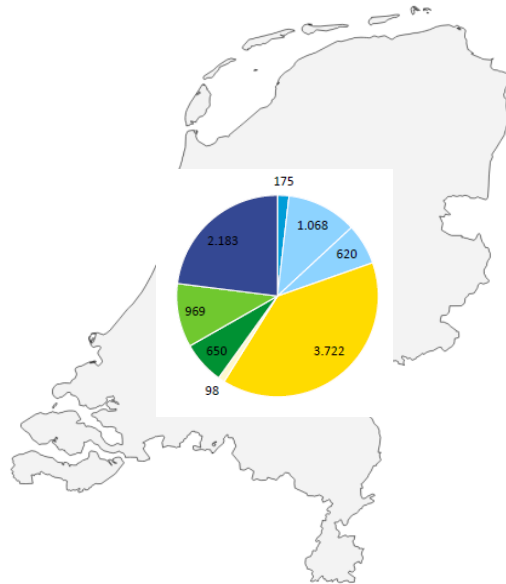
- E-XXX, G-XXX, H-XXX
- E-XXXXXX, G-XXXXXX, H-XXXXXX

Netkoppeling via

1. Centrales (CH₄, H₂)
2. Elektrolyse-stations (P2H₂)

(vaste locaties, vast rendement)

Stap 1: Van scenario naar tijdreeksen



Scenario's **CE Delft**
"Net voor de Toekomst"

Maak tijdreeksen
m.b.v. **ETM** van **Quintel**

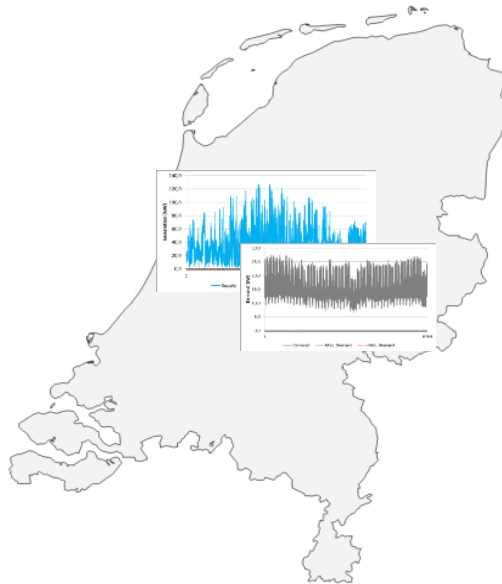


Regionaal
Nationaal
Internationaal



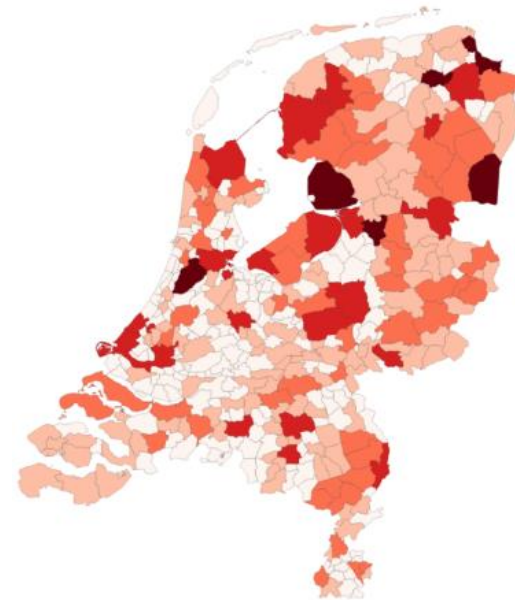
8760 uur, jaar 2015

Stap 2: Van tijdreeks naar regionale data



Maak tijdreeks
per marktsegment

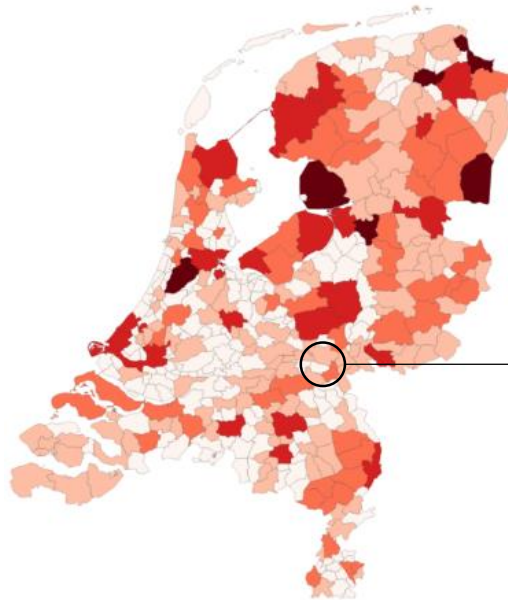
8760 uur
Temperatuur- en windjaar 2015



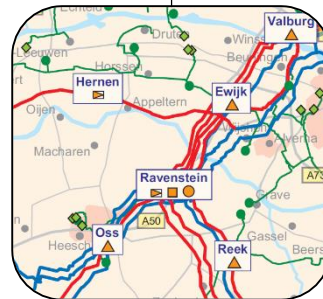
Verdeel landelijke data
over regio's (per markt)

Zon-PV, wind op land, wind op zee, groen gas
Industrie, huishoudens, mobiliteit
Etc.

Stap 3: Regionale data naar netwerkmodel



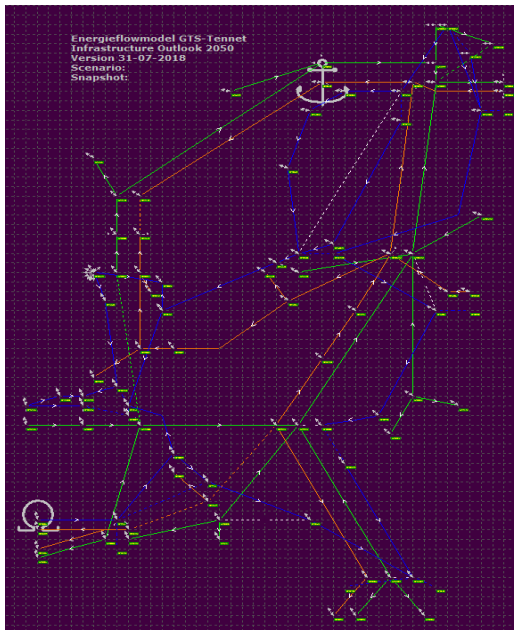
Koppel regionale data
aan knooppunten



Voorzie geïntegreerd model
van data

Uurdata aanbod & afzet
+ netwerkgegevens

Stap 4: Transportberekening en analyse



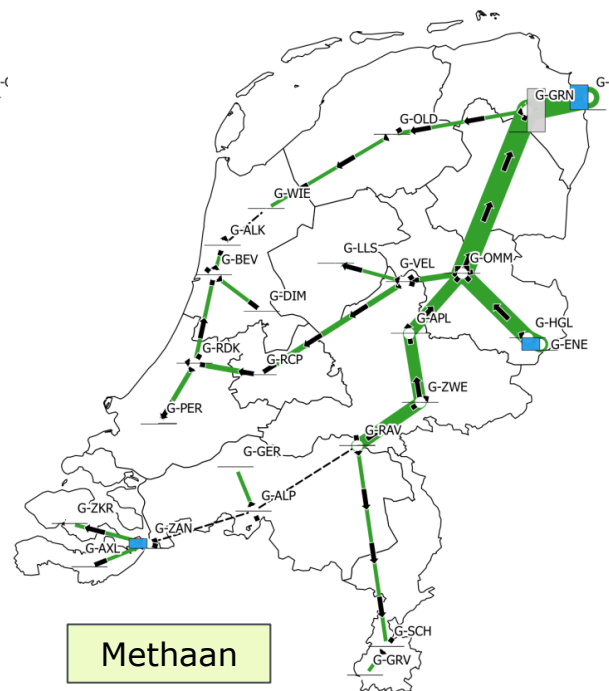
Bereken energietransport met rekentool MCA



Loading
---None---
Normal
High
Overloaded

Visualiseer stromingspatronen en knelpunten

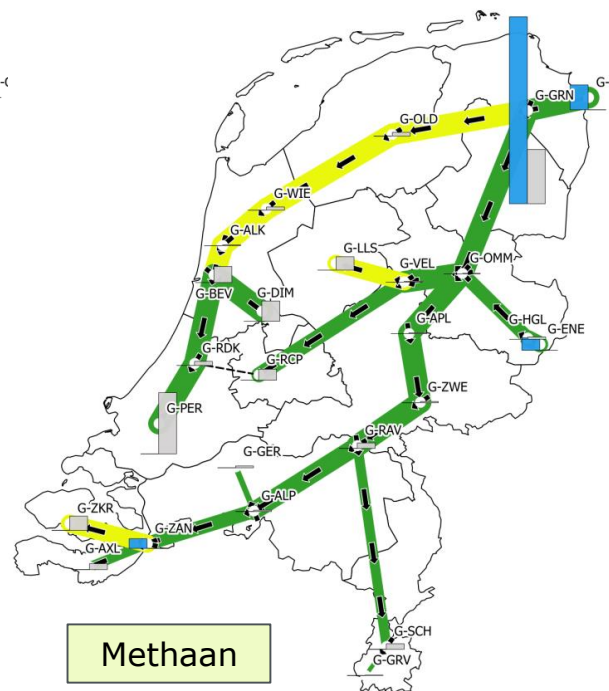
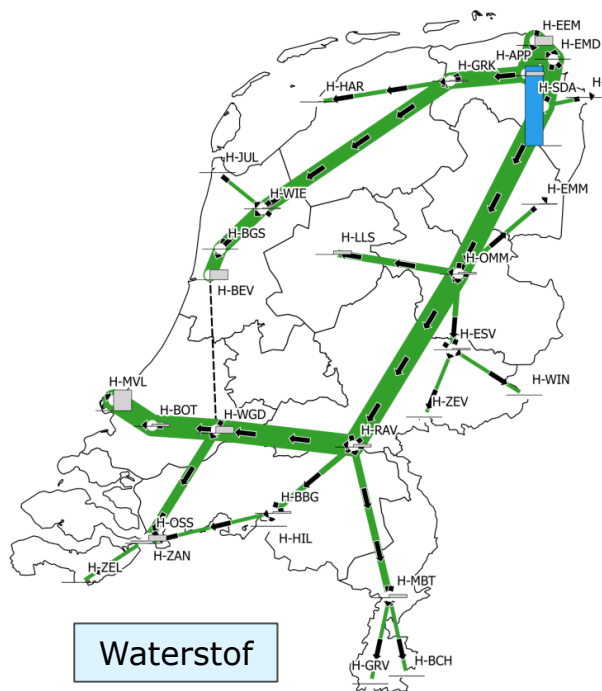
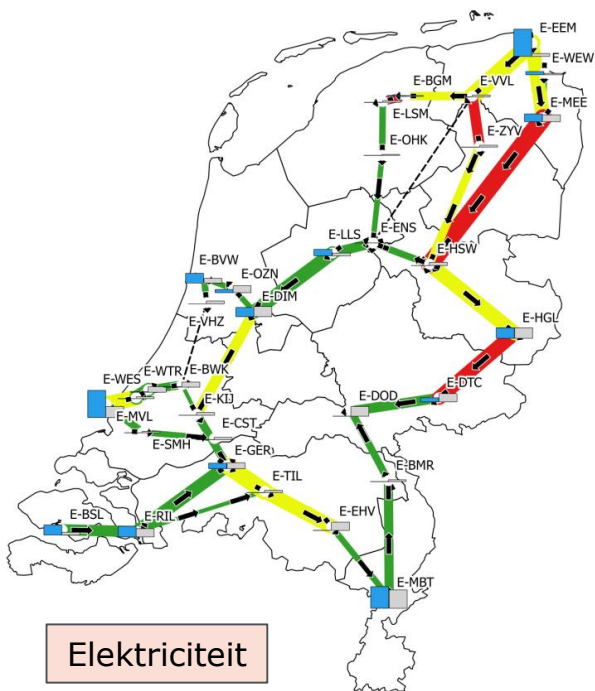
Voorbeeld 1: zonnige zomerdag, veel wind, lage vraag



Regionaal scenario: zonnepanelen + wind op land
 Juni 2050, 12:00 `s middags
 Elektrolyse bij stroomproductie



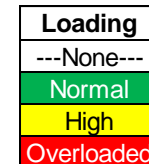
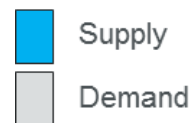
Voorbeeld 2: winteravond, weinig wind, hoge vraag



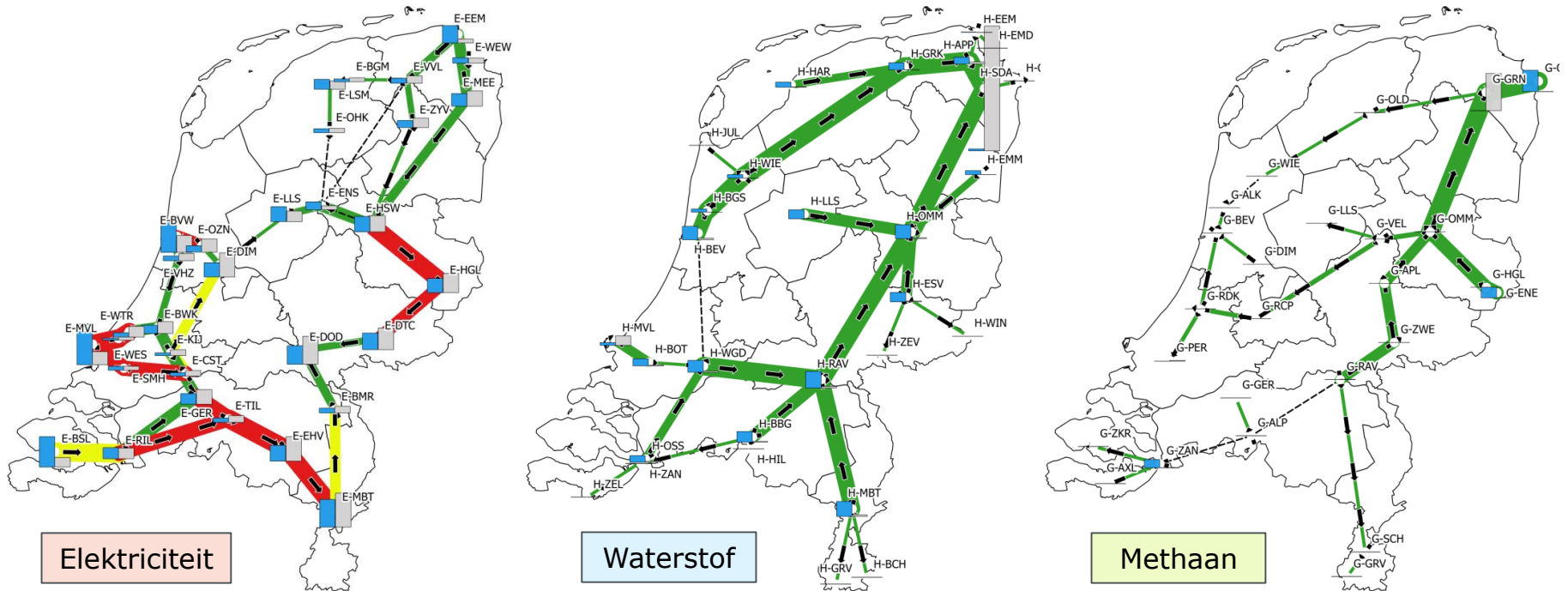
Regionaal scenario: zonnepanelen + wind op land

Februari 2050, 18:00 's avonds

Elektrolyse bij stroomproductie



Voorbeeld 3: zomerdag, lage vraag, P2H2 bij de markt

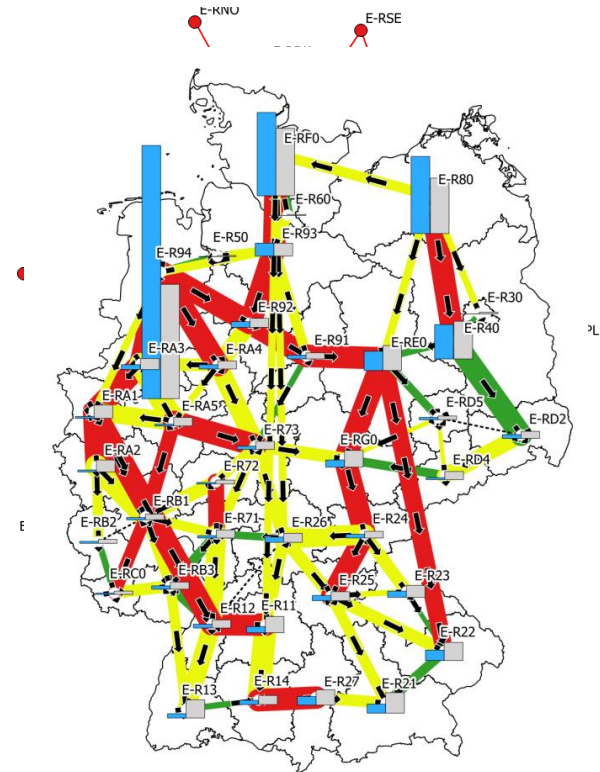


Regionaal scenario: zonnepanelen + wind op land
 Juni 2050, 12:00 `s middags
 Elektrolyse bij de markt



Parallele studie in Duitsland

- Uitgevoerd door Tennet-D en GUD
- Complexer dan in Nederland
 - 16 gas-TSO's, 4 stroom-TSO's
 - Duitsland verdeeld in 38 regio's
- Rekenwerk met MCA in afrondende fase
- Gezamenlijk rapport NL-DE eind 2018

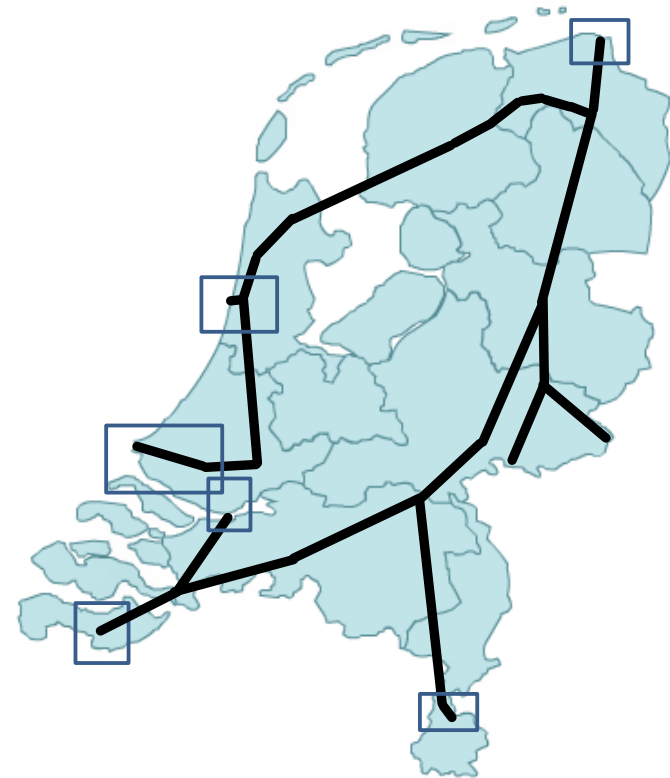


Conclusies (Nederland)

1. Koppeling en integratie van de landelijke gas- en stroomnetwerken is onontkoombaar
2. Het landelijke stroomnetwerk moet op weg naar 2050 worden versterkt
 - Locatie van elektrolyse en centrales is cruciaal
3. Het bestaande landelijke gasnetwerk is nodig, en is groot genoeg voor alle voorziene transport van waterstof en (groen) gas in 2050
 - Zoutcavernes voor seizoensopslag van waterstof
 - Waterstofbackbone voor verbinding tussen (industriële) clusters en opslag

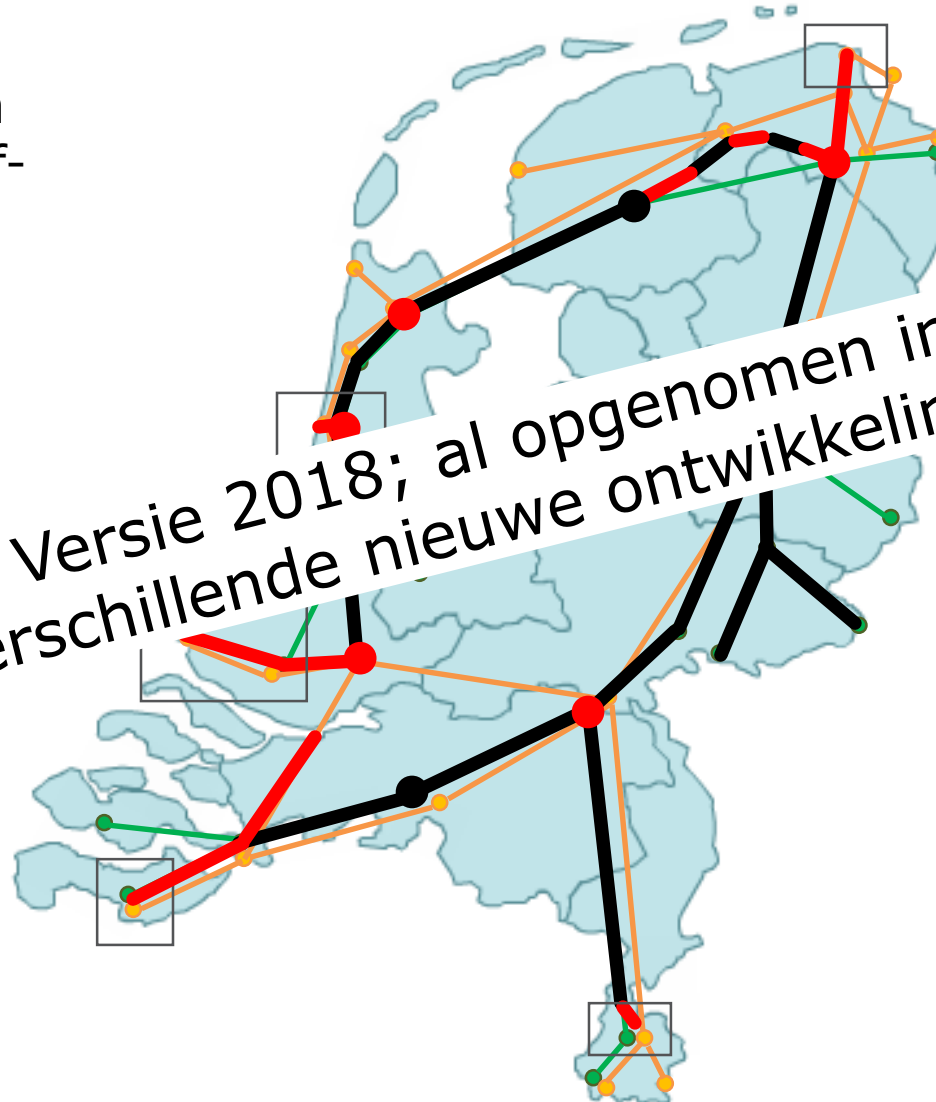
Weg naar 2050 gaat via 2030: de H2-backbone

- Verbinding van industriële clusters en het Ruhrgebied
- 10-15 GW transport capaciteit
- Gebaseerd op bestaande leidingen
- Aanpassingen nodig
 - Zuigercompressie in plaats van centrifugaal
- “Gelukkige omstandigheid”
 - Groningen-veld stopt in de komende jaren
 - Alle GTS-leidingen geschikt voor H2-transport



Opbouw van de waterstof-backbone

Versie 2018; al opgenomen in
verschillende nieuwe ontwikkelingen



-  bestaand
-  nieuw

De Waterstofcoalitie

GREENPEACE

Tennet

STEDIN
GROEP

de natuur en
milieufederaties

OCI
NITROGEN

ENEXIS
GROEP

TU Delft

VARA

NLON

gasunie

VNO
NCW

ENGIE

innogy

Nouryon

TATA STEEL

thyssenkrupp

NATUUR
& MILIEU

Eneco Groep

GRONINGEN SEAPORTS

Port of
Rotterdam

TU/e

New
Energy
Coalition

alliander

Gemeente
Groningen

Port of
Amsterdam

provincie
 groningen

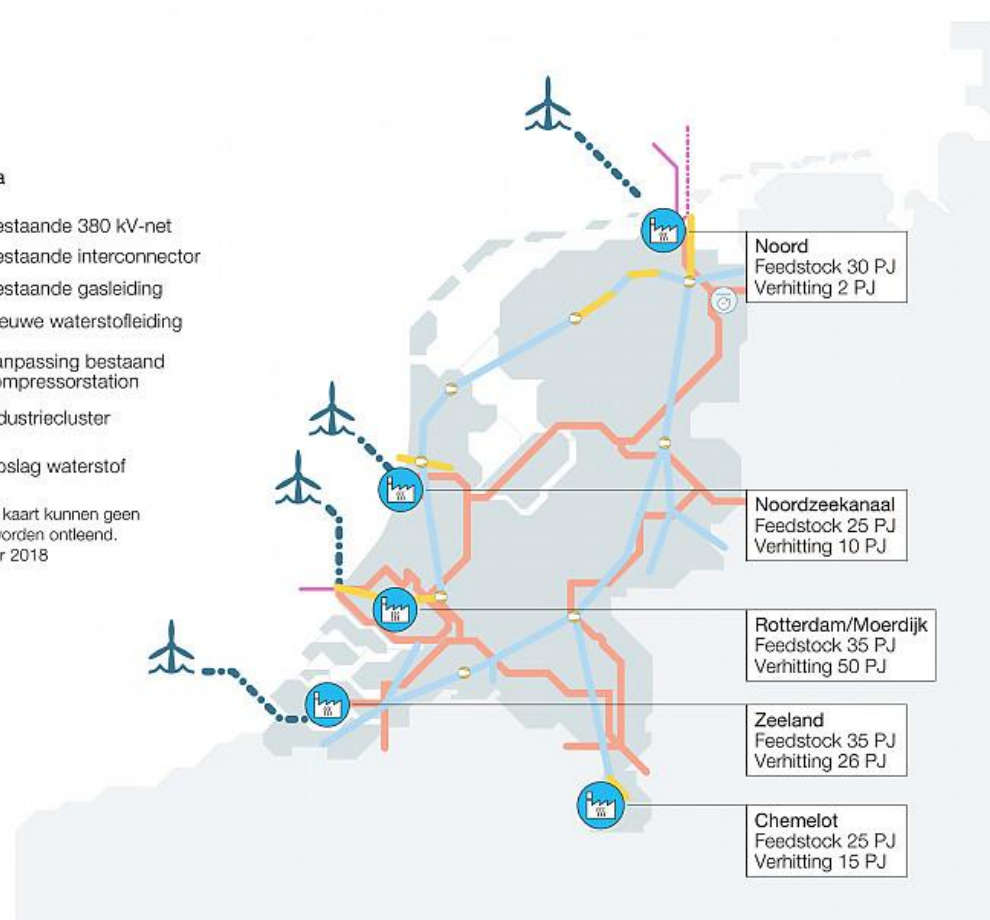
STORK
A Fluor Company

Industriële waterstofvraag in 2030

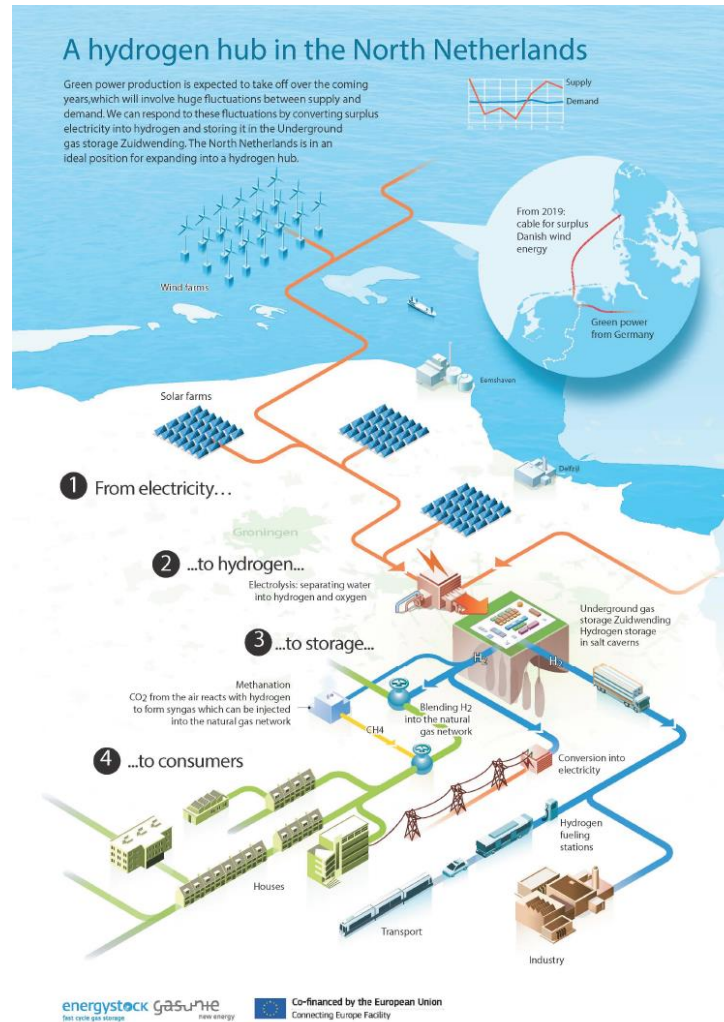
Legenda

- Bestaande 380 kV-net
- Bestaande interconnector
- Bestaande gasleiding
- Nieuwe waterstofleiding
-  Aanpassing bestaand compressorstation
-  Industriecoluster
-  Opslag waterstof

Aan deze kaart kunnen geen rechten worden ontleend.
November 2018



Noord-Nederland als "waterstof-hub"



Vooruitzichten

1. TenneT bereidt zich voor op versterking en uitbreiding van het hoogspanningsnet
2. Gasunie brengt de opties voor de waterstofbackbone in kaart
3. Gezamenlijke energiebedrijven bereiden zich voor op systeemintegratie en dus verdere koppeling van netwerken
 - Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050