

Analyse voor Programma Verduurzaming Industrie

Analyse als input voor routekaart
verduurzaming industrie

16 februari 2023



Kennisbijlage

Leeswijzer

Dit is de kennisbijlage van de analyse voor het Programma Verduurzaming Industrie (PVI). De kennisbijlage bevat de onderbouwing en methodes waarmee tot de inzichten uit de analyse is gekomen. De inzichten zijn in de conclusie en in de beleidssamenvatting opgenomen.

Deze kennisbijlage gaat eerst in op de achtergrond en context van het PVI (H.1). Voor de industrieclusters worden de huidige verduurzamingsplannen, -mogelijkheden en ontwikkelrichting gepresenteerd (H.2). Als hulpmiddel voor de analyse wordt gebruik gemaakt van drie ontwikkelpaden die leiden tot een verschillend toekomstbeeld voor de industrie (H.3) en welke in een model gekwantificeerd worden (H.4). Uit de kwantificatie komt de verwachte vraag naar elektriciteit en waterstof per sector, cluster en ontwikkelpad naar voren (H.5 en H.6). Op basis van deze resultaten zijn conclusies getrokken uit de voorwaarden en dilemma's bij deze ontwikkelpaden en de beslismomenten waarop geprioriteerd kan worden welke ontwikkelrichting de industrie inslaat (H.7).

Inhoud

1. Introductie
2. Clusters
3. Sectoren
4. Ontwikkelpaden
5. Modellerings ontwikkelpaden
6. Inzichten modellerings ontwikkelpaden
7. Cluster inpasbaarheid ontwikkelpaden
8. Conclusies

Bijlagen

1 Introductie

Achtergrond, doel, scope & internationale context

Introductie

Noodzaak en rol van de industrie

Nederland heeft de ambitie om op het gebied van duurzame industrie een sterke concurrentiepositie te hebben. Een duurzame industrie kan namelijk een belangrijke bijdrage aan meerdere nationale en EU doelstellingen leveren:

- Strategische autonomie
- Klimaatdoelstellingen
- Vliegwielfunctie energietransitie
- Circulaire economie
- Verdienvermogen en werkgelegenheid

Daarbij moet de transitie naar een duurzame industrie in een relatief korte tijd bewerkstelligd worden. Door de lange doorlooptijden van projecten en levensduur van installaties zijn op korte termijn al (investerings)beslissingen nodig om de doelen voor 2030 en 2050 te halen.

Programma Verduurzaming Industrie en routekaart

Voor het sturen en faciliteren richting een duurzame industrie binnen Nederland, is het Programma Verduurzaming Industrie (PVI) opgezet. Binnen het PVI gaat een routekaart voor de verduurzaming industrie opgezet worden, om de benodigde beslismomenten en beleidsopties in kaart te brengen en te versnellen.

Analyse als input voor het PVI

Deze analyse is ter ondersteuning van het opzetten van de routekaart voor de verduurzaming van de industrie. Met gebruik van ontwikkelpaden is er over een

breed spectrum inzicht gegeven in de behoefte aan en rol van de energievoorziening en publieke infrastructuur voor de industrie. In een vervolg kan ook de gewenste balans en rolverdeling publiek-privaat onderzocht worden, waarmee een deel van de hier gewenste voorzieningen naar private partijen overgeheveld kan worden.

Doelen en scope analyse

Het doel van deze analyse is inzicht verkrijgen in de belangrijke beslismomenten voor beleidsmakers en dilemma's voor de verduurzaming van de industrie. De analyse is gericht op de vijf geografisch geconcentreerde industrieclusters. Voor deze clusters zijn vijf industriële sectoren met op het moment hoge energievraag en emissies meegenomen (staal, ammoniak, methanol, plastics, brandstoffen). Voor elk van deze sectoren is de basisproductie opgenomen.

Cluster 6 is in deze analyse buiten beschouwing gelaten. Maar, de ontwikkelrichting voor de andere vijf clusters beïnvloedt ook de mogelijkheden voor cluster 6, bijvoorbeeld door wel of geen infrastructuur aanleg.

EU & internationale context

Kansen voor de Nederlandse industrie

Met de Nederlandse en Europese **transitie** naar een duurzame samenleving, ontstaat vraag naar nieuwe producten en productietechnologieën en daarmee ontstaan **nieuwe markten**

EU & NL **circulariteitsdoelstellingen** (30% in 2030, volledig circulair in 2050) sturen aan op Europa-brede industrie transitie

EU doelen uit REPowerEU (45% duurzame energie, 13% energiebesparing) en Fit-for-55 (-55% EU emissie reductie) bieden kans op **sterke positie**

Voorgestelde instrumenten zoals de koolstof grensbelasting (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) **bescherming** bieden tegen een ongelijk internationaal speelveld

Geopolitieke omstandigheden hebben hernieuwde nadruk op **strategische autonomie** en **leveringszekerheid** gelegd

Uitdagingen voor de Nederlandse industrie

Veranderende omstandigheden door de energiecrisis: prijzen en energiestromen

Verhoogde en vervroegde ambities (REPowerEU & FF55 vragen versnelde actie en beperken transitie periode

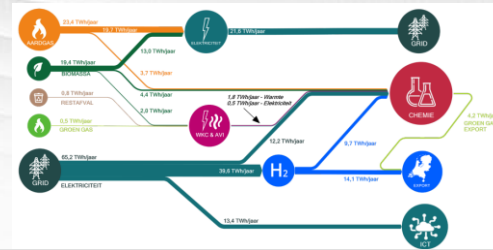
Geopolitieke uitdagingen in toeleveringsketens

Internationale competitie op energie en grondstoffen met regio's met gunstiger omstandigheden voor hernieuwbare bronnen (zon, wind)

Industriebeleid in het buitenland (Made in China 2025, USA Inflation Reduction Act) verandert het speelveld, de relatieve positie ten opzichte van concurrenten en toegang tot markten

2 Clusters

Ontwikkelpotentie Noord-Nederland



Huidig: energiehub elektriciteit en aardgas met sterk geïntegreerd en groeiend chemiecluster; diepzeehaven

- > **Kracht:** ruimte, toegang tot verschillende energiebronnen, hoogwaardige en basischemie, elektriciteitsproductie, goede energie-infrastructuur
- > **Elektriciteitsproductie** (nu ~30% van NL elektriciteit), uit aardgas, steenkool en biomassa; interconnectie met DK, NO; aanlanding wind op zee
- > **Geïntegreerde chemie** met bulkproductie (chloor, methanol, bioplastics vanaf 2024) en hoogwaardige producten (specialty chemicals, vezels)
- > **Import en opslag** van aardgas via pijpleidingen en LNG
- > **Verbonden** via zeehaven, binnenvaart en pijpleidingen met andere clusters en het buitenland
- > Gebruik van **duurzame grondstoffen** als biomassa en afval voor chemie en afvalverwerking
- > Ontwikkeling tot **waterstofhub** met productie, import en (ondergrondse) opslag



Toekomst: ruimte voor nieuwe energie, grondstoffen en industrie; stopcontact voor Nederland, groene waterstofhub en bio-based chemie

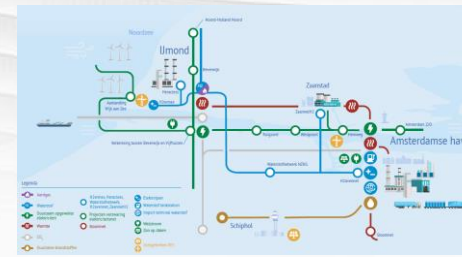
- > **Ruimte voor nieuwe industrie en elektrolyse:**
 - Chemiepark Delfzijl wordt uitgebreid met Oosterhoorn-Zuid (tot 400 hectare extra);
 - Eemshaven heeft ruimte voor aanlanding wind op zee en elektrolyse
- > **Groene energiehub:**
 - **Groene elektriciteit** aanlanding wind op zee, interconnectie, duurzaam regelbaar vermogen (biomassa, groen gas, waterstof)
 - **Groene waterstof** productie met grootschalige elektrolyse binnen het cluster en aanlanding van waterstofproductie op zee (energiehubs); import (via zee & pijpleiding), doorvoer en export naar overige clusters en buitenland (DE) via waterstofnet
 - **Energieopslag:** grootschalige waterstofopslag in zoutcavernes
- > **Bio-based en circulaire chemie** (methanol, PEF) door inzet van biomassa (biogas, biomassa uit residuen, pyrolyse olie, koppeling met food industrie) en afval (biogene CO₂, vergassing, plastic pyrolyse)
- > Stevige inzet op **elektrificatie** van de industrie, waterstofproductie vooral voor de export, slechts klein deel voor eigen gebruik.

Ontwikkeloptyes op hoofdlijnen:

- > **CCS:** (1) op AVI en biomassacentrale (deels biogene CO₂ voor hergebruik middels CCU, o.a. voor methanol); (2) mogelijk op elektriciteitscentrales en/of WKK's
- > **Elektrificatie:** (1) e-boilers/warmtepompen voor stoomproductie (2) WKK's uitfasen of ombouwen naar CO₂-vrij regelbaar vermogen
- > **Bio-based:** (1): toename aandeel biostoom; (2) biomassavergassing of afgevangen CO₂ als grondstof (o.a. methanol)
- > Duurzame vloeibare **brandstoffen** uit (1) biomassa of (2) afvalverwerking (pyrolyse)
- > **Elektriciteit** uit (1) aanlanding van wind op zee (mogelijkheden nog onduidelijk); (2) via energie-eilanden of interconnectie; (3) CO₂-vrij regelbaar vermogen
- > **Groene waterstofhub** met (1) lokale productie door elektrolyse (plannen voor 5,5 GW); (2) aanlanding waterstof vanaf energie-eilanden; (3) waterstofimporten per pijpleiding of schip, voor (4) doorvoer naar overige clusters en het buitenland via pijpleidingen en (5) grootschalige opslag in zoutcavernes

Analyse in samenwerking met het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, o.a. gebaseerd op CES, bedrijfsstrategieën, marktontwikkeling, expert analyse

Ontwikkelpotentie Noordzeekanaalgebied



Huidig: hoogwaardige staalproductie voor export met elektriciteitsproductie en benzinehaven; met weinig ruimte voor groei

- > **Kracht:** efficiënte en gunstig gelegen staalfabriek, brandstofhub, goede verbondenheid via water
- > **Hoogovens** met lokale cokesproductie voor productie van staal. Problematische vervuiling door cokesproductie.
- > **Elektriciteitsproductie** uit restgassen staalproductie (veel CO₂ uitstoot) en aanlanding wind (2,1 GW tot 2025)
- > **Diepzeehaven** voor aanvoer van grondstoffen en export producten. Dankzij nieuwe Zeesluis IJmuiden (2022) goede bereikbaarheid.
- > **Brandstoffen** productie (biodiesel, biomethanol in 2024), import, opslag, blending en export; grote benzinehaven
- > Groeiend in **recycling**
- > Beperkte **ruimte** (fysiek, milieu, elektriciteitsnet) door verstedelijking (Haven-Stad)



Toekomst: duurzame staalproductie en hub voor waterstof, groene grondstoffen en recycling; duurzame brandstofproductie

- > **Duurzame staalproductie:**
 - Stapsgewijze overstap naar **DRI** met overgang van aardgas naar (groene) waterstof
 - Verwerking van DRI-ijzer en schroot in **elektrische ovens** tot staalproducten
 - Alternatief: **import** van DRI-ijzer en lokale staalproductie
- > **Groene waterstofhub:**
 - Lokale **productie** door elektrolyse uit wind op zee
 - **Import** van waterstof (vloeibaar of als LOHC)
 - **Aanlanding** waterstof (>2030) uit elektrolyse op zee via Den Helder
- > **Duurzame brandstoffen:** productie, import en distributie van bio- en/of synthetische brandstoffen (met name voor luchtvaart)
- > **Circulariteit:** recycling en afvalvergassing, CCS op afvalverwerking, CCU voor glastuinbouw
- > **Tankopslag:** opslag van waterstof, brandstoffen (diesel, kerosine, benzine, nafta)
- > **Energiehaven:** assemblage en onderhoud windmolens

Ontwikkelocties op hoofdlijnen:

- > **Staal:** (1) eerste hoogoven en cokesfabriek vervangen voor DRI-staal met aardgas, eventueel in combinatie met CCS; (2) elektrische fornuizen voor verwerking DRI-ruwijzer en schroot; (3) aardgas vervangen door groene waterstof; (4) DRI-ijzer importeren; (5) mogelijk tweede hoogoven en cokesfabriek vervangen door DRI met hoofdzakelijk waterstof; h
- > **Groene waterstof:** lokale productie door (1) elektrolyse (1-2,5 GW, bij industrieterrein Tata, Westelijk Havengebied en Hemweg); (2) import van waterstof, plannen voor 200 kton/jaar; (3) gebruik van waterstof in staalproductie, duurzame brandstofproductie en chemische recycling
- > **Brandstoffen:** (1) opslag, overslag en blending van (fossiele) brandstoffen (2) transitie naar bio- en synthetische brandstoffen voor de NL en EU markt door lokale productie uit biomassa of afvalverwerking of import van bio- en synthetische brandstoffen
- > **Afval:** verbranding met (1) CCS; (2) recycling; (3) vergassing
- > **Elektriciteit:** (1) aanlanding wind op zee (max 2,8 GW tot ca. 2035; daarna mogelijk 2 GW meer); (2) uitfasen Velsen centrales/CO₂-vrije regelbare productie

Analyse in samenwerking met het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, o.a. gebaseerd op CES, bedrijfsstrategieën, marktontwikkeling, expert analyse

Ontwikkelpotentie Rotterdam-Moerdijk



Huidig: fossiele grondstoffenhub met geïntegreerde raffinage en bulk basischemie; mainport & bunkerhaven

- > **Kracht:** grootschaligheid, aanvoer van grondstoffen, verbondenheid, kapitaalcrachtige bedrijven uit top 25 mondiale raffinage en chemie
- > **Bulk** productie, opslag en export van brandstoffen en basischemie (plastics, polymeren, bouwmaterialen)
- > Sterke **integratie raffinage en chemie**; grootste raffinagepark van Europa; kraker en aromatenfabriek
- > Groot (nr. 1 EU) en groeiend **biobrandstoffencluster**
- > Groeiend in **recycling** (o.a. metaal, plastics, elektronica)
- > **Sterk verbonden** met ARRRA cluster via buisleidingen en binnenvaart, startpunt van veel doorvoer achterland
- > **Onmisbaar** voor energie en grondstoffentransitie van de andere clusters en het buitenland: begin van grondstofketen en energie-import op grote schaal



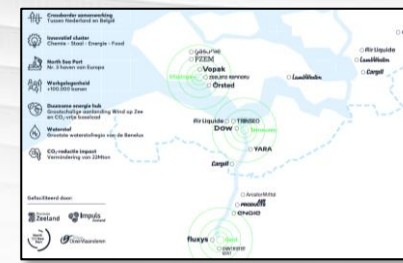
Toekomst: cruciale schakel in duurzame energie- en grondstoffensysteem Nederland en NW-Europa

- > **Groene energie- en grondstoffenhub:**
 - voor **groene waterstof** (grondstof, energie), ammoniak (kunstmest, scheepvaartbrandstof)
 - voor **groene koolstof** (biomassa, afval, pyrolyse-olie, CO₂) als grondstof voor chemie in NL/ARRRA en als grondstof voor duurzame brandstoffen
 - voor **groene elektriciteit** aanlanding ~20 GW wind op zee en piekproductie
- > **Raffinage:** raffineren van biomassa, afval en CO₂ voor de productie van duurzame brandstoffen voor de scheep- en luchtvaart (omvang <50% t.o.v. huidig fossiel), en de productie duurzame grondstoffen voor chemie (=groei)
- > **Elektriciteitsproductie:** flexibel productiecentrum voor NL door flexibele lokale vraag, elektrolyse en inzet van regelbaar vermogen
- > **Circulaire chemie:** circulaire productie van bulkchemie met groene grondstoffen en energie
- > **Bio-refinery:** productie biobrandstoffen, biograndstoffen en hoogwaardige bio-based chemieproducten
- > **Opslag:** opslag van waterstof, ammonia, pyrolyse-olie, CO₂ (grijs/groen), groene brandstoffen

Ontwikkelocties op hoofdlijnen:

- > **CCS:** (1) afvang bij grijze waterstofproductie (Porthos/Aramis) en (2) afvang bij restgassen en reststromen raffinage en chemie 3) afvang bij AVI's
- > **Elektrificatie:** (1) e-boilers voor flexibele (hybride) stoomproductie; (2) e-fornuizen; (3) e-kraken >2035
- > **Groene en koolstofarme waterstof:** (1) lokale productie uit 2 GW elektrolyse; (2) import (ambitie inclusief lokale productie = 4,6 Mt in 2030); (3) vervanging grijze waterstof bij raffinage en chemie; (4) toepassing voor nieuwe productieprocessen voor duurzame koolwaterstoffen (pyrolyse, vergassing); (5) toepassing voor synthetische brandstoffen en chemie (CCU) bij voldoende beschikbaarheid van elektriciteit en waterstof
- > **Bio-based:** (1) import en verwerking bio-afval voor biobrandstof (o.a. SAF); (2) bio-refinery met brandstof en chemie op basis van pyrolyse/vergassing
- > **Afval:** (1) import pyrolyse-olie; (2) import en verwerking afvalstromen tot grondstof voor brandstof en chemie; (3) geavanceerde recyclingsprocessen
- > **Elektriciteit:** (1) aanlanding 7,5 GW WOZ tot 2030; (2) flexibele afname- en productie elektriciteit voor het net; (3) opschaling WOZ (18-24 GW) met elektrolyse

Ontwikkelpotentie Zeeland – West-Brabant



Huidig: raffinage en bulk basischemie voor export; onderdeel grensoverstijgend cluster met diepzeehavens; elektriciteitsproductie

- **Kracht:** schaalgrootte in plastics en kunstmest, verbondenheid, exportpositie, elektriciteitshub
- **Bulkproductie** basischemie en kunstmest voor export (~90%), grootste kunstmestfabrikant en 1 van grootste sets stoomkrakers van Europa; moderne raffinaderij; food
- **Schelde-Delta Regio:** grensoverschrijdend cluster met fusiehaven North Sea Ports (Vlissingen, Terneuzen en Gent), verbonden met Vlaamse industrie in Gent
- **Verbonden** met ARRA cluster door pijpleidingen en scheepvaart voor aanvoer van nafta, LPG, ammoniak en bulk doorvoer van chemieproducten
- **Elektriciteitsproductie** met (kern)centrales, duurzaam op land en aanlandlocatie wind op zee: 1,5 GW reeds aangesloten bij Borssele
- Grootste **waterstofcluster** van Benelux (~600kton/jaar)



Toekomst: duurzame plastics en kunstmest; hub voor duurzame elektriciteit en waterstof, verbonden met staalindustrie Vlaanderen

- **Elektriciteitshub:**
 - Aanlanding **wind op zee:** 4 GW IJmuiden Ver-alpha en Nederwiek (2029/30); 2-4 GW extra aanlanding in verkenning (2031-2040)
 - Duurzaam **op land:** 1,7 GW uit zon en wind
 - **Extra nucleair:** na 2035 twee additionele centrales (2,0-3,3 GW)
 - **Doorvoer** naar achterland NL en B via 6GW transportverbinding (gereed 2025)
- **Waterstofhub:**
 - Lokale productie uit **elektrolyse** (2,5 GW tot 2030; 4 GW tot 2035)
 - **Import** van waterstof / ammoniak
- **Duurzame en circulaire plastics** door emissiearme productie en circulaire grondstoffen
- **Duurzame kunstmest:** door productie met groene ammoniak uit import aangevuld met lokale productie uit groene waterstof
- Faciliteren duurzame **staalproductie** in België, met doorvoer van CO₂, waterstof en elektriciteit

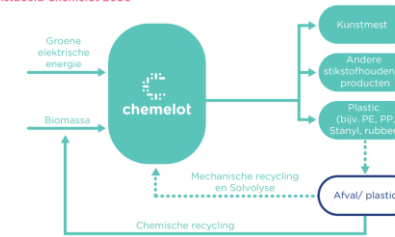
Ontwikkeloptyes op hoofdlijnen:

- **CCS** (3 Mt in 2030): op (1) ammoniakproductie, (2) restgassen uit stoomkrakers en (3) raffinage; transport CO₂ waarschijnlijk via scheepvaart naar opslagvelden
- **Elektrificatie:** (1) e-boilers voor food en industrie West-Brabant; (2) e-boilers voor DOW; (3) elektrisch kraken (>2030; vereist 1,5 GW netcapaciteit)
- **Groene waterstof:** (1) lokale productie met elektrolyse (2,5 GW in 2030, 4 GW in 2035); (2) import als ammoniak, later waterstof; (3) lokale inzet in kunstmestproductie en raffinage; (4) doorvoer naar andere clusters en buitenland via waterstofnetwerk; (5) lokale productie uit restgas (beschikbaar vanaf elektrisch kraken)
- **Grondstoffentransitie:** voor basischemie en brandstoffen door (1) import pyrolyse-olie, (2) verwerking en recycling van afval (via pyrolyse, vergassing), (3) biobased chemie
- **Elektriciteit:** (1) additionele aanlanding van wind op zee met elektrolyse; (2) verhoogde productie uit nucleair; (3) vanaf ca. 2035 export naar achterland en interconnectie Vlaanderen
- **Cruciale enabler:** verbinding met Zeeuws-Vlaanderen (zuidkant Westerschelde): 380 kV elektriciteitsnet en waterstofleiding nodig voor elektrisch kraken, waterstofproductie, doorvoer CO₂, elektriciteit en waterstof naar Gentse industrie

Analyse in samenwerking met het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, o.a. gebaseerd op CES, bedrijfsstrategieën, marktontwikkeling, expert analyse

Ontwikkelpotentie Chemelot

Toekomstbeeld Chemelot 2050



Introductie Analyse Conclusie

Huidig: grote, sterk geïntegreerde chemiesite bij afzetmarkt achterland, met veel specialty chemicals en succesvol 3^{de} helix ecosysteem

- > **Kracht:** geïntegreerd cluster, innovatie, hoogwaardige materialen, centrale ligging en verbinding met achterland
- > **Sterke integratie** van basischemie (plastics, ammoniak) en specialty chemicals / advanced materials, door efficiënte uitwisseling van grondstoffen, halffabricaten en energie (elektriciteit, stoom, restgas in beheer van site)
- > **Verbonden** met grote vraagcentra en andere clusters via pijpleidingen (ethyleen, nafta), spoor en waterwegen voor vervoer van grondstoffen en producten, 85% export
- > Met Brightlands Chemelot Campus een uniek en groeiend ecosysteem van **onderzoek, opschaling** en gebruik op industriële schaal op één terrein
- > Aantrekkelijk **vestigingsklimaat** voor R&D, pilots/demos, scale-ups, met name op het gebied van circulaire plastics

Toekomst: Chemelot Circular Hub

- > **Circulaire chemie:** productie van basisplastics en specialty chemicals met groene grondstoffen (circulair, bio-based) en duurzame energie (groene elektriciteit en waterstof)
- > Epicentrum van **circulaire waardeketens**, door verlengen en verbreden van bestaande ketens en door opzetten van nieuwe waardeketens door integratie met lokale en regionale afvalverwerkende industrie en biomassaproductenten; nieuwe hoogwaardige chemiebedrijven
- > **Duurzame kunstmestproductie** met import van groene ammoniak, aangevuld met lokale productie met groene waterstof en biogene CO₂
- > **Groene grondstoffen hub:**
 - Lokale **productie** circulaire koolstof met installaties voor mechanische en chemische recycling: vergassing, pyrolyse, depolymerisatie, solvolyse en plasmatechnologie.
 - **Import** van pyrolyse-olie (uit de omgeving en per schip/buisleiding) en lokale upgrading
 - Circulaire verliezen aanvullen met **bio-based**: bio-nafta/LPG, bio-propeen, bio-polymeren
 - **Groene waterstof:** productie uit afvalvergassing of import via waterstofnetwerk
 - Verdere uitbreiding van **verbindingen** met (inter)nationale clusters via buisleidingen propyleen, waterstof, LPG, CO₂, ammoniak, mogelijk elektriciteit (Delta Corridor)

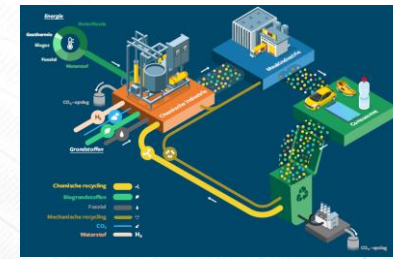
Ontwikkeloptyes op hoofdlijnen:

- > **CCS** (onzeker of toegepast zal worden; transport naar opslagvelden per schip of pijpleiding): (1) op grijze waterstofproductie; (2) op restgas stoomkraker
- > **Elektrificatie** (met uitfasering WKK): (1) e-boilers voor flexibele (hybride) stoomproductie, (2) e-fornuizen (3) e-kraken >2030 (4) plasmakraken >2040
- > **Groene en koolstofarme waterstof** (200 kton 2030): (1) lokale productie met vergassing; (2) import waterstof via backbone; (3) import als groene ammoniak; (4) inzet als vervanging grijze waterstof voor ammoniak; (5) inzet voor pyrolyse-upgrading en chemische recycling
- > **Bio-based**: (1) verwerking van biomassa voor waterstof en grondstoffen chemie; (2) directe productie hoogwaardige chemie / polymeren uit biomassa
- > **Afval**: (1) mechanische recycling, grondstof voor circulair plastic productie door (2) diverse chemisch recyclingtechnieken
- > **Elektriciteit**: (1) beperkte lokale hernieuwbare productie; (2) versterking elektriciteitsnet essentieel voor elektrificatie; (3) uitbreiding Delta Corridor met DC-kabel; (4) mogelijk kleine kerncentrale voor baseload elektrificatie stoomkraken

Analyse in samenwerking met het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, o.a. gebaseerd op CES, bedrijfsstrategieën, marktontwikkeling, expert analyse

3 Sectoren

Sector Chemie



Grote, diverse sector met veel innovatiekracht...

- De Nederlandse chemie is met ~70 mld omzet en ~20 mld toegevoegde waarde de **grootste** energie-intensieve subsector; 45.000 banen
- De chemie **groeit** nog steeds hard, er zijn vooral veel hoogwaardige materialen nodig, o.a. nodig voor de energietransitie
- De sector omvat in Nederland:
 - Energie-intensieve, bulk **basischemie** (in de 5 clusters – 75% omzet)
 - Kennisintensieve, hoogwaardige **specialty chemicals** (in clusters + verspreid over het land – 25% omzet)
- De Nederlandse chemie is **sterk geïntegreerd**: op/tussen de clusters en sites, maar ook upstream met de raffinagesector
- NL is door zijn ligging en grote **raffinagesector** een grote producent van energie- en grondstof-intensieve bulk chemie (>15% EU kraakcapaciteit)
- Deze bulkproducten zijn echter hard **nodig** in Europa voor onze plastics, bouwmaterialen, vezels, kleding, coatings, medicijnen en voedingsmiddelen
- 80% van deze bulk wordt geëxporteerd naar Europa, voornamelijk binnen het **ARRRA** cluster (NL-D-B: 40% van de Europese chemieproductie)
- Stoppen met bulkactiviteiten in Nederland heeft **gevolgen** voor productie in ARRRA en leidt tot hogere EU importafhankelijkheid voor basischemie
- Maar: goedkope **ethaanexport** uit de VS zorgt voor nadeel naftakrakers; ook ethyleenexport uit VS en MO groeit → vraagtekens bij basischemie in NL
- Export buiten Europa betreft vooral hoogwaardige chemie: Europa is nog altijd **netto exporteur** van specialty chemicals
- Hoogwaardige chemie komt tot bloei binnen '**industrial ecosystems**': triple helix communities waar grote bedrijven, startups, onderzoekscentra, en universiteiten nauw samenwerken, zoals nu al op Chemelot.
- Emissies chemie: 19Mt CO₂. Emissie-intensiteit: ~1MtCO₂/mld€_{tww}.

...en goede kansen voor koploperpositie verduurzaming...

- De chemie heeft een sleutelrol in de **circulaire economie**: afval kan dienen als grondstof voor nieuwe producten van de chemie
- Met **recycling** voorkomen we CO₂ uitstoot door afvalverbranding. Hier staat echter wel verhoogd energieverbruik (scope 1) tegenover
- Scope 1 reductie is mogelijk door CCS, e-boilers en later e-kraken. Voor de chemie is verduurzaming van **grondstoffen** echter een veel grotere opgave
- Verduurzaming grondstoffen kan met een **combi** van afval, biomassa en CO₂ (CCU - een zeer grote footprint in termen van elektriciteit / waterstof).
- Door de havens en de sterke integratie upstream met raffinage heeft NL goede kansen om voldoende **duurzame grondstoffen** aan te voeren, hetzij in primaire vorm (biomassa/afval), hetzij als intermediate (pyrolyse-olie)

...als we dit regelen:

- Beleid vanuit een **integrale** visie op klimaatneutrale en circulaire chemie. Investeringsbedrijven zijn afhankelijk van lange termijn perspectief grondstoffen: scope 1 reductie tot 2030 is alleen zinvol in combinatie met scope 3. Daarom is **grondstoffentransitie** vanaf 2030 te laat, ook voor NL doelen circulair. Vergt integrale blik op chemie, afval, raffinage en landbouw.
- Grote investeringen vragen om investeringszekerheid over:

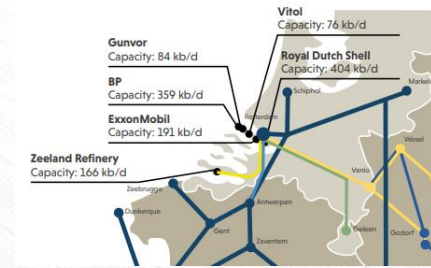
Randvoorwaarden

- Infrastructuur elektriciteit en moleculen
- Beschikbaarheid voldoende groene stroom en waterstof
- Tijdige vergunningen

Business case

- Afdekken onrendabele top (SDE, NIKI) & prijsrisico (*Contracts for Difference*)
- Marktcreatie duurzame producten: bijvoorbeeld recycelaat uptake verplichting, massbalancing, einde afvalstatus
- CO₂ accounting, afval, LCA, certificering

Sector Raffinage



Brandstof en chemiegrondstofhub voor ARRA...

- › Nederland heeft door zijn ligging een **grote** (40% van NW-EU), op **export** gerichte raffinagesector (80% naar EU; benzine naar VS en Afrika)
- › 25-35 miljard omzet, **~2 miljard** toegevoegde waarde; 5500 banen
- › Brandstofvraag zal gestaag dalen door **elektrificatie personenvervoer en een deel van het vrachtvervoer**, hierdoor ontstaat overcapaciteit in Europa
- › Maar: voor een deel van het heavy-duty road transport, scheepvaart en luchtvaart zal dit grotendeels door **low-carbon fuels** ingevuld moeten worden: duurzame brandstoffen obv biomassa, afval en CO₂ (synthetisch)
- › 60% van de brandstofconsumptie in Nederland is door de internationale **scheep- en luchtvaart**; slechts 40% voor Nederlands weg/water transport
- › Sterke groei van **bioraffinage** in Rotterdam, met recente investeringen van Neste (2mld) en Shell (1mld) in next-generation biofuel fabrieken
- › Er is in Nederland sprake van een sterke **integratie tussen raffinage en chemie** (vooral Shell en Exxon raffinaderijen):
 - Plastics: vrijwel alle nafta en lpg wordt downstream gebruikt door Dow, Sabic en Shell Moerdijk voor productie basischemie (olefines)
 - In de Botlek/Pernis worden lokaal in een geïntegreerd cluster uit diverse raffinagestromen aromaten, bouwmaterialen, plastics, etc geproduceerd
- › Raffinage heeft daarmee een **sleutelrol in verduurzamen grondstoffen chemie**; ~20% van olie-inzet NL gaat naar chemische sector (grootste deel is nafta/lpg voor krakers)
- › Voor **strategische autonomie** is raffinage dus van blijvend belang
- › 95% van de uitstoot zit in het eindproduct: brandstoffen (85%) en basischemie (15%); 5% wordt als scope 1 uitgestoten
- › Emissies raffinage: 10Mt CO₂. Emissie-intensiteit: ~2MtCO₂/mld€_{tww}

...die draaischijf in de grondstoffentransitie kan worden...

- › **Onmisbaar** voor energie en grondstoffentransitie van de andere NL clusters en ARRA: begin van grondstofketen en energie-import op grote schaal
- › Raffinage zal **ingrijpend veranderen**: pyrolyse/vergassing voor groene koolstof + groene H₂ = groene brandstof en chemiegrondstof.
- › **Bio-refineries** (o.a. voor SAF) zijn een eerste aanzet van deze nieuwe integrale routes om duurzame brandstoffen en grondstoffen te produceren
- › Veel van de bestaande assets kunnen worden **hergebruikt** (hydrotreater, hydrocracker, etc), zeker in het begin (co-processing fossiel+duurzaam)
- › Voor **synthetische brandstofproductie** lijkt Nederland minder geschikt vanwege het enorme beslag op groene elektriciteit en waterstof

...als we dit regelen:

- › Beleid vanuit **integrale visie** op inzet bio/afval voor duurzame brandstof en grondstofproductie: investeringen in raffinage komen beide ten goede.
- › De ontwikkelingen in de RED3 gaan langzaam: **anticiperend** aanvullend beleid zoals de raffinageroute brengt investeringen eerder op gang. aast bijmenging biobrandstof voor wegtransport (huidig beleid) duurzame brandstof voor luchtvaart stimuleren. NL wil versnellen, first mover zijn.
- › Grote investeringen vragen om investeringszekerheid over:

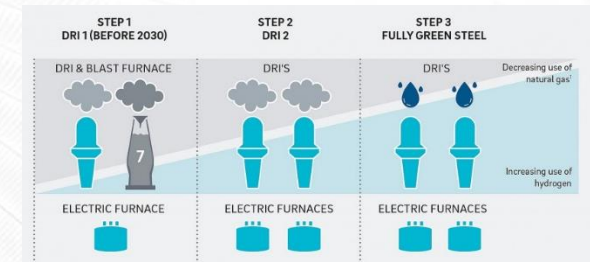
Randvoorwaarden

- Infrastructuur elektriciteit en moleculen
- Beschikbaarheid voldoende groene stroom en waterstof
- Tijdige vergunningen

Business case

- Afdekken onrendabele top (SDE, NIKI) & prijsrisico (*Contracts for Difference*)
- Marktcreatie duurzame brandstof: RNFBO verplichting, RCF erkenning, feedstocks
- CO₂ accounting regels, LCA, certificering

Sector Staal



Efficiënte, hoogwaardige staalfabriek op gunstige aanvoerplek...

- **TATA:** 5 mld omzet, ca 3 mld toegevoegde waarde; 11.000 banen. Met 7mln ton/jr staal de 3-4^e staalsite EU, internationaal middelgroot.
- **Markt:** De flat steel markt in Europa groeit met ~ 1,5-2% per jaar. Grootste markt TATA: automotive 32% en packaging 16% (meeste winst), engineering 22% en constructie 33%.
- **Strategische autonomie:** EU toename geïmporteerd staal, handelstekort EU opgelopen tot 18MT in 2021. Concurrentie Azië leidt tot overcapaciteit in EU: consolidatie en sluiting verwacht. Staal heeft relatief lage ROI.
- **Circulariteit:** vanwege focus op hoogwaardig staal verwerkt TATA slechts 15-20% schrootijzer (gemiddeld EU is 40-50%). EU exporteert nu netto schroot.
- **Logistiek:** IJmuiden relatief gunstige site in Europa voor import grondstoffen en energie. Doordat TSN beschikt over een pelletfabriek kan het goedkopere erts verwerken dan zijn concurrenten
- **Omgeving:** gezondheidsissues; grootste industriële stikstofuitstoot ter wereld. Roadmap+ programma moet deze uitstoot beperken.
- **Integratie NL:** merendeel Nederlandse industrie gebruikt al staal dat niet van Tata komt; weinig downstream applicaties naast elektriciteitsopwekking
- Emissies: 12Mt CO₂. Intensiteit: 4MtCO₂/mld€_{tww}

...die technisch goed te verduurzamen is, met als grootste vraag of DRI-H₂ in Nederland op de lange termijn concurrerend is

- **Staalproductie is te verduurzamen** met een combinatie van DRI (Direct Reduced Iron) en elektrische verwerking tot staal. Hierbij worden cokesproductie en hoogovens in stappen uitgefaseerd, ca. 4Mt emissiereductie. Na een overgangsfase op aardgas zal er stapsgewijs waterstof bijgemengd worden met mogelijke rol CCS(U).
- **Energiekosten zijn een belangrijke driver.** Productiekosten DRI staal liggen structureel 2-3x hoger maar bij hoge CO₂ prijs toch rendabel (Eurofer: bij CO₂ prijs 150-300).
- **Europese concurrentiepositie elektriciteitskosten NL:** voordelig tov Duitse / binnenlandse staalfabrieken, nadelig tov landen als Zweden (en op termijn Spanje) waar nu al voldoende baseload CO₂-vrije elektriciteit is.
- **Internationale concurrentiepositie:** potentieel nadelig tov landen als Australië en Brazilië, met veel duurzame energiepotentieel en ijzererts. Optie om vanuit daar HBI (een DRI tussenproduct) te exporteren naar Europa. TATA kan dit vervolgens verwerken tot eindproducten. IJmuiden is ook in de toekomst een gunstige plek voor import van HBI (maar ook van waterstof). Onbekend is of lagere energiekosten opwegen hogere logistieke kosten.
- **Verhogen circulariteit:** staalproductie met schroot vraagt slechts 10-15% van de energie van primair. Snellere decarbonisatie dus mogelijk door vergroting schrootmetaal input (huidige plannen van TSN zijn verhogen naar 30% schroot) en investeren in elektrische fornuizen. Dit vraagt om prioriteren fornuizen (EAF). Vraag is of dit mogelijk is voor producten TATA.

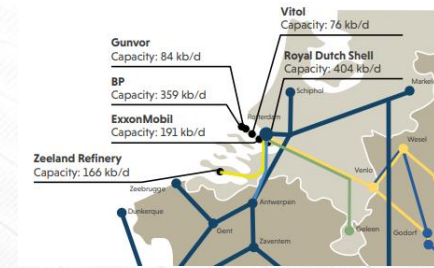
...als we dit regelen:

- **Voldoende groene elektriciteit:** beschikbaarheid duurzame elektriciteit tot 2030 is gelimiteerd. Alleen al voor de elektrische fornuizen is 3-5 TWh nodig, 1 GW wind. Verduurzamen staal leidt tot relatief grote CO₂ reductie. TATA kan mogelijk deels flexibel stroom afnemen.
- **Voldoende groene waterstof:** NL productie van 380-550 kton (4-6GW) in 2030 lijkt haalbaar, maar vergt nog veel investeringen. HbR/HbA streven naar H₂ import van 5 Mton in 2030. Nog vraagtekens omtrent toekomstige leveringszekerheid en kosten H₂. Op te vangen met aardgas. DRI op gas in 2030 vraagt om ca. 15 TWh extra aardgas: 5% van huidige totale NL verbruik. Er is een aanvullende waterstof vraag te verwachten door verduurzaming staalsector in omringende landen.
- **Infrastructuur** voor H₂ en elektriciteit is no regret, dus moet sowieso aangelegd worden

Sector Kunstmest

Kleine, efficiënte, zeer exportgerichte industrie die belangrijk is voor strategische autonomie...

- Onderdeel van sector chemie, omzet ~2 miljard, toegevoegde waarde ~0,5 miljard; 1100 banen bij twee bedrijven (Yara 600 en OCI 500).
- Wereldwijde markt **groeit** met ~3% per jaar. NL grootste producent stikstof-kunstmest in W-Europa. >95% van de productie is voor export, vooral naar EU. Consumptie stikstof-kunstmest EU is constant op ~10Mton; dalend in NL en D
- In NL productie **kunstmest** op basis van aardgas (7-8% van NL verbruik), dat wordt omgezet naar waterstof, waarbij 95% van de CO₂ emissies vrijkomen.
- **Strategische autonomie stikstof-kunstmest:** de EU heeft in principe voldoende productie (10Mton), maar door gasprijzen ligt ammoniakproductie grotendeels stil, vraag wordt ingevuld door import ammoniak en kunstmest, waarvan een groot deel uit Rusland (maar volume gedaald in 2022) en Egypte, met veel hogere CO₂-uitstoot. Kunstmestprijzen zijn hierdoor sterk gestegen, met grote impact op voedselproductie en -prijzen, ook elders in de wereld.
- **Strategische autonomie fosfaat en kaliummeststoffen:** De EU is zeer sterk afhankelijk van fosfaat- en kaliummeststoffen uit Marokko/Rusland resp. Belarus /Rusland (nu importverbod Belarus). Deze producten maken we in NL **niet**.
- **EU kunstmeststrategie:** diversificatie import (Egypte, Qatar, Oman, Algerije); organische kunstmest uit mestvergisting; biogas voor kunstmest; en uiteraard duurzame productie met groene waterstof of ammoniak
- Op lange termijn transitie naar **kringloop- en precisielandbouw**: daarbij is minder kunstmest nodig. Stikstofkunstmest kan deels **circulair** via terugwinning uit afvalwater en mestvergisting: stikstof wordt opgenomen in de bodem, een deel ontsnapt via de atmosfeer, een deel komt terecht in planten, en via stofwisseling in afvalwater (mens) en dierlijke mest.
- Chemelot: sterk **geïntegreerde** site met downstream productie van melamine (OCI), nylon (Fibrant) en acrylonitril (AnQore). Yara stand-alone site, maar maakt naast kunstmest ook AdBlue, een additief voor schonere diesel
- Emissies kunstmest: 4Mt CO₂. Emissie-intensiteit: ~8Mt/miljard€_{tw}



...die meerdere opties voor verduurzaming heeft...

- (1) **CCS** op grijze waterstofproductie (tijdelijk); Yara 0,8Mton, OCI niet.
- (2) op basis van **groene waterstof** (lokaal of import); lokaal vereist 3GW WOZ; YARA plannen voor lokale elektrolyse; OCI deelname in NorthH₂ en inzet op waterstof uit afvalvergassing.
- (3) met **groene ammoniak** (import). Gezien de rol van ammoniak als waterstofdrager (ook voor scheepvaart, elektriciteitscentrales) is dit een plausible optie. Groene ammoniak kan wereldwijd op verschillende plekken met lage kosten voor duurzame elektriciteit geproduceerd worden, dus mogelijkheid voor diversificatie van importketens om nieuwe geopolitieke afhankelijkheden te voorkomen.
- De toekomstige **concurrentiepositie** van NL is sterk afhankelijk van de kosten van bovenstaande opties. Opties 2 en/of 3 zijn nodig voor het halen van het EU RED3 waterstofdoel voor de industrie. CCS kan desondanks een belangrijke transitierol vervullen. Routes 2 en 3 vragen (op termijn) ook om biogene of atmosferische CO₂ bron voor ureumproductie. Mogelijke bron biogene CO₂ uit vergassen bio-restafval naar waterstof.
- De import van groene ammoniak lijkt **no regret** gezien de rol van groene ammoniak in een duurzaam energie- en grondstoffensysteem.

...waarbij we sowieso moeten inzetten op groene ammoniak:

- Nederland moet een grote groene ammoniak importstroom met meerdere eindgebruikers gaan accommoderen. Hiervoor is nodig:

Randvoorwaarden

- Infrastructuur ammoniak, incl. opslag
- Tijdige vergunningen
- Veiligheid (opslag en transport)

Business case

- Afdekken prijsrisico groene ammoniak (*Contracts for Difference*)
- Marktcreatie groene ammoniak: RNFB0 verplichting, bijmenging groene kunstmest, certificering

4 Ontwikkelpaden

Verkenning met hulp van ontwikkelpaden

Waarom ontwikkelpaden

Afhankelijk van prioritering door de overheid en de ingezette ontwikkelingsrichting vanuit de industrie, kan de sector zich naar 2050 in heel verschillende richtingen ontwikkelen. Deze ontwikkelrichtingen kunnen door inzet van verschillende duurzame productietechnologieën, prioritering voor andere sectoren en een andere balans tussen binnenlandse productie en importen, ver uit elkaar liggen.

Verkenning van mogelijkheden

Om een indruk te geven van het scala en de breedte van de mogelijkheden, maken we gebruik van ontwikkelpaden. Elk ontwikkelpad bestaat uit een set van aannames voor meerdere industriële sectoren op het gebied van productie technologieën, productieniveau en importen. Door deze ontwikkelpaden is daarmee een indicatie van de resulterende bandbreedte in energie- en infrastructuurbehoefte te geven richting 2050.

Inzichten uit de ontwikkelpaden

Uit de overeenkomsten en verschillen tussen de inzichten per ontwikkelpad, is af te leiden welke mogelijke maatregelen in meerdere ontwikkelrichtingen nuttig kunnen zijn en wat dilemma's en benodigde prioriteringen zijn die de ontwikkelrichting sturen. Hiermee is onderscheid te maken van 'laag-risico' maatregelen en prioriteringen: keuzes die gemakkelijker zijn doordat hun nut en noodzaak relatief groot is (of een behoefte die in alle ontwikkelpaden aanwezig blijft). Ook zijn complexe, moeilijke maatregelen en prioriteringen te identificeren: keuzes met grote of onzekere impact, die naar een bepaalde ontwikkelrichting sturen of juist ontwikkelrichtingen en onderliggende technologie-opties uitsluiten.

Drie voorbeeld ontwikkelpaden

Als hulpmiddel zijn in deze analyse drie ontwikkelpaden gedefinieerd. Alle drie de geschetste ontwikkelpaden leiden tot een duurzame en circulaire industrie in 2050. Deze ontwikkelpaden zijn gekozen om de breedte van het spectrum van de mogelijke toekomstbeelden te schetsen, niet zozeer om het meest realistische of 'beste' pad weer te geven.

Alternatieve ontwikkelrichtingen en -paden

Naast de drie ontwikkelpaden die in deze analyse zijn gedefinieerd, zijn vele andere, alternatieve ontwikkelpaden denkbaar en mogelijk. Een ontwikkelpad is echter geen kant-en-klaar en exclusief oplossingspakket. Dat wil zeggen, in realiteit zal de toekomst bestaan uit een combinatie van meerdere ontwikkelpaden. Elke sector, cluster of organisatie kan en zal een onderling afwijkend ontwikkelpad najagen. Hiermee zal de toekomst ergens tussen de hier gekozen drie ontwikkelpaden in liggen.

Waarde van de ontwikkelpaden

Inzichten uit de ontwikkelpaden

Drie strategieën kunnen met de inzichten uit de ontwikkelpaden toegepast worden om met de onzekerheid van de toekomst om te gaan:

1. Identificatie van maatregelen die voor elk ontwikkelpad nodig zijn ('no-regret' maatregelen), bijvoorbeeld ambities richting circulaire productie of basis-benodigde infrastructuur
2. Gebruik van de 'no-regret' maatregelen als minimaal benodigde maatregelen in het geval deze economisch haalbaar zijn
3. Identificatie van beslismomenten waarop geprioriteerd moet worden, bijvoorbeeld op basis van voorziene dilemma's, opschaling van infrastructuur ontwikkeling etc. Deze beslissingen (of het uitblijven daarvan) sturen de ontwikkeling van de industrie/sector een bepaalde richting in en bepalen de mogelijke vervolgopties. Het belang van deze beslissingen vragen om zorgvuldige afweging van de gewenste opties en gewenste ontwikkelingsrichting. Bijvoorbeeld, bepaling van mate van industriële elektrificatie, beschikbaarheid van elektriciteit en systeem integratie (flexibiliteit).

Ontwikkelpaden kunnen wel...

- ✓ Het spectrum aangeven van de richtingen waarin de industrie zich zou kunnen ontwikkelen, inclusief de onderliggende behoeftes aan energie, infrastructuur en grondstoffen
- ✓ De overeenkomsten en verschillen tussen deze uithoeken inzichtelijk maken
- ✓ Toegepast worden voor een overzicht op nationaal niveau en toegepast worden op cluster niveau voor regionale ontwikkelingsmogelijkheden

Ontwikkelpaden zijn geen...

- x Verwachting, scenario of voorspelling in welke richting de industrie zich daadwerkelijk gaat ontwikkelen
- x Opties waaruit de politiek of industrie kan of moet kiezen
- x Exclusieve set - de realiteit zal uit een combinatie van meer dan de hier gebruikte drie ontwikkelpaden bestaan

2050 Ontwikkelpaden - Toekomstbeelden

- > Elk ontwikkelpad gaat uit van een ander toekomstbeeld voor de industrie
- > Op basis van dit toekomstbeeld zijn aannames per sector gemaakt, bijvoorbeeld de sector omvang en de gebruikte verduurzaming technologieën
- > Ontwikkelpaden zijn geen harde einddoelen maar bieden een leidraad voor een ontwikkelrichting. Ze schetsen een beeld van de resulterende behoeftes aan energie, infrastructuur en grondstoffen



1. PRODUCTIE & UITVOER OVERZICHT

- Hoge industriële productie blijft behouden in Nederland; alleen mogelijk met maximale circulariteit inclusief importen van afval/grondstoffen.
- Nederland behoudt de rol van producent voor omliggende landen (exporten).
- Import van voornamelijk energie, grondstoffen en halffabricaten voor verdere verwerking.
- Door grote vraag een sterke waterstofsector welke concurreert met directe elektrificatie.



2. PRODUCTIE & IMPORT OVERZICHT

- Industriële productie blijft deels behouden in Nederland; import van basisproducten vult binnenlandse circulaire productie aan.
- Voor sectoren waar internationale concurrentie te sterk is, volgt er een overstap op importen.
- Rol van doorvoer en producent voor omliggende landen grotendeels behouden.
- Gebalanceerde toepassing van waterstof (import) en directe elektrificatie in industriële processen.

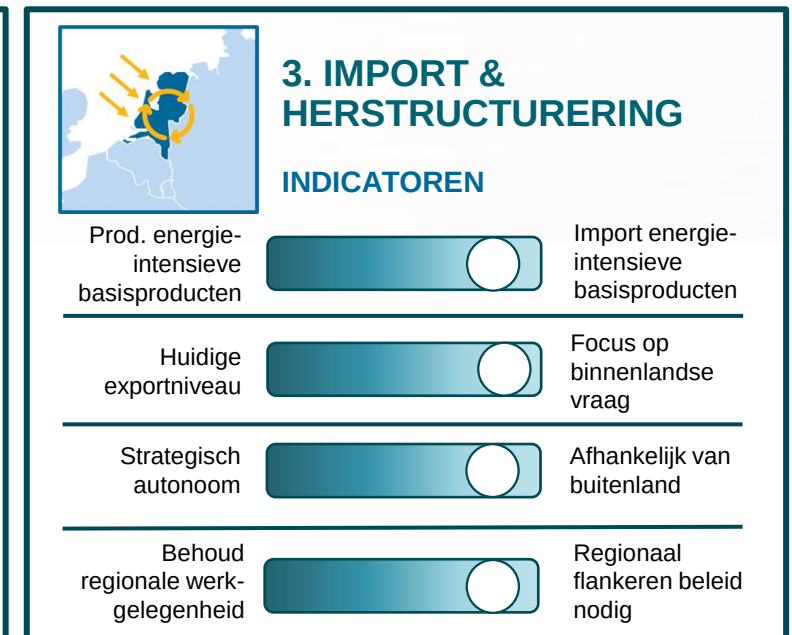
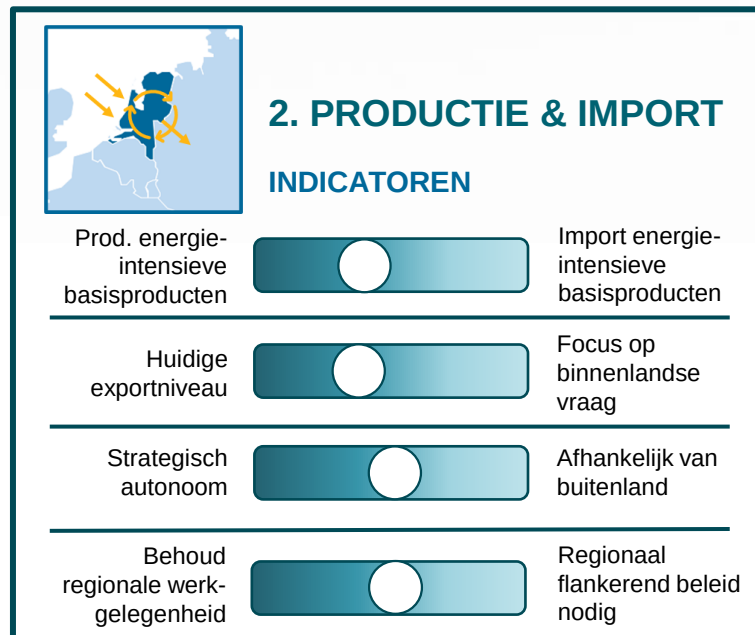
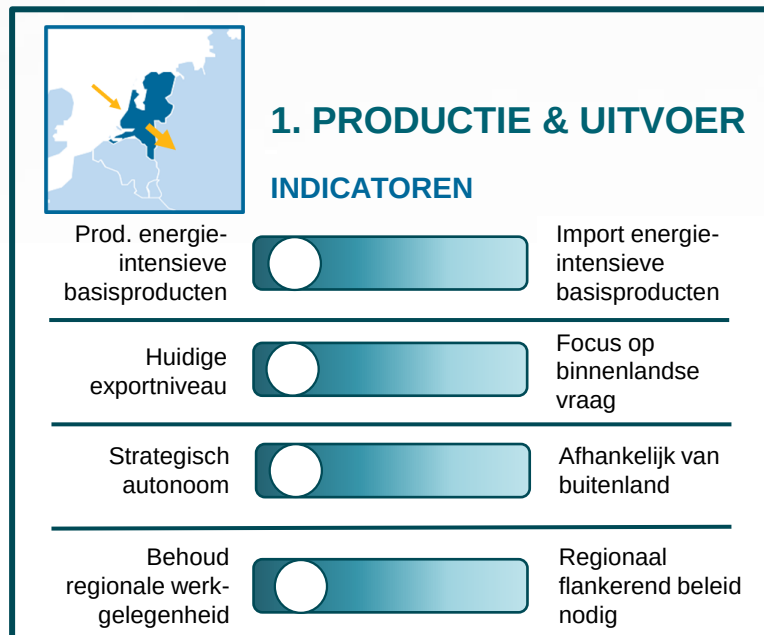


3. IMPORT & HERSTRUCTURERING OVERZICHT

- De industrie herstructureert en richt zich voornamelijk op productie voor eigen gebruik; import van basisproducten en circulaire verwerking van eigen afval zijn hierbij nodig.
- Voor aanvullen van behoeftes meer nadruk op importen van energie-intensieve basisproducten.
- Sterk afgenomen rol als doorvoerland.
- Door lagere industriële vraag, minder ontwikkeling van de waterstofsector en daarmee een kleinere aandeel waterstof en hoger aandeel elektrificatie.

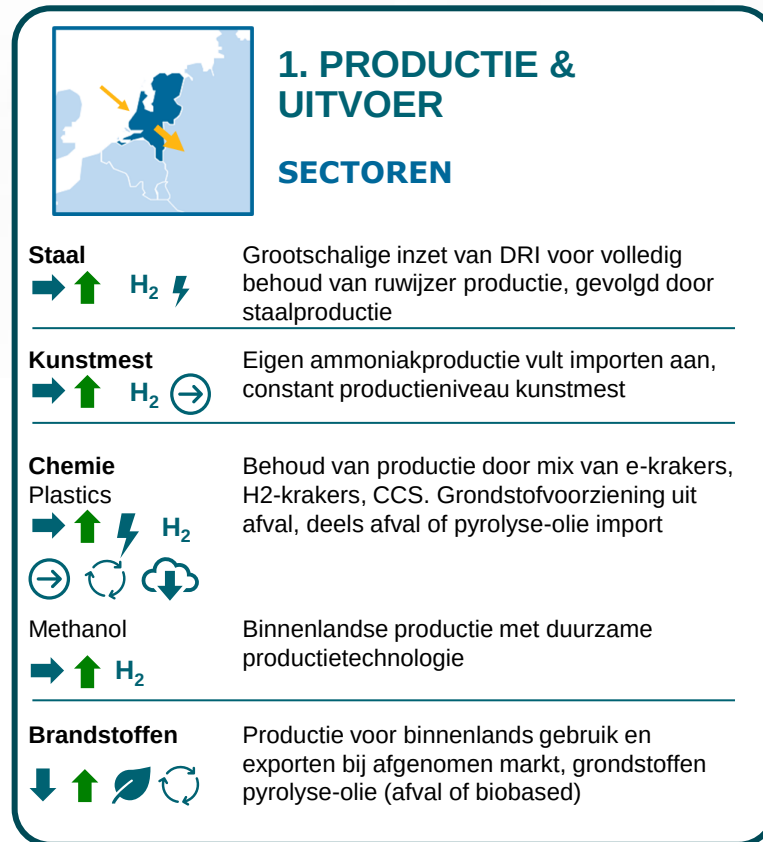
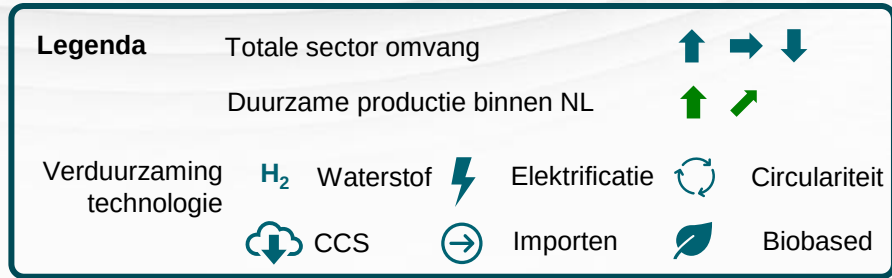
2050 Ontwikkelpaden - Indicatoren

- > De economische structuur en energiesector in het land varieert sterk tussen de geschetste ontwikkelpaden
- > De consequenties van verschillende ontwikkelpaden overstijgen de industrie en werken door in vele aspecten van de samenleving (minder/meer beschikbaarheid van energie of grondstof voor andere sectoren)
- > In realiteit kan elk cluster/sector een ander ontwikkelpad inslaan. De richting zal uiteindelijk afhangen van gemaakte investeringsbeslissingen in de sectoren en facilitering door de overheid



2050 Ontwikkelpaden – Sector impact

- > De sectoromvang en het aandeel binnenlandse productie wisselt tussen de voorbeeld ontwikkelpaden
- > Voor binnenlandse productie worden verschillende verduurzamingsopties gebruikt



5 Modelling ontwikkelpaden

Modelleren verduurzamingstechnologieën

- > Om de energiebehoeftes in de verschillende ontwikkelpaden te kwantificeren en vergelijken, is de energievraag van duurzame productieprocessen voor industriële basisproducten gemodelleerd.
- > In dit model kunnen de verschillende productieprocessen, importen en productieniveaus van de ontwikkelpaden op elektriciteits- en waterstofvraag doorgerekend worden, waarmee de verschillen tussen de ontwikkelpaden zichtbaar worden.
- > De inzichten die deze kwantificatie oplevert, kunnen gebruikt worden om de mogelijke afwegingen en prioriteringen in de routekaart informeren.
- > Voor vijf sleutelsectoren van de basisindustrie zijn mogelijke duurzame productieprocessen gemodelleerd.
- > Er is uit gegaan van de huidige vijf grote industrieclusters in Nederland.
- > Cluster zes is buiten beschouwing gelaten
 - Zeer divers cluster waarin vele verschillende producten worden geproduceerd, maar beperkte energiebehoefte in vergelijking met de overige vijf clusters

Sectoren	Clusters
Staal	Chemelot
Kunstmest	Noord-Nederland
Chemie - Plastics	Noordzeekanaalgebied (NZKG)
Chemie - Methanol	Rotterdam-Moerdijk
Brandstoffen	Zeeland

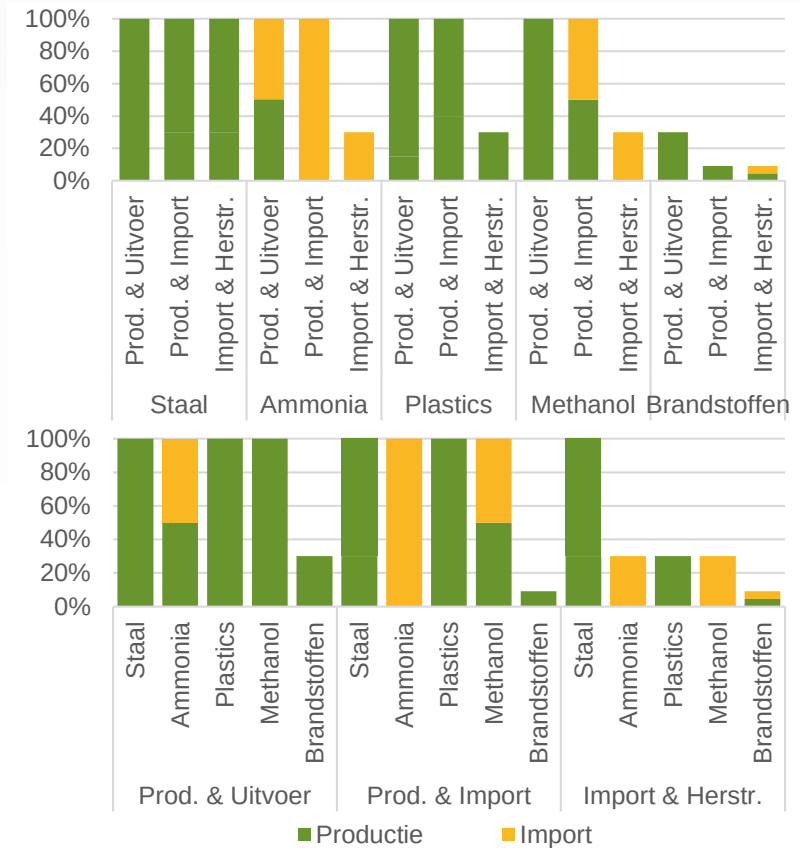
2050 Ontwikkelpaden – Kwantificatie

- > Ter kwantificatie van de ontwikkelpad energievraag zijn verschillende duurzame productietechnologieën gemodelleerd
- > In combinatie met de productieniveaus, geeft dit inzicht in de onderlinge verhoudingen van energievraag tussen de ontwikkelpaden
- > De scope is gelimiteerd tot een beperkt aantal productieprocessen voor basismaterialen en halffabricaten
 - Verwerking tot eindproducten is niet meegenomen
 - Door verschil in scope zijn de resultaten niet direct vergelijkbaar met CES projecties
- > Data voor de duurzame productietechnologieën zijn gebaseerd op project MIDDEN (PBL, TNO) en Concawe
- > **Voor volledige beschrijving van de modellering, bronnen en data van de duurzame productie technologieën: zie bijlage 1**

Sector	Duurzame productie-technologie	Grondstoffen
Staal	H ₂ Direct Reduced Iron (DRI) Electrische vlamboogovens (EAF)	IJzerertspelletts, schroot, HBI
Kunstmest	Ammoniak productie (Haber-Bosch)	-
Chemie - Plastics	E-Stoomkraker (E-cracker) H ₂ -Stoomkraker CCS-Stoomkraker Methanol-to-Olefins (MTO)	Afval pyrolyse (waste-to-plastics) Methanol
Chemie - Methanol	Methanol productie (MeOH synthese) Methanol import	CO ₂
Brandstoffen	Hernieuwbare brandstoffen (lipide hydrotreatment) 'Low-carbon' brandstoffen (pyrolyse olie reforming) Synthetische brandstoffen (Fischer-Tropsch)	Bio-olie, pyrolyse olie (waste-to-fuels), CO ₂

2050 Ontwikkelpaden - Productieniveaus

- > Per ontwikkelpad en sector zijn andere aannames gemaakt over het productieniveau en importniveau, gezamenlijk geven deze de sectoromvang aan
 - > Omvang is ten opzichte van huidige productieniveau's
- > Voor het 'import en herstructurering' ontwikkelpad is uitgegaan van een 30% sectoromvang vuistregel
- > Vanwege afnemende vraag is voor brandstoffen een afwijkende methode gebruikt
 - > In 'productie & uitvoer' behouden de Nederlandse raffinaderijen het huidige EU marktaandeel (30%), voor de 2050 vraag naar hernieuwbare synthetische en biobrandstoffen (EU projectie: 45.2 Mt/jaar*)
 - > Voor het 'productie & import' en 'import & herstructurering' ontwikkelpad is biobrandstoffen productie, importen en verlies van de helft van het marktaandeel aangenomen
- > **Voor een verdeling naar productie technologieën, zie bijlage 1**



* EU (2018) 'A clean planet for all' – 1.5° scenario

6 Inzichten modellering ontwikkelpaden

Inzichten uit de ontwikkelpaden

Grote verschillen in energie en infrastructuur

Er zijn zeer grote verschillen in energievraag tussen de ontwikkelpaden (430 PJ/jr verschil tussen ontwikkelpad 1 en 3). Dit geeft aan dat de ruimte voor en impact van overheidssturing en prioritering van beslissingen groot is.

Voor de zeer hoge potentiële energievraag is met name de toekomst van brandstoffenproductie in grote mate bepalend. De impact is daarbij voor zowel de clusters Rotterdam-Moerdijk en Zeeland (locaties huidige raffinaderijen), als op de overige sectoren door aanspraak op beperkt beschikbare energie en infrastructuur. De ontwikkelrichting van methanol en ammoniak heeft door de lagere energievraag minder impact. Plasticsproductie heeft door een relatief hoge elektriciteitsvraag en aanwezigheid in meerdere sectoren een hoge lokale impact.

Waterstofinfrastructuur is in alle ontwikkelpaden benodigd en essentieel. De ontwikkelrichting bepaalt daarbij de behoefte aan capaciteitsuitbreiding na 2030, deze is bij verschuiving naar import minder noodzakelijk, maar in geval van hoge binnenlandse productie wel. In context van energiesysteem flexibiliteit is de opslag van waterstof in alle ontwikkelrichtingen bruikbaar.

Behoeft circulaire grondstoffen

In alle ontwikkelrichtingen is behoefte aan een circulaire grondstofvoorziening. Hiervoor is facilitering van recycling (voor staal) en verwerking (pyrolyse van afval) tot nieuwe grondstoffen (staal, pyrolyse olie als nafta substituu) noodzakelijk. Aangezien de binnenlandse beschikbaarheid van grondstoffen beperkt is, is de

noodzaak van importen van bio-olie en pyrolyse olie direct afhankelijk van het productieniveau, en daarmee de vraag naar grondstoffen, per ontwikkelrichting.

De behoefte aan facilitering van importmogelijkheden voor eindproducten wisselt per product en ontwikkelrichting.

Facilitering voor ammoniak import (terminals, pijpleiding, haven, risicocontouren) komt in elke ontwikkelrichting terug, terwijl facilitering voor methanol en brandstoffenimport afhankelijk is van de ontwikkelrichting.

Analyse als startpunt

Deze analyse op basis van de inzichten uit de ontwikkelpaden kan dienen als eerste input voor de routekaart maar moet ook gezien worden als een startpunt wat verder aangescherpt kan worden in vervolganalyse, voortschrijdend toekomstbeeld en in samenwerking met de betrokken belanghebbenden.

De ontwikkelingsrichting is in sterke mate bepalend voor de vraag naar elektriciteit en waterstof

Grote verschillen in totale energievraag

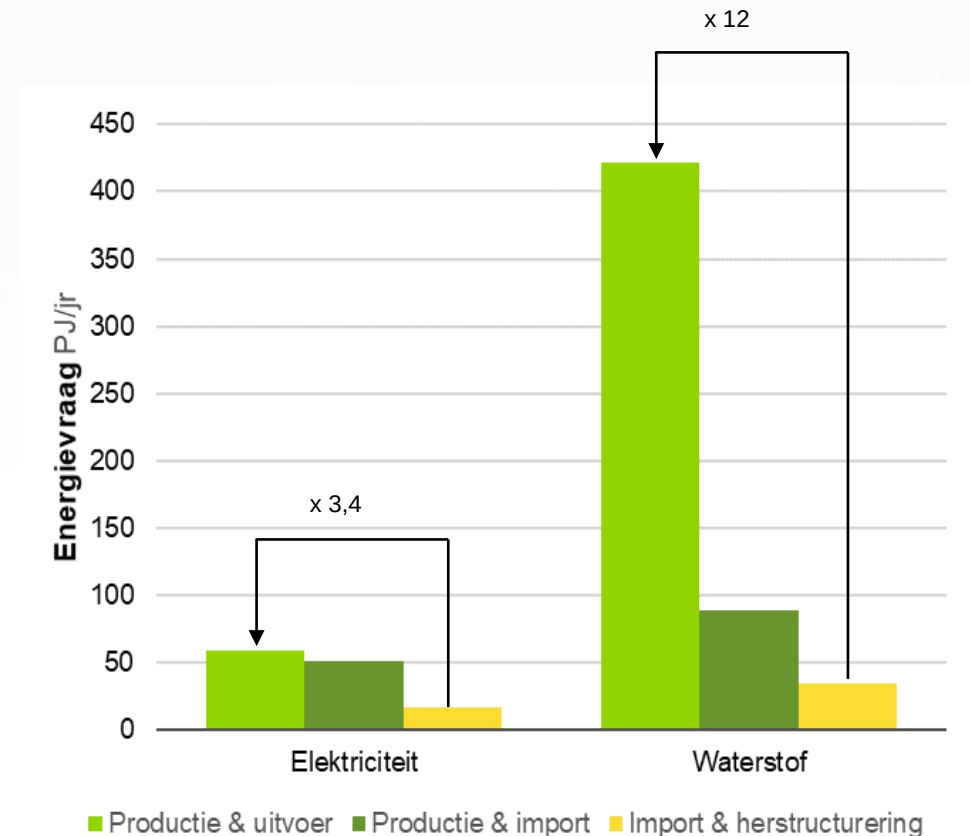
De ontwikkelpaden kennen zeer grote verschillen in elektriciteit en waterstofvraag. De waterstofvraag is hier apart weergegeven om verschillende productiemogelijkheden open te laten. Bij een keuze voor elektrolyse, zal de vraag naar waterstof bij de vraag naar elektriciteit opgeteld worden (vermeerderd met omzettingsverliezen).

Andere verhoudingen elektriciteit en waterstofvraag

Terwijl ontwikkelpad 1 en 2 dicht bij elkaar liggen wat betreft de vraag naar elektriciteit, zijn er uitgesproken verschillen in de vraag naar waterstof tussen deze paden. De toegepaste productietechnologieën in deze ontwikkelpaden vragen om meer waterstof, met name voor brandstoffenproductie en in mindere mate staal en plastics. Ontwikkelpad 3 bevat de laagste totale vraag naar elektriciteit en waterstof, in dit ontwikkelpad is een significant deel van de huidige Nederlandse industriële productie vervangen door importen.

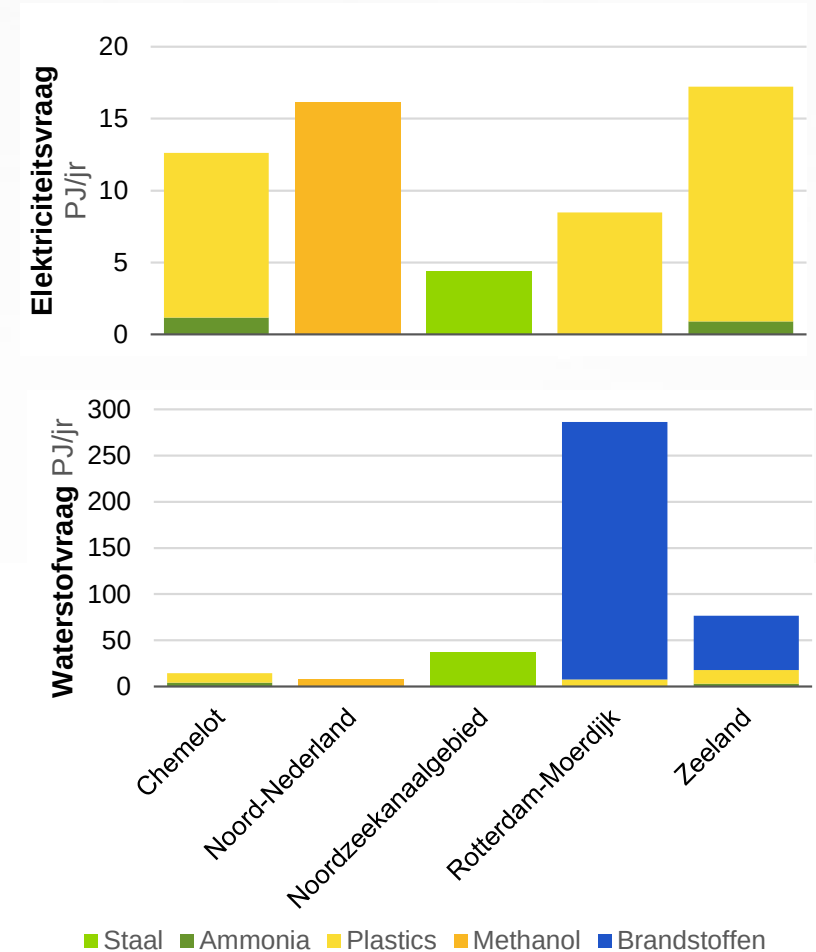
Mogelijkheden voor sturing

Deze verschillen laten zien dat de impact van prioriteringsbeslissingen door de overheid groot is. Ondanks dat de industrie uiteindelijke investeringsbeslissingen neemt en energievraag creëert, speelt de overheid een grote rol in het faciliteren van de ontwikkelingsrichting van een industrie. Dit is bijvoorbeeld door het wel of niet aanleggen van infrastructuur of faciliteren van aanleg van private installaties door toekenning van vergunningen of veiligheidsruimte.



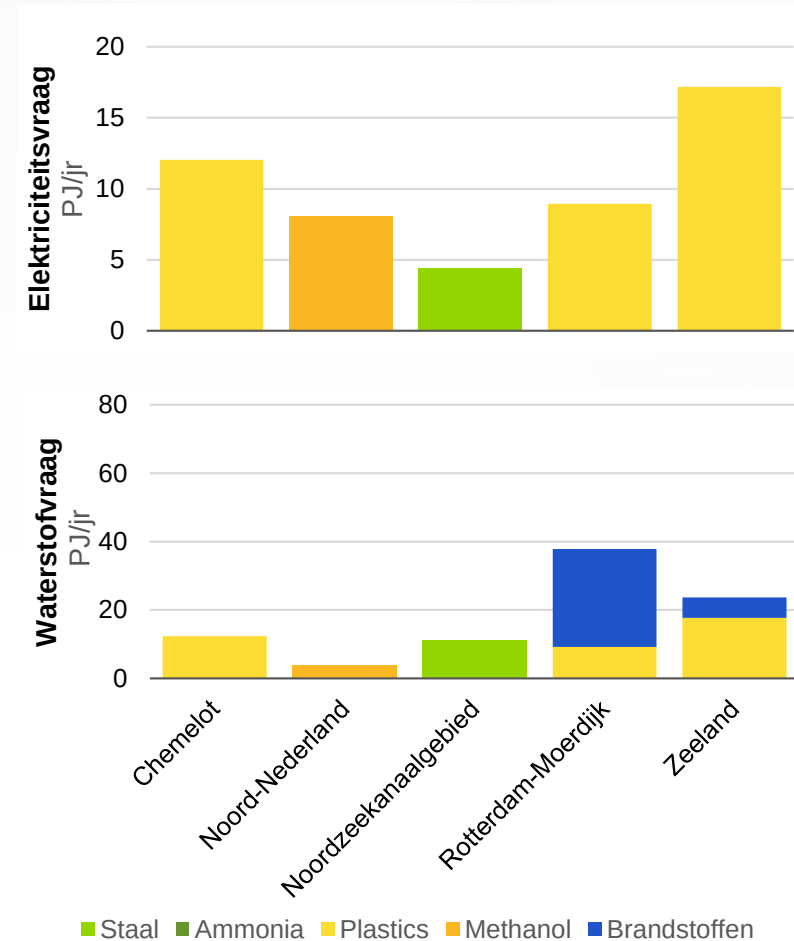
Ontwikkelpad 1 – Productie & uitvoer

- > Waterstofvraag wordt gestuwd door brandstoffensector in Rotterdam en Zeeland
 - Vraag vanuit behandeling van bio-olie en pyrolyse olie en synthetische brandstoffen productie
- > Methanol en staal sectoren zijn bepalend in de elektriciteitsvraag in clusters Noord-Nederland en Noordzeekanaalgebied
 - Elektriciteitsgebruik voor secundair staalproductie (EAF) en methanol synthese
- > Plastic sector bepalend in de elektriciteitsvraag in de drie clusters Chemelot, Rotterdam-Moerdijk en Zeeland
- > De staalsector bepaalt de waterstofvraag in het Noordzeekanaalgebied



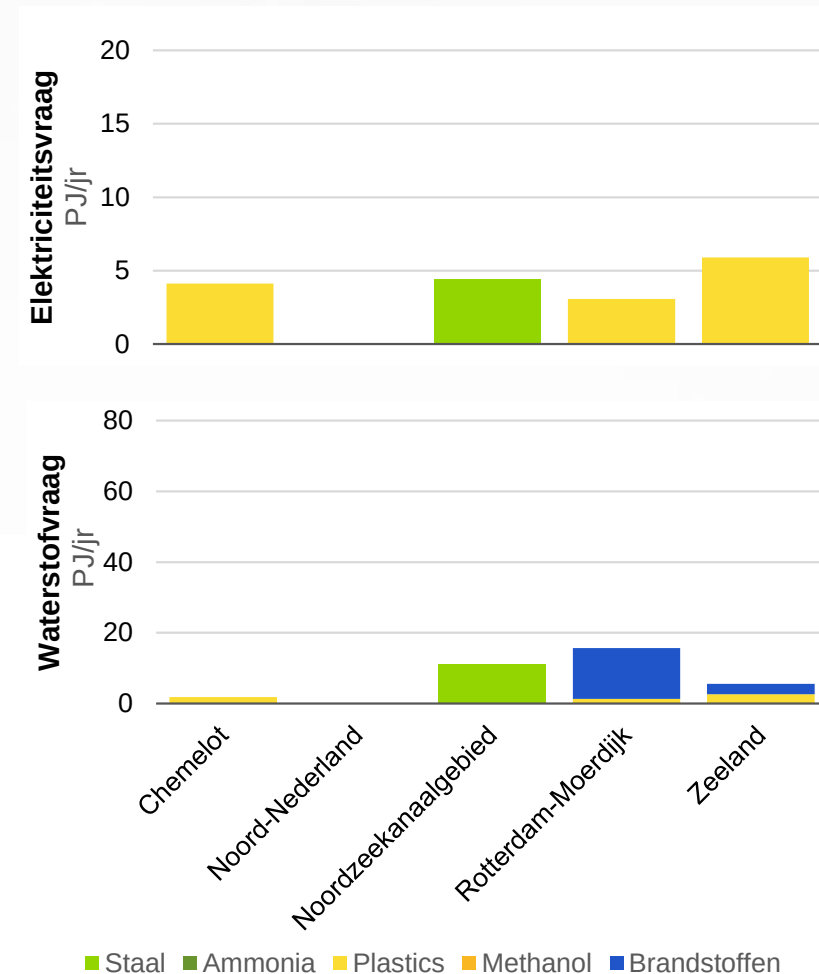
Ontwikkelpad 2 – Productie & import

- > Methanol en staal sectoren stuwen de vraag naar elektriciteit in Noord-Nederland en het Noordzeekanaalgebied
 - Elektriciteitsgebruik voor secundair staalproductie (EAF) en methanol synthese
- > Plastic sector bepalend in de elektriciteitsvraag in de drie clusters Chemelot, Rotterdam-Moerdijk en Zeeland
- > Waterstofvraag wordt gestuwd door brandstoffensector in Rotterdam en Zeeland
 - Vraag vanuit behandeling van bio-olie en pyrolyse olie
- > De staalsector bepaalt de vraag in het Noordzeekanaalgebied
- > Over het algemeen lagere vraag in alle clusters in vergelijking met ontwikkelpad 1 'Productie & uitvoer'



Ontwikkelpad 3 – Import & herstructurering

- > De energievraag in Noord-Nederland daalt door het wegvallen van de lokale methanolproductie
 - In dit ontwikkelpad wordt methanol geïmporteerd
- > De elektriciteitsvraag van de plastic sector is aanzienlijk lager dan in de andere ontwikkelpaden
 - In dit ontwikkelpad is een laag productieniveau
- > Vraag naar waterstof wordt bepaald in de brandstof- en staalsectoren
 - De elektriciteitsvraag uit staal is voor staal recycling
- > Waterstofvraag in Chemelot en Noord-Nederland is klein
 - Gebruikte productietechnologieën (e-kraker, EAF) vragen voornamelijk elektriciteit



Tussenstep 2030

Cluster Energiestrategieën, focus op 2030, en met name gericht op

- > Verduurzaming van **stoomkrakers** via **elektrificatie** en **CCS**, om na 2030 een nog onzekere grondstoffentransitie uit te voeren
- > Verduurzaming van **directe (scope 1) emissies** op aardolie **raffinage**, aangevuld met brandstoffenproductie uit biomassa en afvalverwerking
- > Grootschalige waterstofproductie door middel van **elektrolyse**
- > Behoud van **ruwijzer en staal** productie
- > Balans tussen **ammoniak productie en import**, verduurzaamd met CCS en groene waterstof

Vergelijk met ontwikkelpaden

- > De voorgestelde verduurzamingsroutes in de CES'en richt zich voornamelijk op behoud van productie en vermindering van scope 1 emissies
- > Binnen de CES'en wordt voorgesorteerd op en gestart met verduurzaming van grondstoffen en scope 3 emissies na 2030
- > De door de industrie **voorgestelde verduurzamingsroute** heeft hiermee de grootste **overlap met ontwikkelpad 1** – Productie & uitvoer
- > Invulling geven aan de CES'en kan leiden tot het behalen van de 2030 doelen, maar gaat zonder bredere discussie in de politiek en samenleving voorbij aan mogelijke alternatieve ontwikkelrichtingen waarmee de korte en lange termijn doelen behaald worden

Dilemma's

- > **Gewenste rol en positie** van Nederland als **doorvoerland** en **producent** voor het buitenland
- > De positie van de industrie en grondstoffenvoorziening in relatie tot het **doel van een circulaire samenleving** en de daarvoor benodigde en gewenste productie technologieën
- > De **positie van Nederlandse productie** ten opzichte van de verwachte **vraag** (marktomvang) en **internationale markten**
- > Voor de verschillende producten en basis/bulk chemicaliën, zoeken naar **balans** tussen binnenlandse **productie en importen** (bijv. ammoniak, koolstofderivaten etc.) die aansluit bij de mogelijkheden van Nederland op de lange termijn.
- > Verduurzamingsopties die bijdragen aan de doelstellingen voor 2030 kunnen een ongewenste lock-in creëren met het oog op 2050. Voorbeeld: de verduurzaming van **stoomkrakers creëert een lock-in** door een lange levensduur (ca. 40 jaar) en hoge investeringskosten van installaties
- > Ook het **publieke belang en algemeen draagvlak** voor **lange termijn kan in het geding zijn** met deze oplossingsrichtingen, die gedreven zijn door scope 1-emissie reducties, maar nog niet bijdragen aan scope 3-doelstellingen i.c.m. circulariteit

7 Cluster inpasbaarheid ontwikkelpaden

De sectoren en clusters hebben per ontwikkelingspad elk een andere energievraag

Elektriciteit

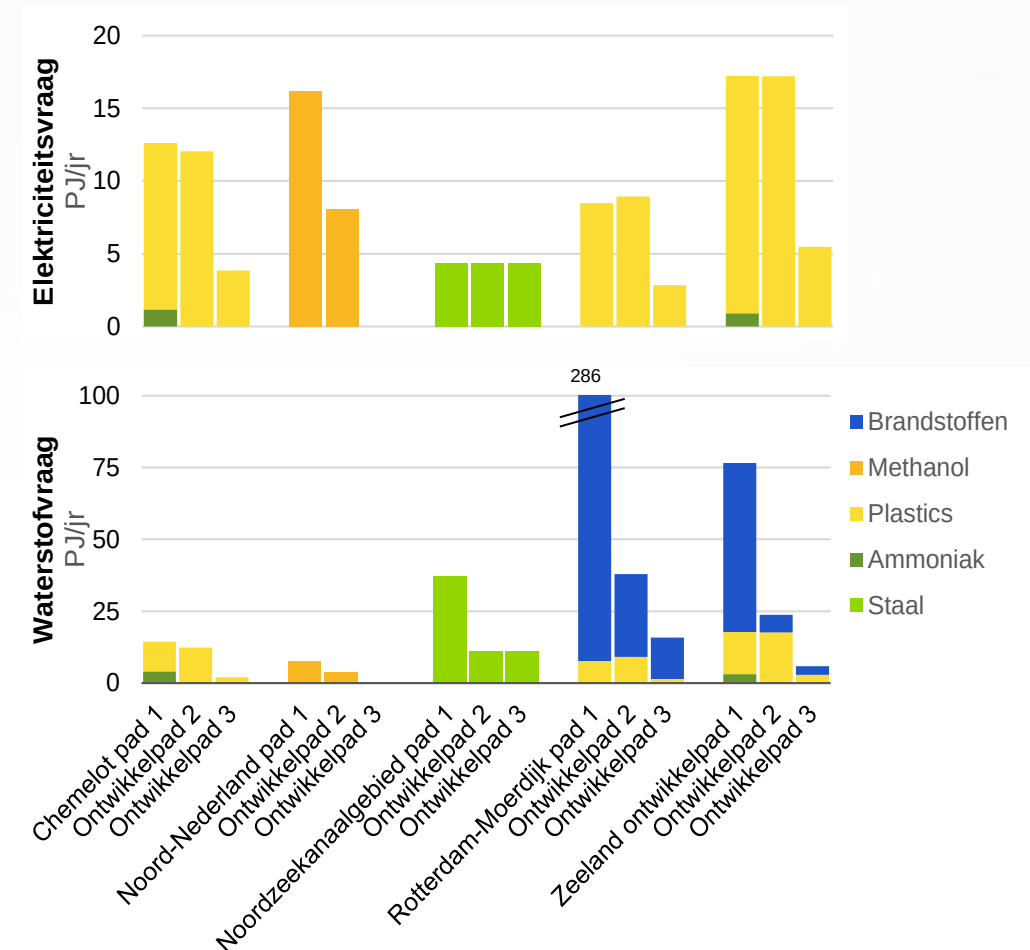
De ontwikkelrichting van plasticsproductie heeft een grote impact op de elektriciteitsvraag (o.a. e-kraken). Ook de variatie tussen clusters hangt sterk samen met de aanwezigheid van de chemiesector per cluster. De mate van product importen geeft variatie tussen ontwikkelpaden voor één cluster (bijv. 16 PJ/jr voor methanol productie tot 0 PJ/jr bij methanol import voor Noord-Nederland). Elektriciteitsvraag voor staal is constant doordat secundaire staalproductie in alle ontwikkelpaden meegenomen is.

Waterstof

De bandbreedte tussen clusters en ontwikkelpaden (tot 40 maal) is nog groter voor waterstof. Met name de ontwikkelrichting van de brandstoffensector (bio-raffinage en synthetische brandstoffen) is bepalend voor de waterstofvraag in Nederland en de beschikbare energie voor de overige sectoren. De ontwikkelrichting van de staalsector (primaire staalproductie) heeft relatief minder impact, maar is in vergelijking met de eerste twee clusters in de figuur nog aanzienlijk).

Prioriteringsruimte

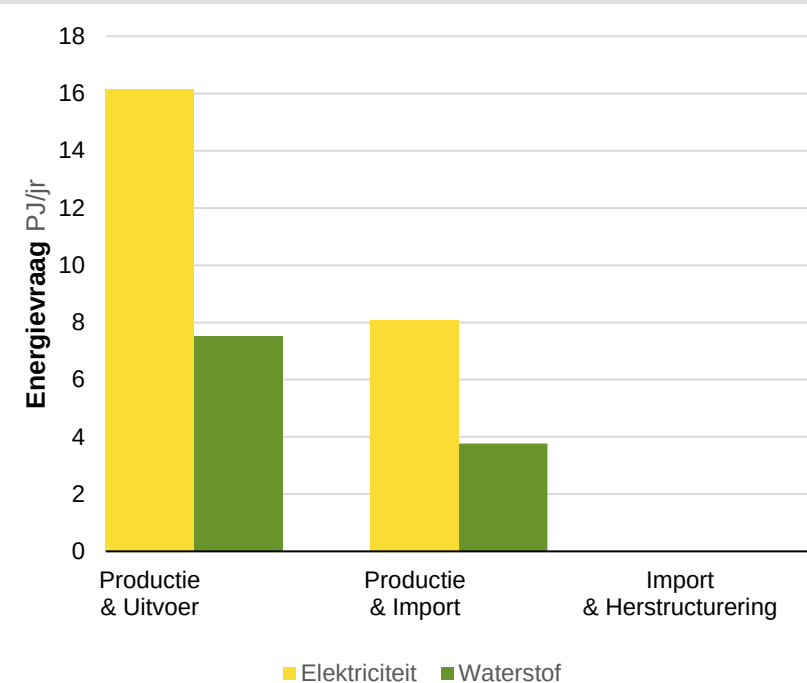
De prioritering van sectoren of clusters beïnvloedt niet alleen de benodigde infrastructuur uitbreiding en energievoorziening, maar ook de beschikbare energie en infrastructuurruimte voor overige sectoren, zowel binnen de industrie als daarbuiten (mobiliteit, gebouwde omgeving, etc.)



2050 Ontwikkelpaden

Noord-Nederland

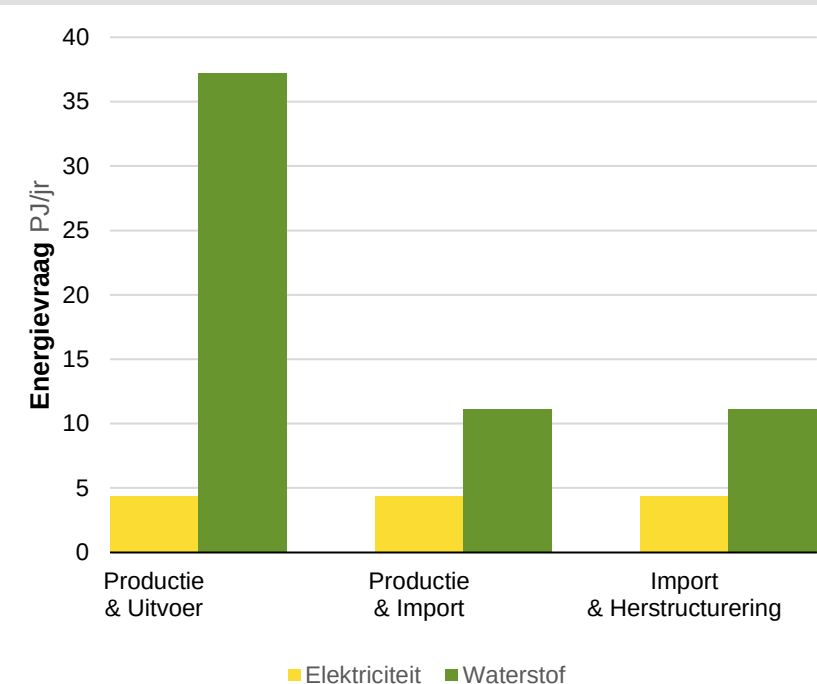
- Cluster afhankelijkheid: de bestaande clusterrol als producent en doorvoerhub voor energie (elektriciteit, aardgas) wordt afhankelijk van het ontwikkelpad belangrijker voor de vraag (elektriciteit, waterstof) in de overige clusters
- Eén sector (methanol) gemodelleerd voor cluster Noord-Nederland
 - Het ontwikkelpad voor deze sector beïnvloed de energievraag zwaar
- Cluster afhankelijkheid: Ontwikkelpad 1 gaat uit van gebruik van methanol als grondstof (MTO) in de clusters Chemelot, Rotterdam-Moerdijk of Zeeland
 - Mogelijk methanol geproduceerd in Noord-Nederland
- Door het lage energieverbruik is de import en doorvoer rol is niet zichtbaar in de grafiek



2050 Ontwikkelpaden

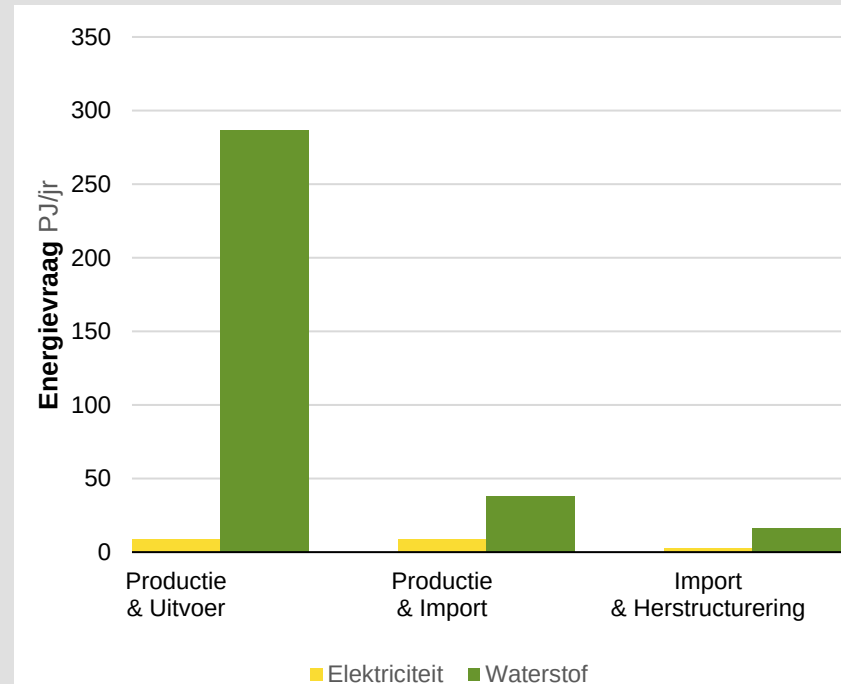
Noordzeekanaalgebied

- › Eén sector (staal) gemodelleerd voor cluster Noordzeekanaalgebied
 - Het ontwikkelpad voor deze sector beïnvloedt de energievraag zwaar
- › Effecten van keuzes voor de ontwikkelingsrichting van staal zijn gelimiteerd tot dit cluster
- › Constante elektriciteitsvraag onafhankelijk van het ontwikkelpad
 - De elektriciteitsvraag komt voort uit secundaire staalproductie (EAF met ruwijzer, HBI of schroot als grondstof)
 - Secundaire staalproductie is aangenomen in alle ontwikkelpaden (recycling/circulaire productie)
- › Ontwikkelingsrichting van DRI is bepalend voor de waterstofvraag
 - Maar zelfs bij volledige vervanging van huidige ruwijzer productie door DRI, is de waterstofvraag voor staal relatief beperkt in vergelijking met de potentiële vraag vanuit brandstoffen of plastics productie



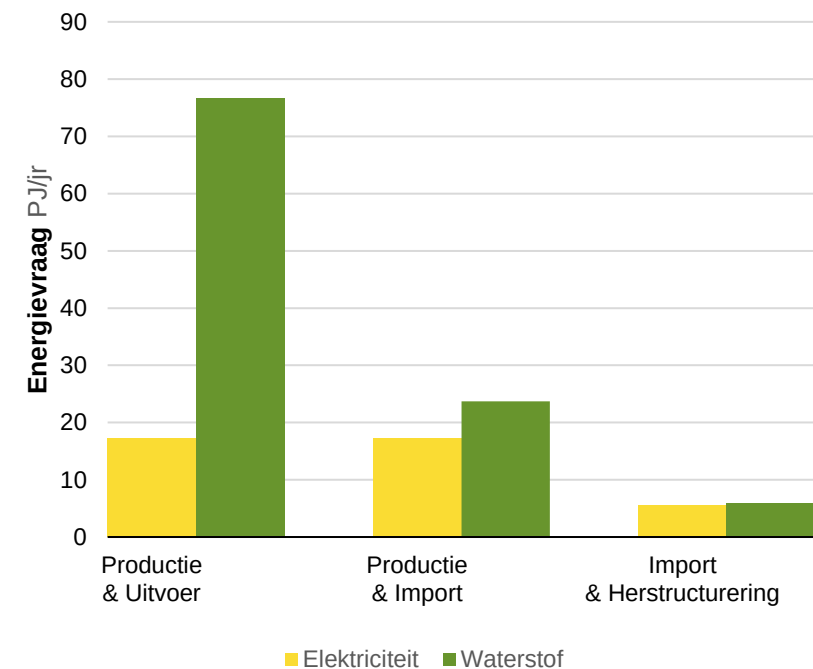
2050 Ontwikkelpaden Rotterdam-Moerdijk

- De ontwikkelingsrichting van brandstoffenproductie is in sterke mate bepalend voor de energievraag
 - Brandstoffen productie bepalend voor de waterstofvraag, plastics productie voor de elektriciteitsvraag
- Prioritering keuzes voor brandstoffen bepalen in grote mate welk ontwikkelpad ingeslagen zal worden
 - De productie van brandstoffen beïnvloedt de rol als bunkerhaven, daarmee ook de handelspositie van het cluster
- Cluster afhankelijkheid: Prioritering keuzes voor plastics productie zijn op dit cluster van toepassing, maar ook op Zeeland en Chemelot
- Cluster afhankelijkheid: De potentiële waterstofvraag uit brandstoffen productie veruit overstijgt alle andere cluster energie vraag
- Beleidspotentie: faciliteren of voorwaardelijk stellen van organiseren eigen waterstofvoorziening voor de brandstoffen sector (mogelijk import)
 - Om impact op overige sectoren en clusters te beperken



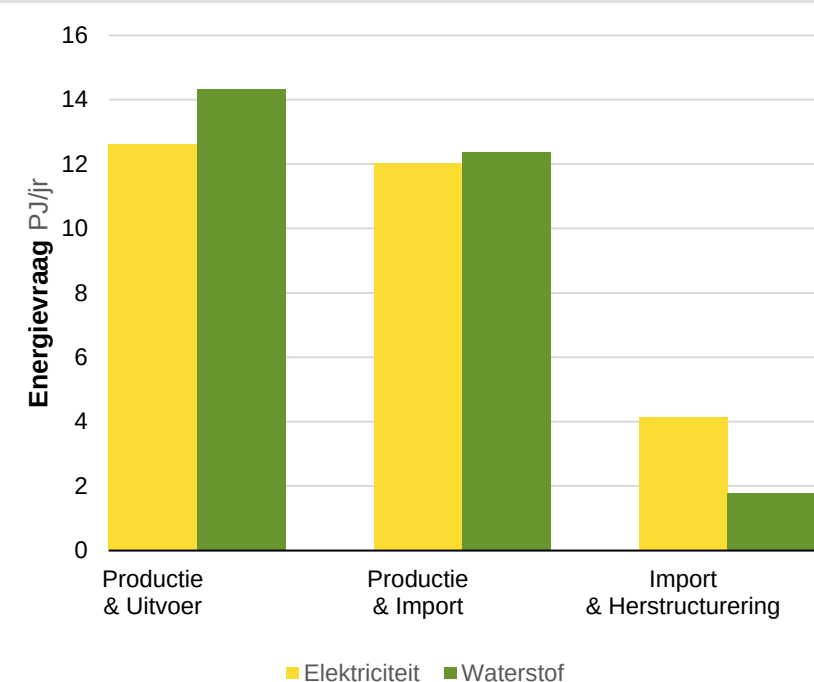
2050 Ontwikkelpaden Zeeland

- Plastics productie bepalen voor de cluster energievraag
 - Lagere impact brandstoffen door verschil omvang
- Prioritering keuzes voor plastics zijn bepalend in richting van welk ontwikkelpad het cluster zich ontwikkelt
 - Cluster afhankelijkheid: Prioritering keuzes voor plastics zijn ook van toepassing op Rotterdam-Moerdijk en Chemelot
- Meer beschikbare productietechnologie en import opties voor plastics productie vergeleken met andere clusters
 - Door locatie, mogelijke energievoorziening (offshore, nucleair, importen)
- Beleidspotentie: faciliteren of voorwaardelijk stellen van organiseren eigen energievoorziening voor de plastics sector (mogelijk import)
 - Om impact op overige sectoren en clusters te beperken



2050 Ontwikkelpaden Chemelot

- Plastics productie bepalen voor de cluster energievraag
 - Lagere impact kunstmest door verschil omvang en aannames
- Prioritering keuzes voor plastics zijn bepalend in richting van welk ontwikkelpad het cluster zich ontwikkelt
 - Cluster afhankelijkheid: Prioritering keuzes voor plastics zijn ook van toepassing op Rotterdam-Moerdijk en Zeeland
 - Beleids potentie: Maatwerk prioritering voor plastics sector voor cluster Chemelot
- Bij behoud van kunstmest productie (ontwikkelpad 1) is de energievraag voor ammoniak relatief beperkt
 - Vraag vanuit plastics productie is groter
- Bij prioritering van e-kraken, elektriciteitsvraag is bepalende factor in cluster energievraag



8 Conclusions

2050 Ontwikkelpaden – Consequenties & acties

- > Elk ontwikkelpad heeft grote consequenties voor Nederland, zowel economisch, ruimtelijk als regionaal
- > De ontwikkelpaden vragen elk om een ander benodigd energiesysteem en acties van de overheid



1. PRODUCTIE & UITVOER OVERZICHT

- Hoge vraag naar energie en hernieuwbare grondstoffen
- Vereist investeringen in ombouw en opbouw van energieproductie, infrastructuur en industrie
- Beperkte energie/ruimte voor andere activiteiten

Vraagt om:

- Sterke uitbouw hernieuwbare energievoorziening en -infrastructuur
- Economisch rendabel maken van binnenlandse productie t.o.v. import



2. PRODUCTIE & IMPORT OVERZICHT

- Ontwikkeling van select aantal topsectoren met sterke Nederlandse positie
- Prioritering voor bepaalde sectoren of activiteiten impliceert minder energie/ruimte beschikbaar voor andere

Vraagt om:

- Prioritering van beschikbare energie richting gewenste en meest competitieve productieactiviteiten
- Aandacht en sturing op verhouding import en binnenlandse productie



3. IMPORT & HERSTRUCTURERING OVERZICHT

- Hogere importafhankelijkheid
- NL niet langer productieland voor W-Europa
- Meer energie beschikbaar andere sectoren/minder energie benodigd

Vraagt om:

- Prioritering van beschikbare energie richting gewenste productieactiviteiten
- Aandacht en sterke internationale relaties voor leveringszekerheid
- Economische, ruimtelijke en regionale herstructurering

Voorwaarden & dilemma's - Ontwikkelpaden

- Ter realisatie vraagt elk ontwikkelpad om andere voorwaarden die de overheid aan de industrie moet bieden



1. PRODUCTIE & UITVOER

VOORWAARDEN

Energie aanbod	Zeer hoge energievraag (480 PJ/jr), voornamelijk (81%) in Rotterdam-Moerdijk en Zeeland. Hoog aandeel H ₂ (88%).
H₂ infra	Gebruik in alle clusters, mogelijk verhogen infrastructuur capaciteit na 2030, opslagcapaciteit verzorgen.
Elek. Infra	Aanlanding WoZ en faciliteren elektrolyse kustclusters, netverzwaring alle clusters
Terminals & overige infra	Beschikbaar maken van ruimte voor ammoniak terminals (haven, risicocontouren) Faciliteren aanleg pijpleidingen voor ammoniak, CO ₂ , mogelijk methanol, ook naar buitenland
Grondstoffen	Faciliteren om te voldoen aan grote vraag bio-olie, pyrolyse olie en CO ₂ ; importen en recycling, lange termijn import ijzererts(pellets)
Circulariteit	Chemisch recycleren afval voor plastic en brandstoffen productie
CCS	Lange termijn inzet, voldoende opslagruimte toewijzen/vergunningen



2. PRODUCTIE & IMPORT

VOORWAARDEN

Energie aanbod	Hoge energievraag (140 PJ/jr), vraag geografisch relatief verdeeld, hoogste aandeel elektriciteit (36%)
H₂ infra	Mogelijk beperkte verhoging infrastructuur capaciteit, opslagcapaciteit verzorgen
Elek. Infra	Versterking van elektriciteitsnet naar alle clusters, meer nadruk op binnenlandse cluster
Terminals & overige infra	Faciliteren importen van ammoniak, methanol (terminals, prioritering) Faciliteren aanleg pijpleidingen voor ammoniak, ook naar buitenland
Grondstoffen	Import bio-olie (brandstoffen) Import pyrolyse olie (brandstoffen) Import plastic waste (plastics)
Circulariteit	Verhogen aandeel recycling staal, chemisch recycleren afval voor plastic en brandstoffen productie
CCS	Tijdelijke inzet, sturing op afbouw richting 2050



3. IMPORT & HERSTRUCTURERING

VOORWAARDEN

Energie aanbod	Beperkte energievraag (52 PJ/jr). Hoog aandeel elektriciteit (33%).
H₂ infra	Gebruik in alle clusters, 2030 infrastructuur waarschijnlijk toereikend
Elek. Infra	Versterking van elektriciteitsnet naar alle clusters, meer nadruk op binnenlandse cluster
Terminals & overige infra	Faciliteren importen van ammoniak, methanol (terminals, prioritering) Faciliteren aanleg pijpleidingen voor ammoniak,
Grondstoffen	Import bio-olie (brandstoffen) Import pyrolyse olie (brandstoffen) Import plastic waste (plastics)
Circulariteit	Verhogen aandeel recycling staal, chemisch recycleren afval voor plastic en brandstoffen productie
CCS	Tijdelijke inzet, sturing op afbouw richting 2050

Ontwikkelingsoverzicht

Inzicht in ontwikkelingen

Belangrijke beleidsprogramma's en ontwikkelingen op nationaal en cluster niveau zijn geïdentificeerd, in vijf categorieën ingedeeld en op een tijdlijn geplaatst. Hierbij is op basis van verwachte aanlooptijd en benodigde moment van ingebruikname een indicatie gegeven van beslismomenten per ontwikkeling. Deze beslismomenten zijn indicatief en afhankelijk van de ontwikkelingssnelheid, bijvoorbeeld door versnelde vergunningsprocedures of bouwsnelheid. Het overzicht is geen volledige inventarisatie van ontwikkelingen.

Overzicht in tijdlijn

Het overzicht bestaat uit beleidsontwikkelingen, waaronder staand beleid, lopende beleidsprogramma's en beleidsprogramma's in ontwikkeling. Voor infrastructuurontwikkelingen zijn zowel lopende ontwikkelingen en programma's als benodigde ontwikkelingen weergegeven. Als marktontwikkelingen is het ontstaan van nieuwe markten en benodigde marktcreatie weergegeven.

Koppeling met ontwikkelpaden

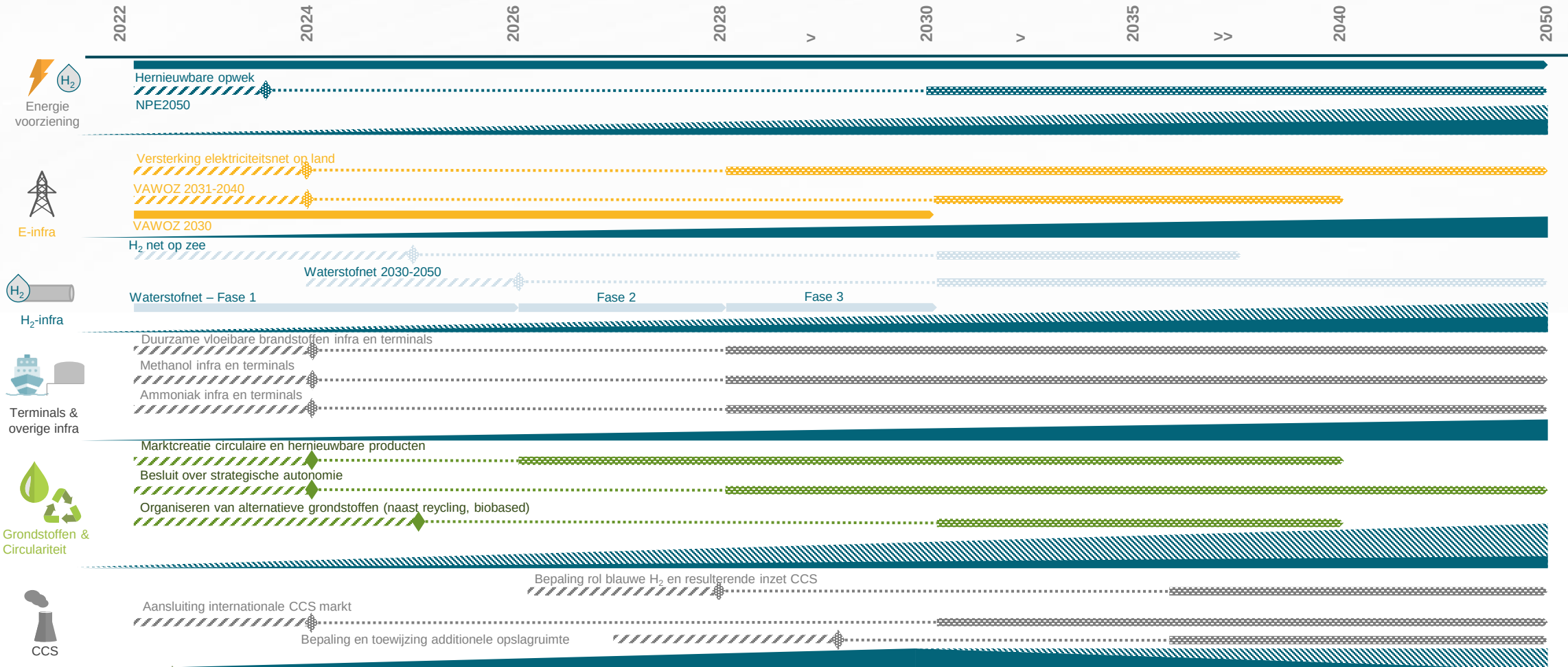
- > De aangegeven mogelijke prioriteringen sturen de industrie elk richting een ander ontwikkelpad
- > De energievraag, voorwaarden en dilemma's per ontwikkelpad, geven een indicatie van de gevolgen van verschillende prioriteringen
- > De ontwikkelpaden schetsen een bandbreedte van mogelijke toekomstrichtingen, de werkelijkheid zal geen van de hier gebruikte ontwikkelpaden volledig volgen
 - De werkelijkheid kan zich in de ruimte tussen de hier gebruikte ontwikkelpaden ontvouwen
 - De werkelijke ontwikkelrichting kan tussen de sectoren of clusters verschillen

Ontwikkelingsoverzicht Nationaal

Legenda

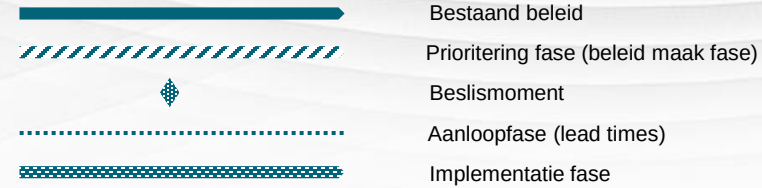
- Bestaand beleid
- Prioritering fase (beleid maak fase)
- Beslismoment
- Aanloopfase (lead times)
- Implementatie fase

Introductie Analyse Conclusie

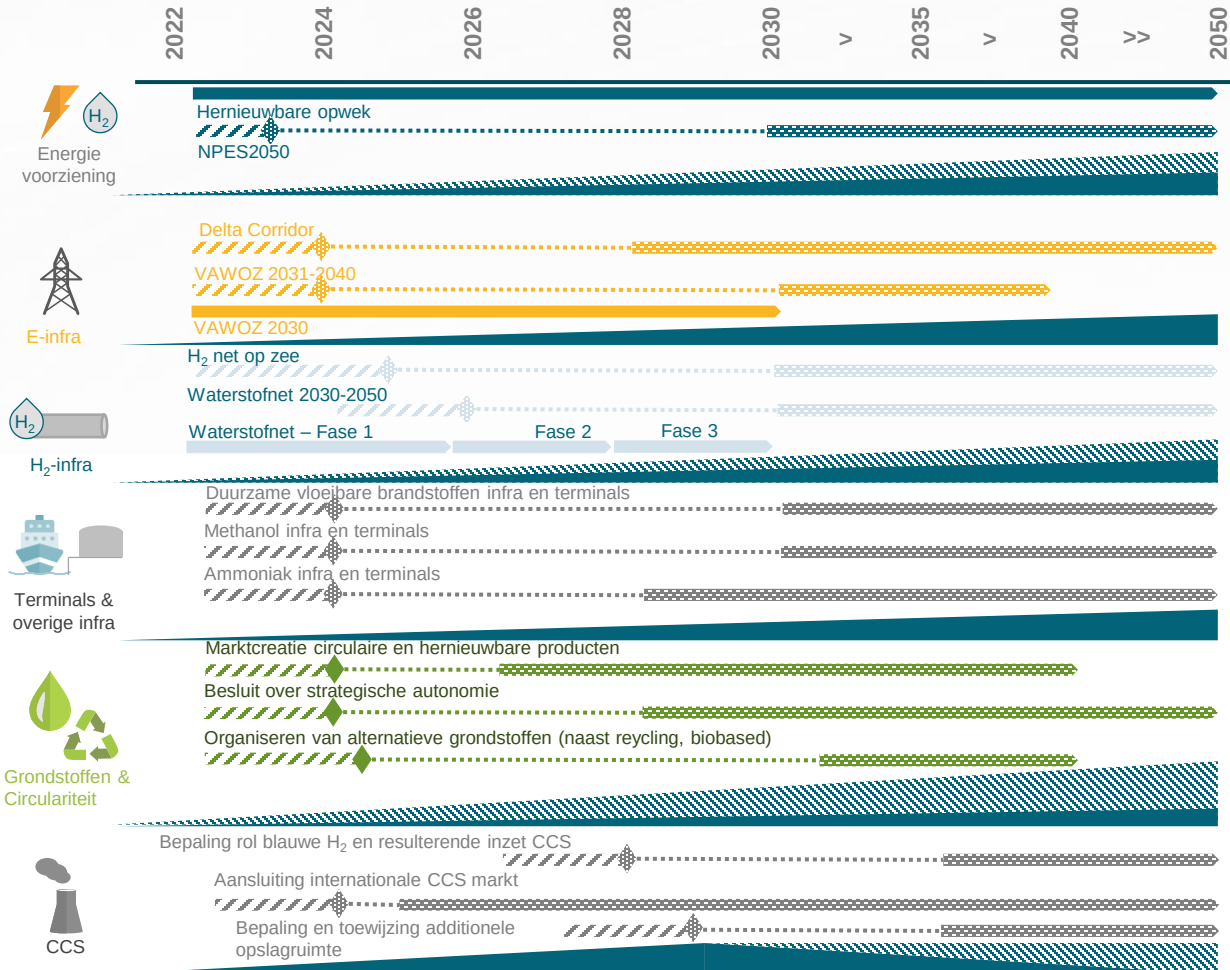


Ontwikkelingsoverzicht Nationaal

Legenda



Introductie Analyse Conclusie



Dilemma's en prioriteringen

- Aanlanding en vorm (elektriciteit, H₂) hernieuwbare energie opwek
- Internationale samenwerking aansluiting en aanlanding offshore wind energie
- Afstemming behoefte en tijdige opbouw transport capaciteit
- Ruimtelijke inpassing
- Waterstofnet op Noordzee
- Afstemming behoefte en tijdige opbouw H₂ transport en opslag capaciteit op land
- Afweging binnenlandse productie en importen (strategische autonomie, emissies, kosten, waarde)
- Type en hoeveelheid grondstoffen (bio, afval, fossiele brandstoffen, CO₂, H₂) sterk afhankelijk van decarb. technologieën en mate van circulariteit
- Afhankelijkheden van productieketens vragen om sterke coördinatie
- Draagvlak en rol lange termijn inzet CCS
- Benodigde en gewenste opslagruimte in NL (onderzees)
- Mogelijkheid internationale CCS markt

Beleidsopties

- WOZ– H₂ tenders
- Opschaling H₂ productie
- Subsidies
- Rijkscoördinatie-regeling
- Deelname H₂Global
- Certificering
- Rijkscoördinatie-regeling
- Subsidies, beprijzing
- Marktcreatie (normering)
- Marktcreatie duurzame producten (SAF, plastics, NH₃, etc)
- Normering, subsidies, beprijzing
- Vergunning opslaglocaties, subsidie
- Transportcapaciteit
- Certificatieschema's

Beleidskaders en programma's

RES'en, Nationaal Plan Energie-systeem 2050, SDE++

VAWOZ, MIEK

MIEK, PIDI, NSEC, ENTSO-G/E

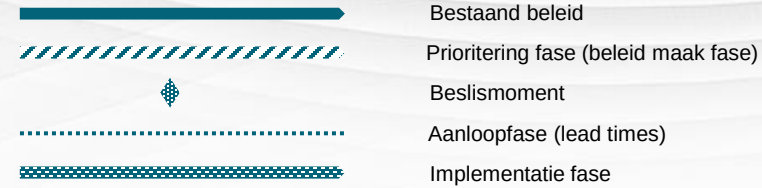
EU REDIII, EU ETS,

NL Circulair in 2050, EU REDIII,

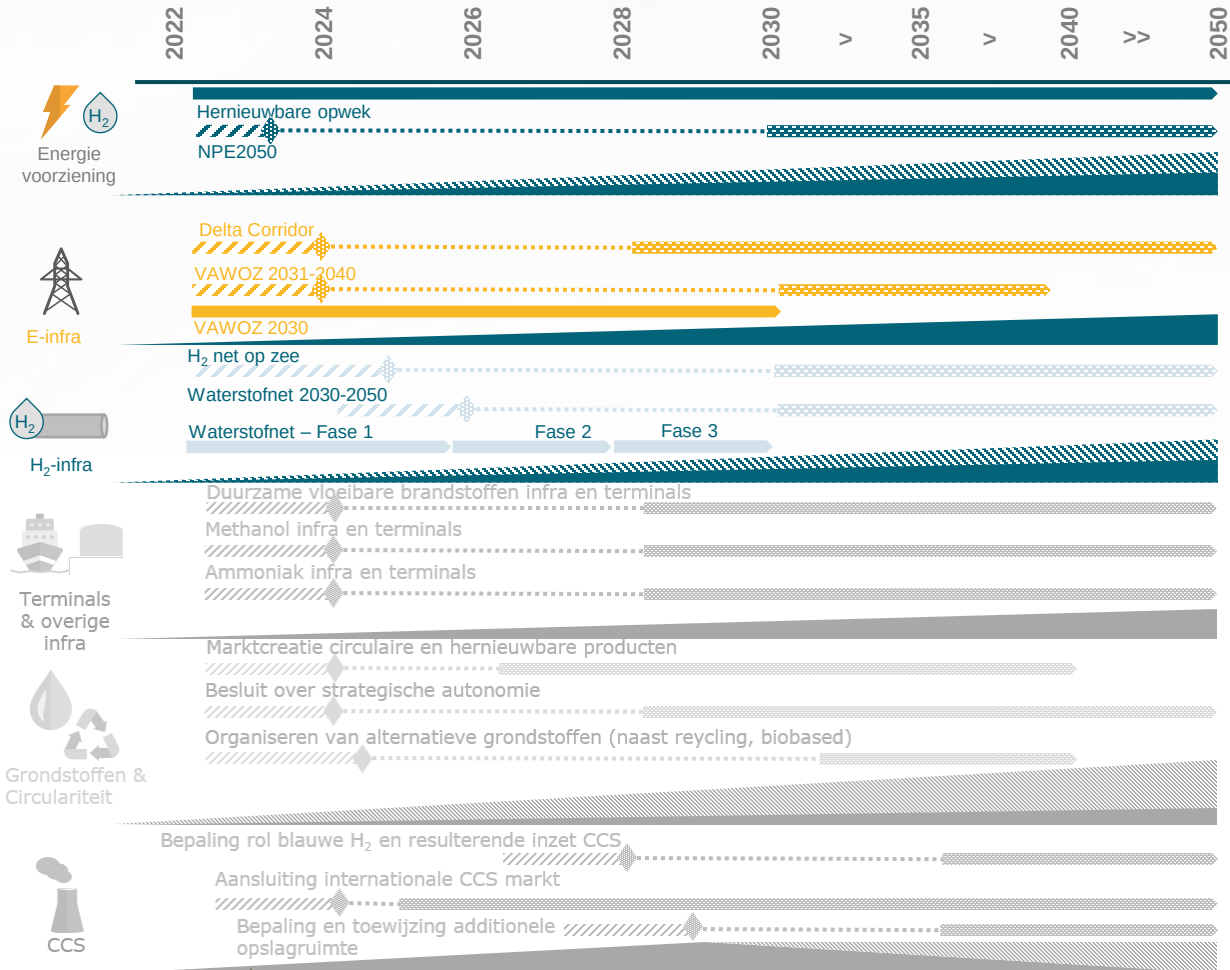
SDE++, Programma Noordzee, PIDI

Ontwikkelingsoverzicht Nationaal

Legenda



Introductie Analyse Conclusie

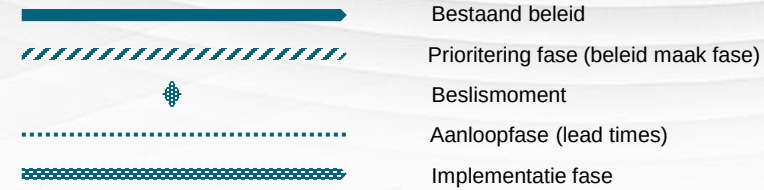


Toelichting

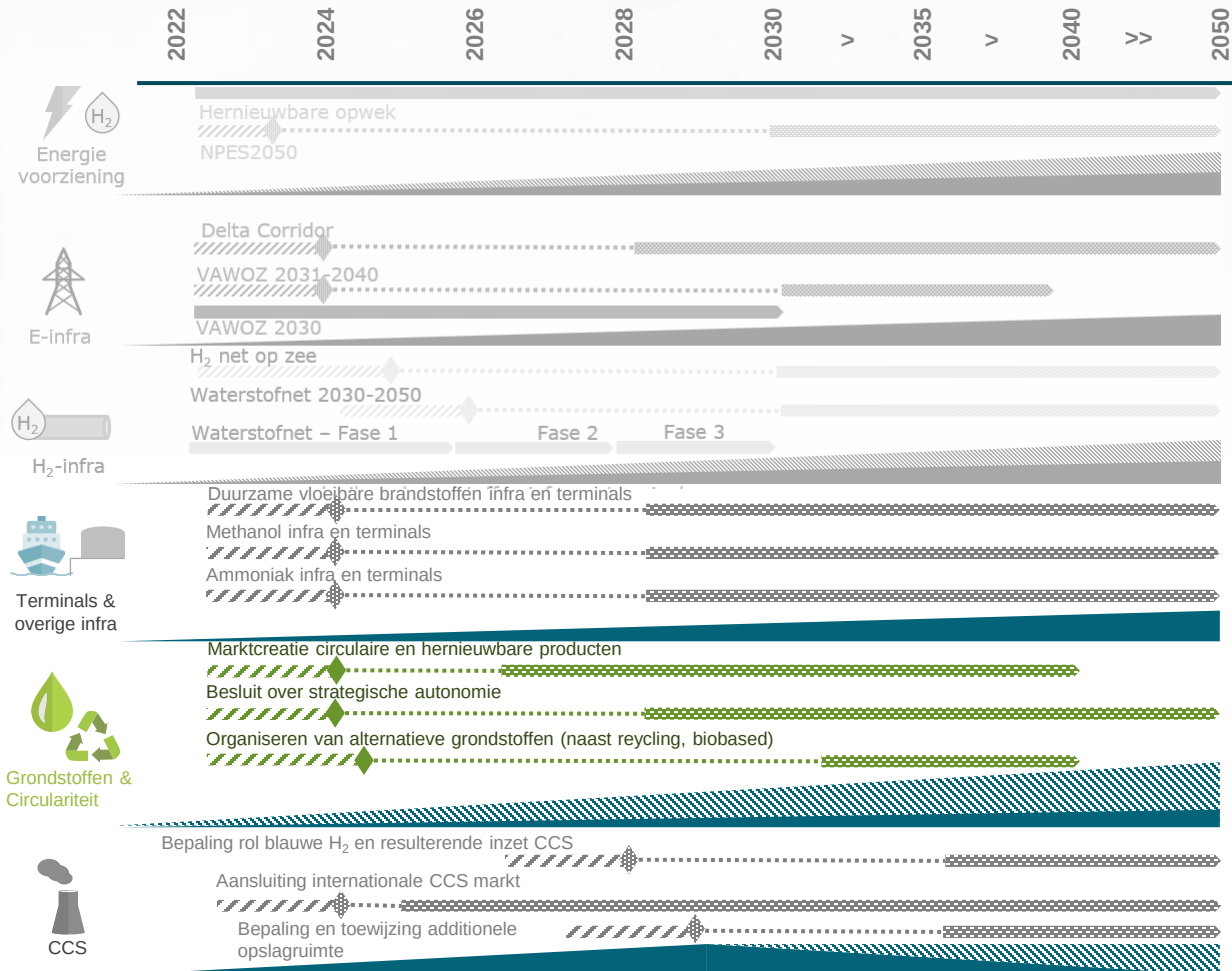
- De vraag naar hernieuwbare energie is sterk afhankelijk van het ontwikkelpad. In geval van ontwikkeling of prioritering in de richting van 'productie & uitvoer', is een continue uitbouw en opschaling van hernieuwbare energieopwekking een voorwaarde.
- De potentieel grote energievraag vanuit de industrie (zoals de verschillen tussen ontwikkelpaden aangeven), geeft een sterke afhankelijkheid tussen het Programma Verduurzaming Industrie en het Nationaal Plan Energiesysteem 2050:
 - Om ontwikkelingsrichting met hoge binnenlandse productie mogelijk te maken, moet het NPE2050 voorzien in een hoge industriële energievraag
 - Vice versa, als het NPE2050 uitgaat van een gelimiteerde industriële energievraag, impliceert dit een industrie ontwikkelingsrichting met lagere productie en meer importen (ontwikkelpad 2 en 3).
- Prioritering voor plastics productie met e-krakers impliceert een hoge elektriciteitsvraag, met relatief grote impact voor cluster Chemelot in het bijzonder. Dit impliceert daarmee ook een prioritering voor elektriciteitsnet versterking (Delta Corridor, MIEK)
- De relatieve verhouding in elektriciteitsvraag tussen industrieclusters aan de kust verandert tussen de ontwikkelpaden, waarmee prioritering keuzes ook beïnvloeden waar efficiëntie van aanlanding wind op zee (VAWOZ 2031-2040) en locatie van waterstof vraag en productie (benodigde waterstofnet capaciteit en aanlanding offshore waterstof) maximaal is
 - Ontwikkelpaden met hogere prioriteit voor plastics productie resulteren in relatief hoge vraag in clusters Rotterdam-Moerdijk en Zeeland
 - Prioritering voor brandstoffen productie impliceert prioriteit voor waterstofnet capaciteit uitbreiding en aanlanding offshore waterstof voor Rotterdam-Moerdijk om aan de vraag te kunnen voldoen
 - Het 'import & herstructurering' ontwikkelpad leidt tot een hoger aandeel van cluster Noordzeekanaalgebied in de elektriciteitsvraag

Ontwikkelingsoverzicht Nationaal

Legenda



Introductie Analyse Conclusie

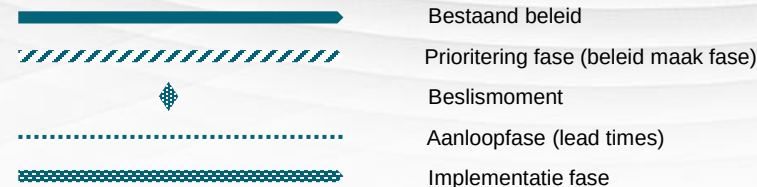


Toelichting

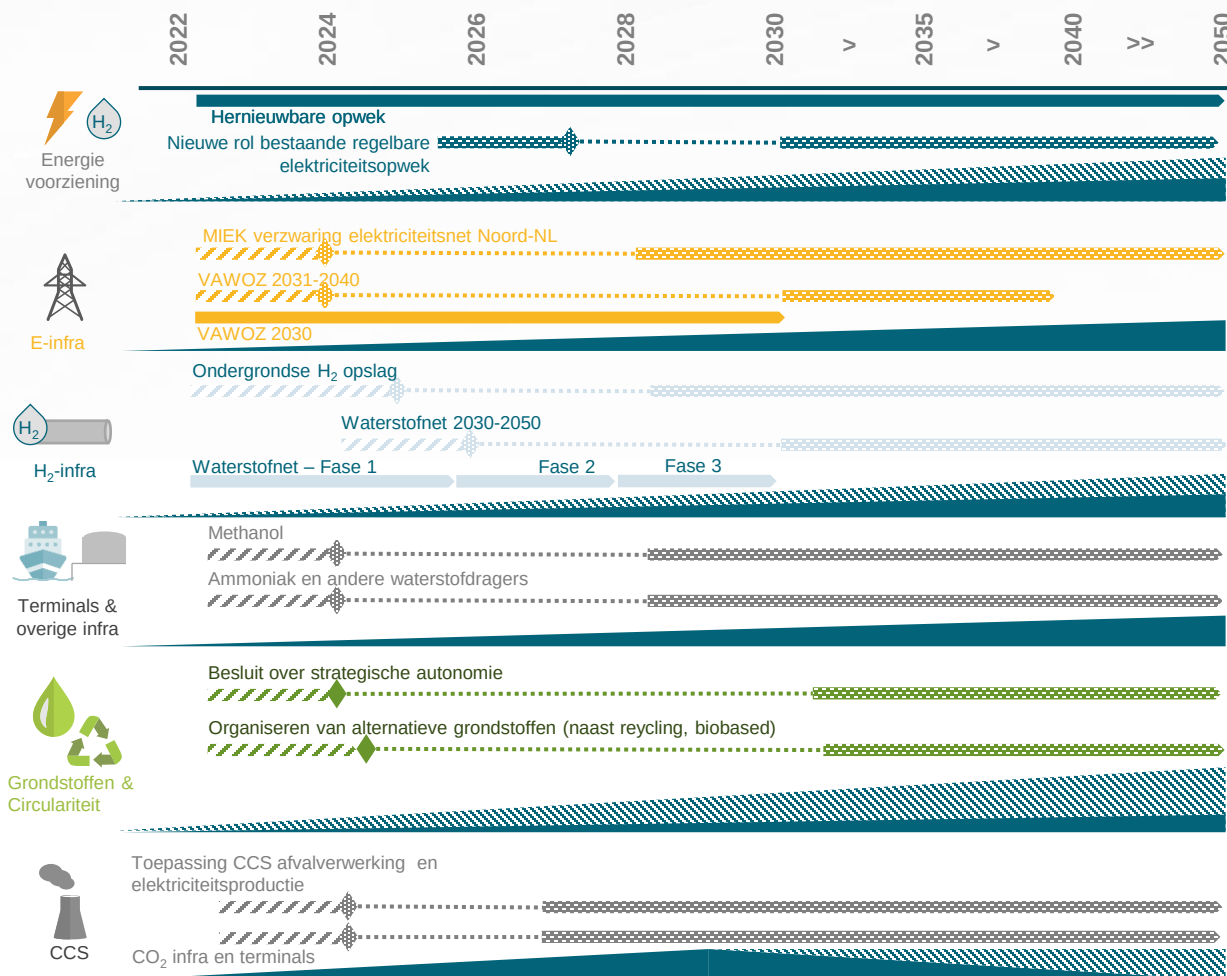
- Het benodigde type en volume importen zijn afhankelijk van het ontwikkelpad
 - Faciliteren van product importen is benodigd bij prioritering van import ontwikkelpaden (richting van 'productie & import' en 'import & herstructurering')
 - Faciliteren van energie importen is benodigd bij prioritering van productie ontwikkelpaden (richting van 'productie & uitvoer')
- Marktcreatie voor circulaire en duurzame producten is benodigd in alle ontwikkelpaden, met prioritering voor internationale afstemming en ondersteuning bij ontwikkelingsrichting met hoge uitvoer waarin Nederland meer producten uitvoert naar internationale markten
- Strategische autonomie te behalen door grote omvang van sectoren die ook voor exporten produceren, door importen van grondstoffen (diverse types en leveranciers), of door importen van producten (diverse types en leveranciers)
- Bij prioritering van grondstoffen richting brandstoffen of plastics productie is competitie of synergie mogelijk
 - Synergie tussen plastics en brandstoffen productie uit afval mogelijk, afhankelijk van het productieprofiel van geprioriteerde technologie kan een wisselende verhouding brandstoffen en nafta (grondstof voor plastics) bestaan. Beleidspotentie voor verhoogde efficiency, door bij prioritering van brandstoffen of plastics, de andere sector ook (tot zekere hoogte) te prioriteren
 - Lokale productie van pyrolyse olie uit afval kan competitie om beperkte grondstoffen creëren
 - Importen van pyrolyse olie kunnen plastics en brandstofsector bedienen
- Prioritering voor ontwikkelpaden met een hoog niveau binnenlandse productie vergroot het potentieel voor CCS, wat voor een efficiënte toepassing in internationale markten om beleidsafstemming voor het faciliteren van CO₂ transport en opslagvolumes vereist.

Ontwikkelingsoverzicht Noord-Nederland

Legenda



Introductie Analyse Conclusie



Dilemma's en prioriteringen

- Aanlanding en vorm (elektriciteit, H₂) hernieuwbare energie opwek
- Internationale samenwerking aansluiting en aanlanding offshore wind energie
- Beperkte infra capaciteit bij groeiende vraag
- Versterken E-infra en aanleg waterstofinfra
- Voor de invoer/uitvoer/doorvoer van waterstof is H₂-infrastructuur vereist
- Afstemming behoefte en tijdige opbouw H₂ opslag capaciteit
- Tijdig aanbod grondstoffen door pijpleidingen en importterminals (zeevervaart, binnenvaart)
- Methanolproductie of import
- Type en hoeveelheid grondstoffen (bio, afval, fossiele brandstoffen, CO₂, H₂) sterk afhankelijk van decarb. technologieën en mate van circulariteit
- Afhankelijkheden van productieketens vragen om sterke coördinatie
- Verduurzaming van afvalverwerking (CCS, recycling, circulariteit)
- Rol lange termijn inzet CCS op elektriciteitsproductie

Beleidsopties

- Stimuleren energie opwek, SDE budget
- Integratie nationale energiestructuur
- Project MIEK verzwaren E-infra
- Deelname H₂Global
- Certificering
- Ruimtelijke inpassing
- Prioriteit in ruimtelijke ontwikkeling
- Subsidie
- Marktcreatie duurzame producten
- Normering, subsidies, beprijzing
- Vergunning opslaglocaties, subsidie

Beleidskaders en programma's

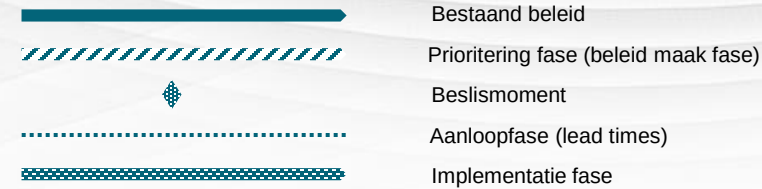
- PIDI, MIEK, ENTSO-E/G, NSEC
- MIEK, PIDI, Delta Corridor
- MIEK, PIDI, waterstof-netwerk, HyStock
- PIDI

SDE++, EU CBAM

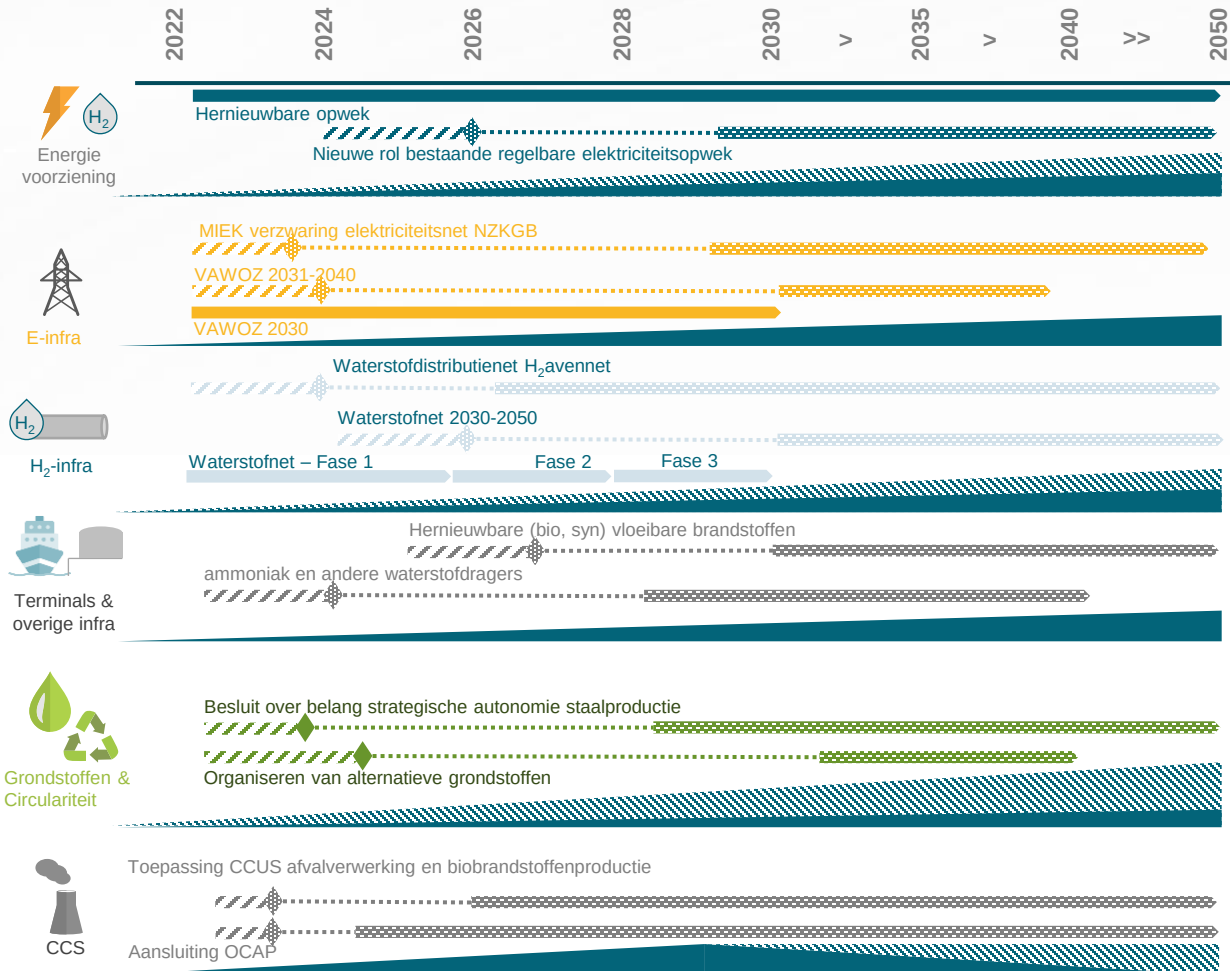
SDE++

Ontwikkelingsoverzicht Noordzeekanaalgebied

Legenda



Introductie Analyse Conclusie



Dilemma's en prioriteringen

- Staalproductie (ruwijzer/recycling, volume, technologie) grote impact op energievraag
- Aanlanding energie vanaf zee
- Coördinatie benodigde verzwaring elektriciteitsnet en keuze productie- technologieën bedrijven
- Herbestemming (terrein) Velsen-centrales
- Voor de invoer van waterstof is H₂-infrastructuur vereist
- Import van waterstof, tijdslijn, vorm (LH₂, LOHC, NH₃), capaciteit
- Rol als (syn-)brandstofhub tegen de achtergrond van krimpende vloeibare brandstofvraag
- Type en hoeveelheid grondstoffen (schroot, ijzererts(pellets), bio, afval) sterk afhankelijk van productietechnologieën en mate van circulariteit
- Verduurzaming van afvalverwerking en (CCS, recycling, circulariteit)
- Rol lange termijn inzet CCS op brandstoffenproductie

Beleidsopties

- WOZ– H₂ tenders
- Opschaling H₂ productie
- Subsidies
- SDE budget
- CO₂ regels
- Ruimtelijke inpassing
- Deelname H₂Global
- Certificering
- Ruimtelijke inpassing
- Marktcreatie duurzame brandstoffen (SAF, benzine, diesel)
- Marktcreatie duurzame producten
- Normeren, subsidies, beprijzing
- Vergunning pijpleiding, subsidie

Beleidskaders en programma's

VAWOZ, Nationaal Plan Energiesysteem 2050, SDE++

MIEK, PIDI

MIEK, PIDI, DEI

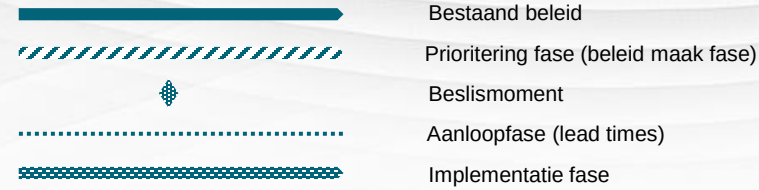
Normering, SDE++

SDE++, EU CBAM

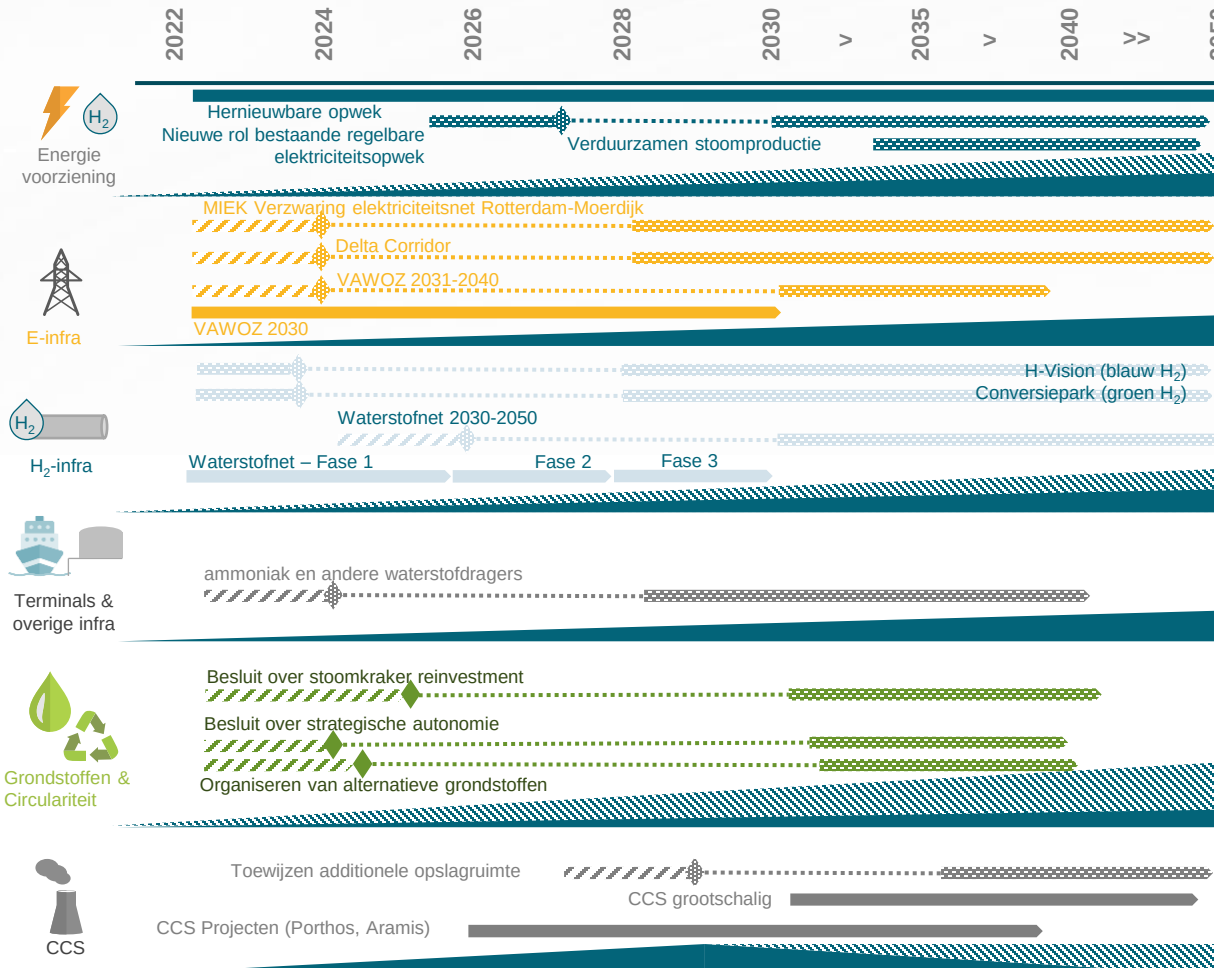
SDE++,

Ontwikkelingsoverzicht Rotterdam-Moerdijk

Legenda



Introductie Analyse Conclusie



Dilemma's en prioriteringen

- Toekomstige rol als (syn-)brandstofhub bepaalt energievraag, tegen de achtergrond van krimpende brandstofvraag
- Aanlanding energie vanaf zee
- Gebruik van lokale thermische energiecentrales met biomassa en CCS versus koolstofarme stroomvoorziening van wind op zee
- Voor de invoer/uitvoer/doorvoer van waterstof is H₂-infrastructuur vereist
- Import/export van waterstof, tijdslijn, vorm (LH₂, LOHC, NH₃), capaciteit
- Gelijktijdige opname van importterminals en doorvoer-/exportinfrastructuur (bijv. pijpleidingen)
- Type en hoeveelheid grondstoffen (bio, afval, fossiele brandstoffen, CO₂, H₂) sterk afhankelijk van decarb. technologieën en mate van circulariteit
- Afhangelijkheden van productieketens (raffinaderijen, industriële gassen, stoom) vragen om sterke coördinatie
- Verduurzaming van koolwaterstoffen, hetzij door gebruik van CCS, hetzij door gebruik van hernieuwbare grondstoffen
- Voor lange termijn inzet van CCS zijn grootschalige opslagvolumes nodig

Beleidsopties

- WOZ– H₂ tenders
- Opschaling H₂ productie
- Subsidies
- SDE budget
- CO₂ regels
- Deelname H₂Global
- Certificering
- Ruimtelijke inpassing
- Marktcreatie SAF
- Marktcreatie duurzame producten
- Normeren, subsidies, beprijzing
- Vergunning opslaglocaties, subsidie

Beleidskaders en programma's

VAWOZ, Nationaal Plan Energiesysteem 2050, SDE++

MIEK

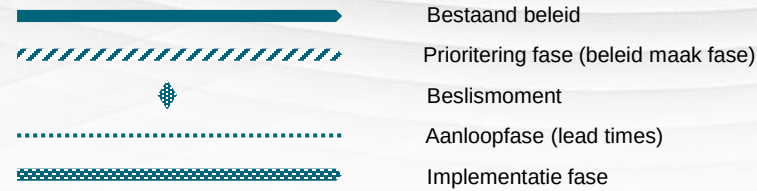
MIEK, PIDI, DEI

SDE++, EU CBAM

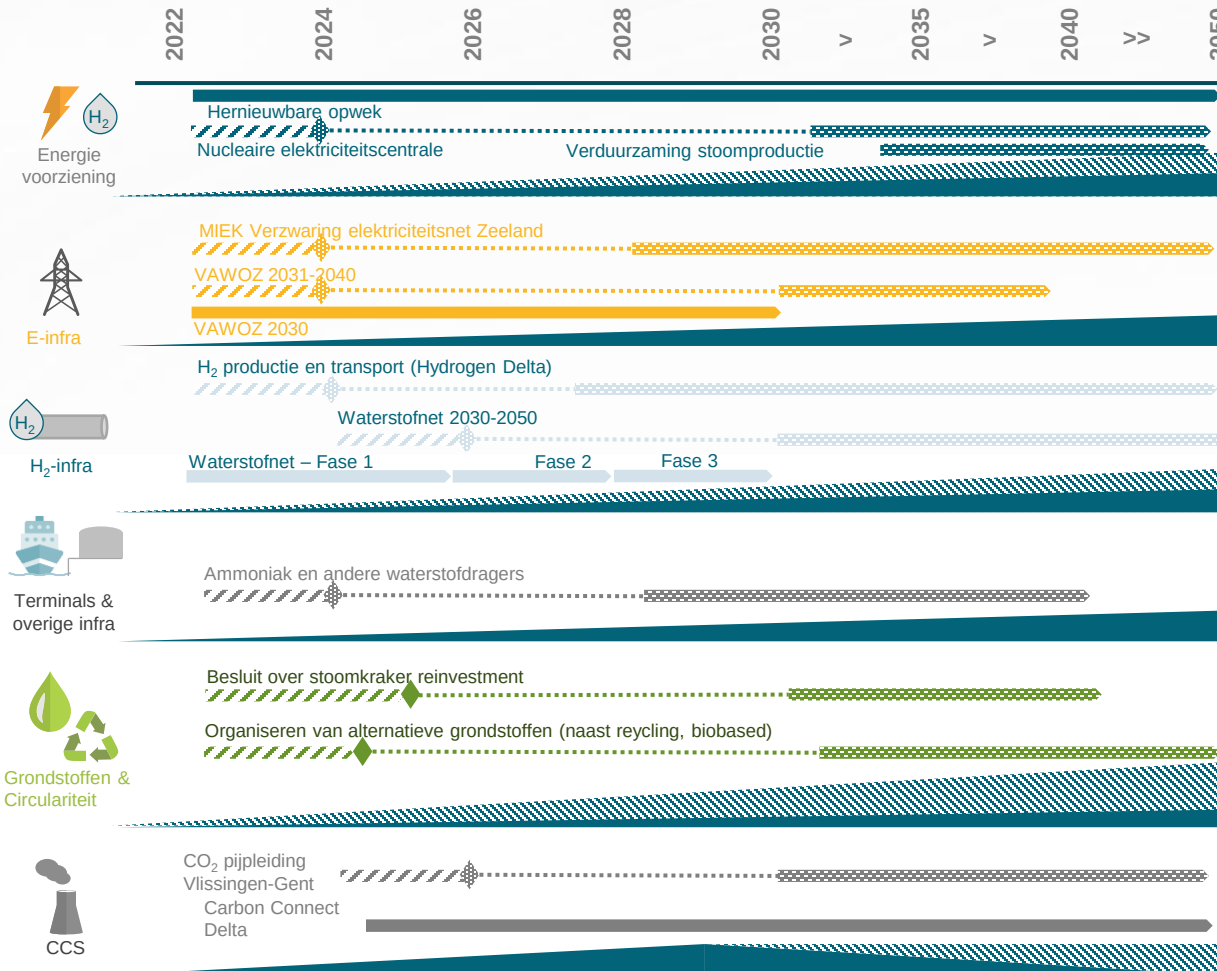
SDE++, Programma Noordzee

Ontwikkelingsoverzicht Zeeland

Legenda



Introductie Analyse Conclusie



Dilemma's en prioriteringen

- Regionale energieproductie
- Rol, wenselijkheid en ondersteuning nucleaire elektriciteitsopwekking
- Versterken E-infra naar Borssele
- Aanlanding wind op zee
- Voor de invoer/uitvoer/doorvoer van waterstof is H₂-infrastructuur vereist
- Doorvoer naar België (industrie langs zeekanaal Gent-Terneuzen)
- Tijdig aanbod grondstoffen door pijpleidingen en importterminals (zeevervaart, binnenvaart)
- Ammoniakproductie of import
- Type en hoeveelheid grondstoffen (bio, afval, fossiele brandstoffen, CO₂, H₂) sterk afhankelijk van decarb. technologieën (stoomkrakers) en mate van circulariteit
- Afhankelijkheden van productieketens vragen om sterke coördinatie
- Verduurzaming van koolwaterstoffen, hetzij door gebruik van CCS, hetzij door gebruik van hernieuwbare grondstoffen
- Bij langdurige en grootschalige inzet, overstap van CO₂ transport per schip naar pijpleiding

Beleidsopties

- Stimuleren energie opwek, SDE budget
- Integratie nationale energiestructuur
- Project MIEK verzwaren E-infra
- Deelname H₂Global
- Certificering
- Ruimtelijke inpassing
- Prioriteit in ruimtelijke ontwikkeling
- Subsidie
- Marktcreatie duurzame producten
- Subsidies, beprijzing
- Vergunning opslaglocaties, subsidie
- Prioriteit in ruimtelijke ontwikkeling

Beleidskaders en programma's

Regionale Energie Strategie, PIDI

MIEK, PIDI, Delta Corridor

MIEK, PIDI, Delta Corridor

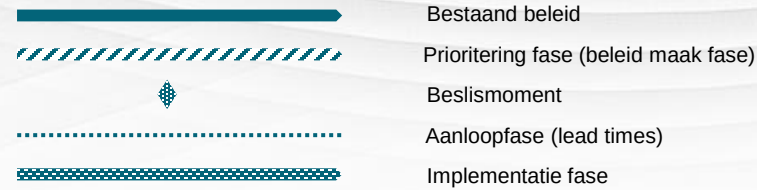
PIDI

SDE++, EU CBAM

SDE++, PIDI

Ontwikkelingsoverzicht Chemelot

Legenda



Introductie Analyse Conclusie



Dilemma's en prioriteringen

- Beperkt potentieel regionale hernieuwbare energie opwek
- Transport van energie (elektriciteit, H₂) naar cluster
- Beperkte infra capaciteit bij groeiende vraag
- Versterken E-infra en aanleg waterstofinfra
- Voor de invoer/uitvoer/doorvoer van waterstof is H₂-infrastructuur vereist
- Beperkt potentieel regionale H₂ productie
- Tijdig aanbod grondstoffen door pijpleidingen en importterminals (binnenvaart, rail)
- Ammoniakproductie of import
- Type en hoeveelheid grondstoffen (bio, afval, fossiele brandstoffen, CO₂, H₂) sterk afhankelijk van decarb. technologieën en mate van circulariteit
- Afhangelijkheden van productieketens vragen om sterke coördinatie
- Verduurzaming van koolwaterstoffen, hetzij door gebruik van CCS, hetzij door gebruik van hernieuwbare grondstoffen
- Voor lange termijn inzet van CCS is transportcapaciteit en opslagvolumes elders nodig

Beleidsopties

- Stimuleren energie opwek, SDE budget
- Integratie nationale energiestructuur
- Project MIEK verzwaren E-infra
- Deelname H₂Global
- Certificering
- Ruimtelijke inpassing
- Prioriteit in ruimtelijke ontwikkeling
- Subsidie
- Marktcreatie duurzame producten
- Subsidies, beprijzing
- Vergunning opslaglocaties, transportcapaciteit, subsidie

Beleidskaders en programma's

- Regionale Energie Strategie, PIDI
- MIEK, PIDI, Delta Corridor
- MIEK, PIDI, Delta Corridor
- PIDI
- SDE++, EU CBAM
- SDE++, PIDI, Programma Noordzee

Beslismomenten

Inzicht in beslismomenten

Uit de combinatie van lopende ontwikkelingen in de clusters en sectoren, mogelijke verduurzaming technologieën en de inzichten uit de ontwikkelpaden, zijn belangrijke beslismomenten voor de overheid zichtbaar. Op deze beslismomenten kan prioriteit gegeven worden voor bepaalde sectoren, clusters, infrastructures of industriële productie.

Koppeling met ontwikkelpaden

Deze prioriteringen kunnen de industrie, sector of cluster sturen of faciliteren richting een bepaald ontwikkelpad. Hierbij kunnen verschillende clusters of sectoren, andere ontwikkelpaden volgen. De energievraag, voorwaarden en dilemma's per ontwikkelpad, geven een indicatie van de gevolgen van verschillende prioriteringen.

Voorwaarden en dilemma's voor ontwikkelpaden

Voor meerdere sectoren of clusters bestaan voorwaarden die voldaan moet worden om ontwikkelpaden mogelijk te maken. Dit gaat bijvoorbeeld om infrastructuur of energievoorziening. Als deze ontwikkelingen gewenst zijn, moet er op de beslismomenten aan de voorwaarden invulling gegeven worden. Waar dit prioritering boven andere opties vraagt, brengt het ook dilemma's met zich mee. Facilitering van één sector of cluster, kan andere sectoren of clusters ook beperken.

'Bepalende' beslismomenten

1 2 3 4 5

Uit de verschillen tussen de ontwikkelpaden, komen een aantal beslissingen op nationaal niveau naar voren waarvoor een besluit bepalend is in welke richting de industrie zich kan ontwikkelen, of juist welke ontwikkelrichtingen uitgesloten worden. Hierbij gaat het om prioriteringen die de mogelijke toepassing van verschillende productietechnologieën (bijvoorbeeld brandstoffen) en productieniveaus beïnvloeden. Deze bepalen bijvoorbeeld het verschil tussen binnenlandse productie of verschuiving naar importen. Voor elk van deze momenten zijn een aantal voorwaarden en dilemma's die een mogelijk besluit beïnvloeden

'No-regret' beslismomenten

6 7 8 9 10

Daartegenover staan prioriteringen die voor elke ontwikkelingsrichting of meerdere sectoren van waarde kunnen zijn. Deze 'ontwikkelpad-overstijgende' prioriteringen zijn daarmee voor de hand liggende ofwel 'no-regret' beslissingen. Bij deze beslissingen blijven de mogelijkheden voor verschillende ontwikkelingsrichtingen open of worden basisvoorwaarden voor verduurzaming gefaciliteerd.

Beslismomenten overzicht

Overzicht in tijdlijn

Door de onderlinge afhankelijkheid van sommige beslismomenten, creëert dit ook een volgorde in de tijd tussen deze beslismomenten. Om dit inzichtelijk te maken, zijn de beslismomenten op een tijdslijn in vijf categorieën geplaatst.

Voor deze beslismomenten is aangehouden om snel te doen wat moet, maar later wat kan. Dat wil zeggen om waar mogelijk de beslismomenten uit te stellen, maar voor enkele zijn de gevolgen zodanig of zijn doorlooptijden dermate lang dat deze op korte termijn aan bod moeten komen. Deze verdeling is onder andere gebaseerd op de doorlooptijden en afhankelijkheden van de beslismomenten.

Relatie met lopende beleidsprogramma's en ontwikkelingen

De beleidsmomenten zijn in context gezet van belangrijke beleidsprogramma's en ontwikkelingen per categorie. Buiten deze enkele zijn er relevante programma's en ontwikkelingen op nationaal, regionaal, cluster en sector niveau.

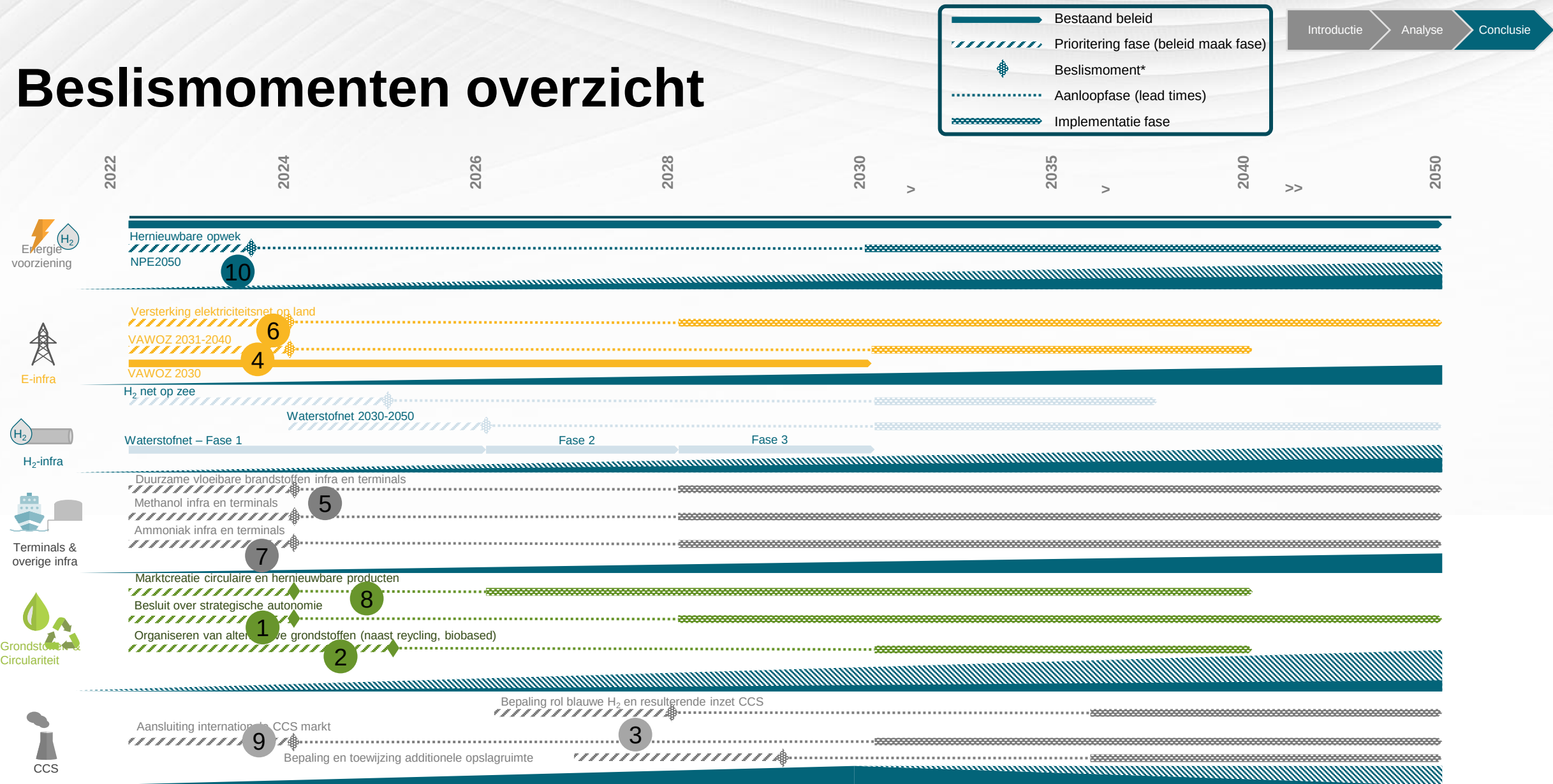
Het overzicht geeft inzicht in...

- ✓ De onderlinge volgorde waarop de verschillende beslismomenten aan de orde komen.
- ✓ Een eerste indruk van doorlooptijden, (lopende) beleidsontwikkelingen en hun impact op de beslismomenten.

Het overzicht is geen...

- ✗ Exacte tijdslijn, de weergegeven momenten zijn een indicatie maar deze kunnen verschuiven afhankelijk van (beleids)ontwikkelingen, prioriteiten en nieuwe inzichten.
- ✗ Routekaart naar een duurzame industrie, het geeft enkel de beslismomenten weer die een routekaart inhoudelijk vormgeeft of moet doorlopen.
- ✗ Statisch eindbeeld, maar een eerste aanzet voor verdere uitwerking in de relevante beleidsprogramma's en in samenwerking met andere belanghebbenden.

Beslismomenten overzicht



Beslismomenten

1 Benodigde sectoren en productie voor strategische autonomie Ontwikkelrichting bepalend

Het gewenste niveau van strategische autonomie en de producten en binnenlandse productieniveaus die daarbij horen zijn in sterke mate bepalend welke ontwikkelingsrichting voor de industrie gewenst is. Dit beïnvloedt veel volgende beslismomenten. Bij gebrek aan duidelijkheid over welke sectoren/productie essentieel zijn voor de gewenste autonomie, kan het zijn dat energievoorzieningen eerder toebedeeld worden aan sectoren die wellicht minder relevant blijken of dat er te weinig aandacht is voor facilitering van sectoren die wel hiervoor van belang zijn.

Dit vraagt een afweging van meerdere dilemma's. De positieve en negatieve gevolgen van een hoge binnenlandse productie (strategische autonomie) op gebied van bijvoorbeeld energiebehoefte, milieu en economie moeten hierbij tegen elkaar afgewogen worden. Daarbij speelt ook de positionering van Nederland op de internationale markt en het verband met andere EU en import/export landen. Hierbij moet gestuurd en geprioriteerd worden richting een verhouding tussen sectoren en productieniveaus waarvoor een politiek en sociaal geaccepteerde balans gevonden kan worden.

2 Prioritering duurzame grondstoffen productie Ontwikkelrichting bepalend

Beschikbaarheid van grondstoffen is cruciaal voor de mogelijkheden tot verduurzaming industriële productie en daarmee de mogelijke ontwikkelrichtingen. Het soort en hoeveelheid van beschikbare grondstoffen heeft ook een sterke relatie met de transitie naar een circulaire samenleving. De prioritering van beschikbare grondstoffen richting bepaalde sectoren of clusters, is daarmee ook sturend voor de ingeslagen ontwikkelingsrichting.

Onzekerheden en dilemma's die hierbij spelen zijn de vraag naar en beschikbaarheid van grondstoffen in de transitie naar een circulaire samenleving. Ook mate van exporten en importen (beslismoment 1) beïnvloeden de vraag naar en beschikbaarheid van grondstoffen binnen Nederland. De verwerking van circulaire grondstoffen heeft daarnaast een aanzienlijke energiebehoefte (bijv. pyrolyse of behandeling met waterstof), wat gevolgen heeft voor het benodigde energiesysteem. De geaccepteerde mate van grondstoffen import en facilitering daarvan speelt ook een rol. Hierbij kunnen de beschikbare grondstoffen geprioriteerd worden naar clusters en sectoren waar deze het meeste waarde (economisch, sociaal) toevoegen.

Beslismomenten

3 CO₂ infrastructuur en lange termijn toepassing CCS Ontwikkelrichting bepalend

Een prioriteringsbeslissing rond lange termijn (2050) beschikbaarheid van CO₂ infrastructuur en CCS beïnvloedt de mogelijke inzet van verduurzamingstechnologieën; een beperking op de beschikbaarheid beperkt de ruimte richting ontwikkelpad 1. Dit beïnvloedt de lange termijn strategieën van sectoren en clusters, waarmee het wel of niet prioriteren een lange termijn impact heeft op de mogelijkheden en ontwikkelpaden voor specifieke sectoren.

Het beslismoment is daarbij onder meer afhankelijk van de behoefte aan lange termijn CCS en infrastructuur (gevolg van beslismoment 1 en 2) en heeft als voorwaarde de inzet op korte termijn (beslismoment 9).

Een belangrijk dilemma bij de prioritering is het politieke en sociale draagvlak voor CCS, niet alleen als transitie, maar ook als blijvende oplossing. Hierbij hoort ook de afweging tussen (de nadelen van) verschillende ontwikkelpaden en verduurzamingstechnologieën. Uitsluiting van lange termijn toepassing van CCS betekent extra inzet van andere verduurzamingsopties of minder productiemogelijkheden.

4 Locatie en drager van aanlanden energie vanaf zee Ontwikkelrichting bepalend

De beschikbaarheid en vorm (elektriciteit, waterstof, etc.) van energie beïnvloedt de verduurzamingsmogelijkheden van bedrijven. De beslissingen rond locaties en energiedragers voor aanlanding van energie vanaf zee, prioriteert daarmee indirect de mogelijke ontwikkelrichtingen van de industrie. Het gaat bijvoorbeeld om de keuze tussen directe elektrificatie of op waterstof gebaseerde verduurzamingstechnologieën. Aangezien de aanlanding van energie op zee lange doorlooptijden en hoge investeringen vraagt, is een prioritering en duidelijkheid hierop in grote mate bepalend voor latere verduurzamingsmogelijkheden en investeringsbeslissingen.

Dilemma's die hierbij in overweging genomen moeten worden is onder andere de gewenste prioritering voor strategische autonomie (beslismoment 1). De prioritering hierop stuurt de locatie en vraag naar energiedragers en grondstoffen. Ook de afweging tussen binnenlandse (energie) productie of importen en tussen sectoren (sectoren zijn niet in alle clusters aanwezig) en clusters (bijvoorbeeld kust of binnenland) beïnvloedt wat de optimale locaties en dragers voor aanlanding zijn.

Beslismomenten

5 Prioritering import of productie van brandstoffen & methanol Ontwikkelrichting bepalend

Binnen de gewenste strategische autonomie en duurzame grondstoffen productie (beslismoment 1 en 2), spelen brandstoffen en methanol productie een belangrijke rol. Door de hoge potentiële vraag naar energie (brandstoffen) en CO₂ (synthetische brandstoffen, methanol), heeft prioritering op deze sectoren grote impact op de ontwikkelingsrichtingen op nationaal, sector en cluster niveau.

Prioritering voor binnenlandse productie of voor importen vraagt daarbij om verschillende vormen van overheidsondersteuning. Hierbij gaat het om grootschalige uitbouw van energieproductie en CO₂ infrastructuur (ruimte, vergunningen, financiering) of juist om facilitering van import mogelijkheden (terminals, infrastructuur, overige facilitering). Deze keuze beperkt opties tot overstap tussen ontwikkelingsrichtingen.

Dilemma's die daarbij in overweging genomen moeten worden zijn onder meer de verwachte vraag en marktcreatie voor duurzame brandstoffen in binnen- en buitenland. Dit raakt ook aan de prioritering voor een rol als exportproducent. Voorziening in de energievraag moet afgewogen worden tegen de (ruimtelijke) impact van de energievoorziening en ruimte voor energievraag vanuit andere sectoren.

6 Versterking elektriciteitsnet op land, richting het binnenland 'No-regret'

Elektriciteitsinfrastructuur vanaf de kustgelegen industrieclusters richting het binnenland is een basis die voor elk ontwikkelpad en alle sectoren nodig is. De infrastructuurcapaciteit bepaalt mede de keuzemogelijkheden van de sectoren voor mogelijke verduurzamingstechnologieën. Op directe elektrificatie gebaseerde technologieën, bijvoorbeeld e-kraken, zijn direct afhankelijk van voldoende capaciteit. De mate van versterking en toevoer van energie kan daarmee sturend zijn voor de technologiekeuzes.

Waar kustgelegen clusters meer mogelijkheden hebben voor hun energievoorziening (o.a. importen), zijn bedrijven in het binnenland meer afhankelijk van (publieke) infrastructuur.

Aangezien alle duurzame productietechnologieën direct of indirect afhankelijk zijn van elektriciteit, is infrastructuur een flexibel in te zetten voorwaarde. Indien nu voorziene duurzame productie voor bepaalde sectoren of organisaties niet materialiseert, kan de beschikbaar gekomen capaciteit voor andere/nieuwe economische ontwikkeling of toepassingen gebruikt worden zowel binnen als buiten de industrie).

Beslismomenten

7 Facilitering terminals ammoniak import 'No-regret'

Gezien de verwacht concurrentiepositie en ontwikkeling van internationale markten, zijn ammoniak importen onderdeel van alle ontwikkelpaden. Hiervoor zijn ammoniak import terminals onontbeerlijk, wat facilitering op bijvoorbeeld gebied van vergunningen en veiligheidsruimte vraagt. Het aantal gefaciliteerde terminals moet hierbij in lijn zijn met de gewenste mate van importen ten opzichte van binnenlandse productie (beslismoment 1) en prioritering voor grondstoffen productie (beslismoment 2).

De flexibele rol van ammoniak als grondstof, waterstofdrager of energiedrager vergroot de mogelijke vraagsectoren, wat de robuustheid van de inzet van terminals verhoogt. Daar komt bovenop dat dit voor zowel Nederland geldt, maar daarnaast een kans biedt op een nieuwe rol als doorvoerland of –hubs naar het buitenland (Duitsland, België).

8 Prioritering secundaire staalproductie 'No-regret'

Op basis van de toekomstig blijvende vraag naar en gebruik van staal, is circulaire productie en verwerking een voorwaarde voor een volledig circulaire samenleving. Secundaire staalproductie (verwerking van schroot en mogelijk ruwijzer) is daarbij een basis voor elke ontwikkelrichting. Lokale verwerking draagt bij aan strategische autonomie en grondstoffen beschikbaarheid (beslismoment 1 en 2).

Daarbij is secundaire staalproductie (EAF) ook nodig voor verdere verwerking van eventuele primaire staalproductie (DRI). Productie van primair staal kan, afhankelijk van de gewenste strategische autonomie en grondstoffenvoorziening, daarmee als 'optie' bij secundaire staalproductie bijgevoegd worden. In een circulaire samenleving kan primaire productie nodig zijn bij een groeiende vraag of om eventuele verliezen van circulair gebruik aan te vullen.

Beslismomenten

9 Ondersteuning korte termijn CCS en internationale transporten 'No-regret'

Voor het behalen van de korte termijn (2030) klimaatdoelstellingen is CCS een voorwaarde. Infrastructuur, installaties en overheidsfacilitering (bijv. vergunningen en regulering) die voor 2030 ingezet worden, zijn een nuttig startpunt voor lange termijn (2050) toepassing. Dit is geen verzekerd gevolg van korte termijn toepassing, maar afhankelijk van de ingezette ontwikkelrichting op beslismoment 5. Voor ontwikkelrichtingen waarin CCU een rol speelt, zoals voor methanol en synthetische brandstoffenproductie, is voldoende beschikbare CO₂ een voorwaarde. Korte termijn toepassing van CCS is daarmee een voorwaarde op korte termijn en faciliteert de opties voor lange termijn (maar legt deze nog niet vast, beslismoment 3).

Omliggende landen en industrieclusters zien ook mogelijkheden voor toepassing van CCS, maar hebben niet altijd beschikking over of toegang tot opslagruimte. Nederland kan als doorvoerhub daarin een faciliterende rol spelen, waarbij de toegenomen schaalgrootte ook binnenlandse voordelen oplevert.

Gezien de ontwikkeltijden van CCS infrastructuur is het essentieel op korte termijn een beslissing te nemen over facilitering om gebruik voor 2030 te halen.

10 Opschalen productie hernieuwbare energie 'No-regret'

Energieverbruik is onderdeel van elke economische activiteit, ook bij efficiëntie verbeteringen en duurzame productie. In elke ontwikkelrichting stijgt de vraag naar duurzame energie bij het uifaseren van fossiele bronnen. Daarnaast is er vraag vanuit de overige sectoren (gebouwde omgeving, mobiliteit, etc.).

De benodigde mate van opschaling is onder meer afhankelijk van de gewenste binnenlandse industriële productie (beslismoment 1). Daarbij is met name de mogelijke energievraag van brandstoffenproductie een belangrijke bepalende factor (beslismoment 5).

Voldoende beschikbare energie is een faciliterende keuze, bij onvoldoende opschaling beperkt dit de keuzeopties voor het behoud van industriële productie en de opties voor verduurzaming van verschillende sectoren. Bij voldoende opschaling maar eventueel beperkte industriële vraag, kan de energie in andere sectoren of voor exporten toegepast worden.

Beslismomenten

Beslis-moment	Jaar	Prioritering keuze	Potentiële implicaties	Afhankelijkheden	Navolgende beslismomenten
1	2024	Gewenste sectoren en productie voor strategische autonomie	Hoge energievraag en infra-investeringen bij hoge productie, import afhankelijkheid	Energie productie, energievraag overige sectoren, omgevingsfactoren	2, 3, 4, 5, 7, 10

Overwegingen en afwegingen

- Welk niveau van strategische autonomie is gewenst en welke producten en productieniveaus horen daarbij?
- Afweging tussen hoge binnenlandse productie die leidt tot meer strategische autonomie, maar ook tot een hogere vraag naar hernieuwbare energie, infrastructuur en duurzame grondstoffen waaraan voldaan moet worden. Hierbij moet gestuurd en geprioriteerd worden richting een verhouding tussen sectoren en productieniveaus waarvoor een politiek en sociaal geaccepteerde balans van positieve (strategische autonomie, economie) en negatieve (energievraag, infrastructuur, milieu impact) aspecten is.
- Wat zijn de gevolgen bij sturing op de gewenste sectoren en productieniveaus?
- Wat is de impact op werkgelegenheid en regionale economie, voornamelijk bij prioritering voor bepaalde sectoren of clusters. Bij een verschuiving naar product importen (lagere strategische autonomie), is meer energie en infrastructuur capaciteit beschikbaar voor andere sectoren (binnen en buiten de industrie). Bij het streven naar binnenlandse productie (hogere strategische autonomie), moet meer geïnvesteerd worden in energieopwek of -import, infrastructuur en beperking van mogelijke nadelige effecten (milieu, omgeving).
- Hoe is Nederland gepositioneerd ten opzichte van andere producenten, wat zijn de ontwikkelingen in en interactie met andere EU en import landen?
- Inzet op sectoren waarin Nederland relatief sterk staat kan efficiënt zijn (minder steun nodig). Competitie met omliggende EU landen is nadelig, door afstemming kan regionale strategische autonomie behaald worden.
- Welke maatregelen kan EZK op basis van deze factoren nemen?

Beslismomenten

Beslis-moment	Jaar	Prioritering keuze	Potentiële implicaties	Afhankelijkheden	Navolgende beslismomenten
2	2024/2026	Prioritering duurzame grondstoffen productie	Productiemogelijkheden voor chemie, brandstoffen, staal sectoren	Marktcreatie circulaire producten, concurrentiepositie internationale markt	3, 5, 7, 8

Overwegingen en afwegingen

- Wat is de vraag naar grondstoffen bij de gewenste producten en productieniveaus?
 Welke productietechnologieën gaan ingezet worden om aan de gewenste productie (uitkomst van beslismoment 1) te voldoen, welke grondstoffen en in welk cluster zijn daarvoor nodig. Afhankelijk van de grondstoffen, is verwerking (bijvoorbeeld pyrolyse) met het bijhorende energieverbruik nodig.
- Welke en hoeveel grondstoffen zijn binnen Nederland beschikbaar?
 De beschikbaarheid van grondstoffen is beperkt, dit beïnvloed welke productie gemakkelijker mogelijk is. Daarbij kan gekozen worden voor prioritering naar clusters en sectoren waar deze het meeste waarde (economisch, sociaal) toevoegt.
- Wat is impact van import van grondstoffen ten opzichte van import van producten?
 De beschikbaarheid van grondstoffen is gelimiteerd, daarmee kan de noodzaak van grondstoffen import ontstaan. Net als de import van producten, heeft de import van grondstoffen invloed op de strategische (on)afhankelijkheid. Mogelijk zijn er voor grondstoffen ten opzichte van productimporten meer leveranciers of markten van waaruit de vraag voldaan kan worden, waardoor minder afhankelijkheid van leveranciers ontstaat.

3	2026/2028	CO ₂ infrastructuur en lange termijn toepassing CCS	Benodigde opslagruimte, eigenaarschap infrastructuur, vraag hernieuwbare energie	Restemissies, behoefte negatieve emissies, aanbod hernieuwbare energie	6
---	-----------	--	--	--	---

Overwegingen en afwegingen

- Is lange termijn toepassing van CCS politiek en sociaal gewenst en toegestaan?
 Bestaat er draagvlak voor lange termijn toepassing en/of kan dit gecreëerd worden. Dit hangt samen met de gewenste productie(technologieën) en eventueel benodigde negatieve emissies om klimaatneutraliteit te behalen. Uitsluiting van lange termijn toepassing van CCS betekent extra inzet van andere verduurzamingsopties of minder productiemogelijkheden.
- Wat is de vraag naar lange termijn toepassing van CCS?
 De vraag is onder andere afhankelijk van de prioritering in beslismoment 1 en de door de industrie voorziene productietechnologieën.
- Als lange termijn gebruik van CCS voorzien is, wat is de benodigde CO₂ infrastructuur en opslagruimte?
 Hierbij horen private of publieke investeringen, is het efficient of gewenst om de infrastructuur in publieke handen te hebben. Er moet tijdig een planning voor voldoende opslagruimte beschikbaar zijn.

Beslismomenten

Beslis-moment	Jaar	Prioritering keuze	Potentiële implicaties	Afhankelijkheden	Navolgende beslismomenten
4	2024	Locatie en drager van aanlanden energie vanaf zee	Beschikbare energie voor industrie aan kust, ontwikkeling van clusters	Behoeftes aan elektriciteit of waterstof, prioritering voor binnenlandse productie	6

Overwegingen en afwegingen

- Welke energiedragers en grondstoffen worden door de industrie gevraagd?
De ontwikkelrichting die de industrie kiest (H₂ technologie, elektrificatie, etc) beïnvloedt de gevraagde soort energiedrager en grondstoffen. Dit hangt o.a. af van de gewenste sectoren (beslismoment 1), waarbij gestuurd kan worden op een gebalanceerde vraag (balans tussen dragers en grondstoffen en met aanbod).
- Welke sectoren of clusters worden geprioriteerd?
Door verschillende transportmogelijkheden en infrastructuur beperkingen, beïnvloedt de locatie van de vraag wat de meest geschikte energiedrager en grondstof is. Vraag dieper het binnenland in, kan door hogere transportcapaciteit mogelijk met minder infrastructuur bediend worden via pijpleidingen.
- Welke energiedragers worden geïmporteerd en/of doorgevoerd?
Transport en doorvoer zonder omzettingen van energiedrager verhoogt de mogelijke efficiëntie. Hierbij moet rekening gehouden worden met additionele vereisten zoals veiligheidsaspecten. Omzettingen zouden eventueel dichtbij het eindgebruik kunnen gebeuren.

5	2024/2025	Prioritering van methanol, brandstoffen productie of import	Strategische autonomie, rol als export of doorvoerland, energievraag	Marktvraag brandstoffen, internationale markt, marktcreatie duurzame producten	2, 6, 9, 10
---	-----------	---	--	--	-------------

Overwegingen en afwegingen

- Wat is de vraag naar brandstoffen in binnen- en buitenland?
De vraag naar vloeibare brandstoffen zal afnemen, maar de snelheid waarmee is nog onduidelijk. Door verschillen in onder andere economische ontwikkeling, en bevolkingsgroei zal de afname voor verschillende regio's en landen ook niet hetzelfde zijn. Hierbij kan verwacht worden dat de vraag in West-Europa sneller afneemt in vergelijking met bijvoorbeeld Afrika of Noord-Amerika.
- Wil Nederland de rol als exportproducent vasthouden?
Een sterke sector kan exporteren en produceren tegen lage kosten, maar daar staan de lokale negatieve invloeden (emissies) tegenover. Als de vraag naar duurzame brandstoffen in andere regio's zich minder ontwikkelt, bestaat het risico van langere fossiele productie in Nederland of een nadelige positie van duurzame productie op de wereldmarkt die mogelijk gecompenseerd moet worden en daarmee weglekt.
- Wat zijn de implicaties van brandstoffenproductie op de energievoorziening, infrastructuur en overige sectoren (binnen en buiten de industrie)?
Brandstoffenproductie heeft een hoge vraag naar waterstof (bij bio-olie en pyrolyse route, maar zeker voor synthetische route). Deze energie is dan niet beschikbaar voor overige sectoren of moet door additionele investeringen in import of opwek voldaan worden. De energie kan in andere sectoren mogelijk meer bijdragen aan de welvaart.

Beslismomenten

Beslis-moment	Jaar	Prioritering keuze	Potentiële implicaties	Afhankelijkheden	Navolgende beslismomenten
6	2024/2025	Versterking elektriciteitsnet op land, richting binnenland	Productiemogelijkheden Chemelot, benodigde investeringen, chemie sectorintegratie	Gewenste productie, beschikbare capaciteit netuitbreiding, inpassing en omgevingsfactoren	

Overwegingen en afwegingen

Overlap met groei buiten industrie
 Groeiende vraag naar elektriciteit is vanuit alle sectoren verwacht, waarmee de prioritering ook andere vormen van verduurzaming ondersteunt.

Flexibiliteit en potentiële toepassingen
 De mogelijke toepassingen zijn zeer groot, ook in geval een deel van de nu voorziene vraag niet verwezenlijkt biedt de ontstane transportcapaciteit ruimte voor nieuwe economische ontwikkeling.

7	2023/2025	Facilitering terminals ammoniak import	Strategische autonomie, rol als doorvoerland, gebruik als waterstofdrager	Ontwikkeling internationale markt, marktcreatie duurzame ammoniak, waterstofvraag	
---	-----------	--	---	---	--

Overwegingen en afwegingen

Concurrentiepositie op internationale markt
 De verwachte kosten op de internationale markt liggen onder de binnenlandse productiekosten. Ondersteuning van (een deel) binnenlandse productie voor bijvoorbeeld strategische autonomie is dan mogelijk noodzakelijk.

Gebruik als grondstof en energiedrager
 Vraag naar ammoniak kan ontstaan als energiedrager voor direct gebruik (verbranding) of waterstof (kraken) en grondstof. Hiermee is de vraag niet afhankelijk van een enkele sector of ontwikkelingsrichting, wat robuustheid vergroot.

Vraag en doorvoerrol voor omliggende landen
 De kansen voor doorvoer naar het buitenland (Duitsland, België) zullen naar verwachting stijgen door vergelijkbare ontwikkelingen als binnenlands.

Beslismomenten

Beslis-moment	Jaar	Prioritering keuze	Potentiële implicaties	Afhankelijkheden	Navolgende beslismomenten
8	2023/2024	Prioritering secundaire staalproductie	Behoud sector, behalen circulaire doelstelling, strategische autonomie	Behoefte primair ijzer, internationale markt, beschikbaarheid schroot/HBI	

Overwegingen en afwegingen

Onderdeel van circulaire samenleving

Ook in een circulaire samenleving is de vraag naar staal naar verwachting constant, mede door de goede mogelijkheden voor recycling. Lokale verwerking draagt bij aan strategische autonomie.

Voorwaarde voor mogelijke duurzame primaire productie

Secundaire productie (EAF) is ook nodig voor productie van primair staal (DRI) en daarmee in alle ontwikkelpaden nodig. Primaire productie kan eventuele verliezen, exporten en groeiende vraag aanvullen.

9	2023	Ondersteuning korte termijn CCS en internationale transporten	Haalbaarheid 2030 doelstellingen, korte termijn behoud productie	Ontwikkeling en toepassing alternatieve productieprocessen, internationale markt	3
---	------	---	--	--	---

Overwegingen en afwegingen

Behalen van 2030 doelstellingen en startpunt mogelijk lange termijn gebruik

Het behalen van de 2030 doelstellingen is (met behoud van productie) zonder korte termijn toepassing van CCS zeer moeilijk. Infrastructuur en installaties die voor 2030 ingezet worden, kunnen ook gebruikt worden voor lange termijn toepassing (maar leiden daar niet verzekerd toe)

Rol als doorvoerhub

Omliggende landen en industrieclusters zien ook mogelijkheden voor toepassing van CCS, maar hebben niet altijd beschikking tot eigen opslagruimte. Nederland kan een faciliterende rol spelen, waarbij de toegenomen schaalgrootte ook binnenlandse voordelen oplevert.

10	Vanaf 2023	Opschalen productie hernieuwbare energie	Benodigd voor alle sectoren en soorten productie, omzetting energiedragers	Prioritering binnenlandse productieniveau en sectoren, energievraag buiten de industrie	
----	------------	--	--	---	--

Overwegingen en afwegingen

Nodig voor alle sectoren en prioriteringen

Energieverbruik is onderdeel van elke economische activiteit, ook bij efficiëntie verbeteringen en duurzame productie. In elke ontwikkelrichting stijgt de vraag naar duurzame energie bij het uifaseren van fossiele bronnen.

Bijlagen

Modellering duurzame productie technologieën

Modelleringsverduurzamingstechnologieën

- > Om de energiebehoeftes in de verschillende ontwikkelpaden te kwantificeren en vergelijken, is de energievraag van duurzame productieprocessen voor industriële basisproducten gemodelleerd.
- > In dit model kunnen de verschillende productieprocessen, importen en productieniveaus van de ontwikkelpaden op elektriciteits- en waterstofvraag doorgerekend worden, waarmee de verschillen tussen de ontwikkelpaden zichtbaar worden.
- > De inzichten die deze kwantificatie oplevert, kunnen gebruikt worden om de mogelijke afwegingen en prioriteringen in de routekaart informeren.
- > Voor vijf sleutelsectoren van de basisindustrie zijn mogelijke duurzame productieprocessen gemodelleerd.
- > Er is uit gegaan van de huidige vijf grote industrieclusters in Nederland.
- > Cluster zes is buiten beschouwing gelaten
 - Zeer divers cluster waarin vele verschillende producten worden geproduceerd, maar beperkte energiebehoefte in vergelijking met de overige vijf clusters

Sectoren	Clusters
Staal	Chemelot
Kunstmest	Noord-Nederland
Chemie - Plastics	Noordzeekanaalgebied (NZKG)
Chemie - Methanol	Rotterdam-Moerdijk
Brandstoffen	Zeeland

Model set up

Set-up

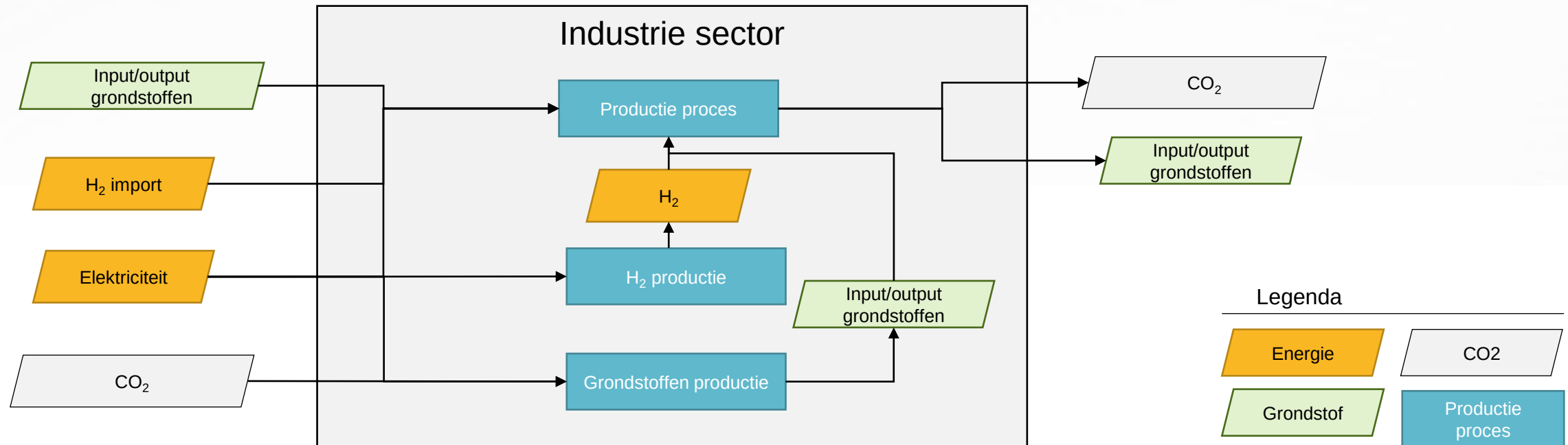
- › Er is uitgegaan van de huidige productielocaties voor de verschillende sectoren, vervangen door duurzame productie en mogelijk op een ander productieniveau
 - Productieniveau en gekozen technologie zijn variabelen die binnen de ontwikkelpaden gedefinieerd zijn
- › Het model is opgezet op basis van externe toevoer van energie en grondstoffen en mogelijke productie van grondstoffen en waterstof binnen de sector of het cluster
- › Door de differentiatie in het model naar extern toegevoerde waterstof en elektriciteit tegenover binnen het cluster geproduceerde waterstof, is behoefte aan energie infrastructuur voor waterstof en elektriciteit in kaart te brengen.

Scope en limitaties

- › De vraag naar grondstoffen is in het model opgenomen, maar gezien de focus van de analyse op energie is deze niet in de verdere resultaten meegenomen.
- › Productie van basisproducten is opgenomen, verdere verwerking tot eindproducten niet
 - Bijvoorbeeld: ammoniak productie is onderdeel van het model, verdere verwerking naar kunstmest niet
 - Basisproductie is in de huidige situatie verantwoordelijk voor een groot aandeel van de totale energievraag en emissies van Nederland en de eindproducten
 - Hiermee zijn de resultaten niet één-op-één vergelijkbaar met bijvoorbeeld CES data

Model set up

- Voor elk van de sectoren is hetzelfde model set-up toegepast
- Variabelen gedefinieerd in de ontwikkelpaden zijn toegepast in het gekozen productie proces en niveau



Status quo

Uitgangspunt status-quo

- › Uitgangspunt van het model, de clusters, de meegenomen sectoren en productieniveaus is de huidige samenstelling en productie van de clusters.
- › Aangezien het hierbij uit concurrentieoverwegingen om (deels) om bedrijfsgevoelige en vertrouwelijk informatie gaat, is een openbare bron gekozen uniform voor alle clusters en sectoren.
 - Kalavasta/ISPT, Carbon Transition Model, standaard scenario
- › Deze bron is in samenwerking met de verschillende bedrijven opgezet en zou informatie binnen een 90% marge van de werkelijkheid bevatten.

Implicaties

- › Door uit te gaan van de huidige samenstelling en productieniveaus, is de toekomstige positie en productie van de sectoren te relateren aan de huidige positie van de sector op de wereldmarkt.
- › Voor modellering maakt het hierbij niet uit welke bedrijven actief zijn
 - I.e. bestaande marktpartijen kunnen productie stoppen en nieuwe spelers kunnen productie in Nederland beginnen
- › Hiermee is, per sector, aangenomen dat de productieverhouding tussen de clusters constant is.

Status quo

- Gebruikte productie capaciteit en locaties
- Bron: Kalavasta/ISPT, Carbon Transition Model, standaard scenario

Cluster	Bedrijf	Site	Sector	Productie capaciteit	Eenheid
Chemelot	OCI	Geleen	Kunstmest	380	kt/yr
Chemelot	Sabic	Geleen	Plastics	2130	kt/yr
Noord-Nederland	BioMCN	Delfzijl	Methanol	670	kt/yr
NZKG	Tata Steel Netherlands	IJmuiden	Staal	6660	kt/yr
Rotterdam-Moerdijk	BP	Europoort	Brandstoffen	10890	kt/yr
Rotterdam-Moerdijk	ExxonMobil	Botlek	Brandstoffen	8330	kt/yr
Rotterdam-Moerdijk	Gunvor	Europoort	Brandstoffen	1810	kt/yr
Rotterdam-Moerdijk	Shell	Moerdijk	Plastics	1580	kt/yr
Rotterdam-Moerdijk	Shell	Pernis	Brandstoffen	14730	kt/yr
Rotterdam-Moerdijk	Vitol/VPR Energy	Europoort	Brandstoffen	1370	kt/yr
Zeeland	DOW	Terneuzen	Plastics	3040	kt/yr
Zeeland	Yara	Terneuzen	Kunstmest	290	kt/yr
Zeeland	Zeeland Refinery	Vlissingen	Brandstoffen	7830	kt/yr

Duurzame productie technologieën

- > Voor elke industriesector zijn meerdere mogelijke duurzame productietechnologieën of import opties opgenomen in het model.
 - Staal, kunstmest, plastics en methanol: verschillende verduurzamingsopties uit de sectorpublicaties van het MIDDEN project (PBL/TNO)
 - Brandstoffen: verduurzamingsopties zoals geïdentificeerd door Concawe.
- > Uit de hierin genoemde meerdere mogelijkheden per sector, zijn daarbij op basis van de in de Cluster Energie Strategieën genoemde ontwikkelingsrichtingen, analyse van verschillende bedrijfsstrategieën en de Technology Readiness Levels (TRL), de meer waarschijnlijke productietechnologieën gekozen die tegen 2050 op industriële schaal toegepast zouden kunnen worden.

Sector	Productietechnologie
Staal	Waterstof - Direct Reduced Iron (H ₂ -DRI)
	Elektrische vlamboogovens (EAF)
Kunstmest	Ammoniak productie (Haber-Bosch)
	Ammoniak importen
Chemie - Plastics	E-Stoomkraker (E-cracker)
	H ₂ -Stoomkraker
	CCS-Stoomkraker
	Methanol-to-Olefins (MTO)
Chemie - Methanol	Methanol productie (MeOH synthese)
	Methanol import
Brandstoffen	Hernieuwbare brandstoffen (lipide hydrotreatment)
	'Low-carbon' brandstoffen (pyrolyse olie reforming)
	Synthetische brandstoffen (Fischer-Tropsch)

Duurzame productie technologieën

Grondstoffen & energiedragers

- > De productie technologieën vragen om verschillende grondstoffen
 - Voor productie van pyrolyse olie is pyrolyse van plastic afval aangenomen, als onderdeel van het totale productie proces
- > Methanol synthese en synthetische productie van brandstoffen vragen CO₂ als grondstof
 - Hiermee is toepassing van CO₂ afvang en gebruik (CCU) geïmpliceerd voor deze productie technologieën
- > De verschillende productie technologieën vragen om elektriciteit en waterstof als energiedragers en grondstof
 - Elektrolyse vraagt om water als grondstof, beschikbaarheid en maatschappelijke acceptatie hiervan is buiten beschouwing gelaten in deze analyse

Grondstof	Productietechnologie
Pyrolyse olie (nafta substituu)	Afval pyrolyse
IJzerertspellets	-
Schroot/HBI	-
Methanol	-
Mixed plastic waste	(tbv afval pyrolyse)
Methaan	-
CO ₂	-
Bio-olie (lipide)	-
Waterstof (H ₂)	

Energiedrager	Productie
Elektriciteit	CO ₂ neutrale opwek
Waterstof (H ₂)	Water elektrolyse ('groene' H ₂)
	Fossiel + CCS ('blauwe' H ₂)

Duurzame productie technologieën

Data en bronnen

- › De volgende data en bronnen voor duurzame productie technologieën zijn gebruikt
- › Data voor bijproducten, energiebehoefte en grondstoffen is genormaliseerd naar het gewenste product
- › Voor plastics productie, is pyrolyse van plastic afval binnen Nederland aangenomen (circulaire productie)
- › Voor brandstoffen productie uit pyrolyse olie, is import van pyrolyse olie aangenomen.
 - Deze aanname is afwijkend van plastics productie, aangezien het product (brandstoffen) na gebruik (verbranding) niet opnieuw beschikbaar komen als grondstof voor pyrolyse.

Duurzame productie technologieën

Staal, ammoniak, methanol

Technologie	Productie		Energie behoefte		Grondstoffen behoefte		Bron
H ₂ -DRI + EAF	Ruw staal	1000 kt	Elektriciteit	0,66 PJ	IJzerertspelletts	1,4 mt	MIDDEN project, Decarbonisation options for the Dutch steel industry, 2019. Figure 26.
			Waterstof	5,59 PJ			
			Methaan	0,77 PJ			
EAF	Ruw staal	1000 kt	Elektriciteit	0,66 PJ	Schroot/HBI	1,23 mt	MIDDEN project, Decarbonisation options for the Dutch steel industry, 2019. Figure 22.
			Methaan	0,77 PJ			

Technologie	Productie		Energie behoefte		Grondstoffen behoefte		Bron
NH ₃ synthese (Haber-Bosch)	Ammoniak	1 kt	Elektriciteit	0,0062 PJ	-		MIDDEN project database, technologie TC0077
			Waterstof	0,0214 PJ			
NH ₃ import	Ammoniak	1 kt	-		-		-

Technologie	Productie		Energie behoefte		Grondstoffen behoefte		Bron
MeOH-synthese	Methanol	1 kt	Elektriciteit	0,00928 PJ	CO ₂	1,46 kt	MIDDEN project, Decarbonisation options for large volume organic chemical production, 2021. Tabel 27, aangepast om electrolyse energievraag (aangenomen 50 kWh/kg H ₂) separaat in het model op te nemen.
			Waterstof	0,0225 PJ			
MeOH import	Methanol	1 kt	-		-		-

Duurzame productie technologieën

Plastics

Technologie	Productie		Energie behoefte		Grondstoffen behoefte		Bijproduct		Bron
CCS-stoomkraker	Plastics (HVC)	1 kt	Elektriciteit Waterstof Methaan	0,03223 PJ 0,00312 PJ 0,0112 PJ	Mixed plastic waste	5,2016 kt	CO ₂	4,219 kt	MIDDEN project database, technologie TC0262, gecombineerd met plastic pyrolyse voor nafta substituuat productie
H ₂ -stoomkraker	Plastics (HVC)	1 kt	Elektriciteit Waterstof	0,002816 PJ 0,0114 PJ	Mixed plastic waste	5,2016 kt	CO ₂	4,219 kt	MIDDEN project database, technologie TC0263, gecombineerd met plastic pyrolyse voor nafta substituuat productie
E-stoomkraker	Plastics (HVC)	1 kt	Elektriciteit Waterstof	0,0060 PJ 0,00312 PJ	Mixed plastic waste	5,2016 kt	CO ₂ CH ₄ rich- gas	4,219 kt 8,28 TJ	MIDDEN project database, technologie TC0264, gecombineerd met plastic afval pyrolyse voor nafta substituuat productie
Methanol-to-olefins	Plastics (HVC)	1 kt	Elektriciteit Waterstof	0,0106 PJ	Methanol	2,439 kt	CO ₂	37,857 kt	MIDDEN project, Decarbonisation options for large volume organic chemical production, SABIC Geleen, 2021. Table 28

Technologie	Productie		Energie behoefte		Grondstoffen behoefte		Bijproduct		Bron
Plastic afval pyrolyse	Pyrolyseolie	1 kt	Waterstof	0,0024 PJ	Mixed plastic waste	4,033 kt	CO ₂	3,33 kt	MIDDEN project, Decarbonisation options for large volume organic chemical production, SABIC Geleen, 2021. Figuur 4.10 & 4.11

Duurzame productie technologieën

Brandstoffen

Technologie	Productie		Energie behoefte		Grondstoffen behoefte		Bijproduct		Bron
Lipide hydrotreatment	Vloeibare brandstoffen	1 kt	Waterstof	0,00427 PJ	Bio-olie	1,1123 kt	CO ₂	0,057 kt	Concawe, Refinery 2050: conceptual assessment, report 9/19, 2019. Table 6.2.9-1 Lipid-to-HDT route
Pyrolyse olie reforming	Vloeibare brandstoffen	1 kt	Waterstof	0,013 PJ	Pyrolyse olie	1,736 kt			Concawe, Refinery 2050: conceptual assessment, report 9/19, 2019. Table 6.2.9-1 Wet pyro/HTL oil to ref HDT route
Synthetische productie (FT+hydrocracking)	Vloeibare brandstoffen	1 kt	Waterstof	0,0524 PJ	CO ₂	3,099 kt			Concawe, Refinery 2050: conceptual assessment, report 9/19, 2019. Table 6.2.9-1 E-Fuel (FT-wax to HC)

Productieniveaus per productie technologie

Productie per technologie

- > De sector productieniveau voor de ontwikkelpaden worden door toepassing van verschillende technologieën ingevuld
- > De gegeven niveaus zijn relatief aan de huidige productie (status-quo)
- > Voor sectoren waar de technologieën niet tot 100% optellen, betekent dit een krimp van de sector
 - Voorbeeld brandstoffenproductie in ontwikkelpad 1: totale sectoromvang is 29% van de huidige productie (11%+9%+9%)

Technologie	Ontwikkel- pad 1	Ontwikkel- pad 2	Ontwikkel- pad 3
H ₂ -DRI + EAF	100%	30%	30%
EAF	0%	70%	70%
NH ₃ import	50%	100%	30%
NH ₃ synthese (Haber-Bosch)	50%	0%	0%
E-Stoomkraker	15%	40%	30%
Methanol-to-olefins	25%	20%	0%
H ₂ -stoomkraker	30%	40%	0%
CCS-Stoomkraker	30%	0%	0%
MeOH-Synthese	100%	50%	0%
MeOH import	0%	50%	30%
Synthetische productie (FT+hydrocracking)	11%	0%	0%
Lipide hydrotreatment	9%	5%	2%
Pyrolyse olie reforming	9%	5%	2%

1 Resultaten ontwikkelpaden modellering

Resultaten ontwikkelpad modellering

Resultaten per cluster

- > De resulterende energievraag per cluster is in de tabel weergegeven
- > Alle energie is in petajoule per jaar (PJ/jaar)

	Ontwikkelpad 1 Productie & uitvoer		Ontwikkelpad 2 Productie & import		Ontwikkelpad 3 Import & herstructurering	
Cluster	Elektriciteit	Waterstof	Elektriciteit	Waterstof	Elektriciteit	Waterstof
Chemelot	12,62	14,34	12,04	12,37	3,83	1,99
Noord-Nederland	16,16	7,54	8,08	3,77	0,00	0,00
Noordzee-kanaalgebied	4,40	37,21	4,40	11,16	4,40	11,16
Rotterdam-Moerdijk	8,49	286,31	8,93	37,88	2,84	15,83
Zeeland	17,24	76,54	17,19	23,71	5,47	5,87
Totaal	58,91	421,94	50,65	88,90	16,54	34,86

Alle eenheden in PJ/jaar

Resultaten ontwikkelpad modellering

Resultaten per cluster

- > De resulterende energievraag per cluster is in de tabel weergegeven
- > Alle energie is in petajoule per jaar (PJ/jaar)

	Ontwikkelpad 1 Productie & uitvoer		Ontwikkelpad 2 Productie & import		Ontwikkelpad 3 Import & herstructurering	
Sector	Elektriciteit	Waterstof	Elektriciteit	Waterstof	Elektriciteit	Waterstof
Staal	4,40	37,21	4,40	11,16	4,40	11,16
Ammoniak	2,08	7,17	0,00	0,00	0,00	0,00
Plastics	36,27	32,57	38,17	39,21	12,15	6,32
Methanol	16,16	7,54	8,08	3,77	0,00	0,00
Brandstoffen	0,00	337,45	0,00	34,75	0,00	17,38
Totaal	58,91	421,94	50,65	88,90	16,54	34,86

Alle eenheden in PJ/jaar

Contactgegevens

Michele Koper

Director

michele.koper@guidehouse.com

(+31) 30 662 3244

Tobias Sach

Managing consultant

thobias.sach@guidehouse.com

(+49) 30 700 109 682

Jabbe van Leeuwen

Senior consultant

jvanleeuwen@guidehouse.com

(+31) 06 11 806 077

