



RAPPORT

Update volumestudie waterstofdragers

 ARCADIS

Berenschot

TNO innovation
for life

31 maart 2026

Update volumestudie waterstofdragers

31 maart 2026

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	4
1. Introductie	7
1.1 Achtergrond	8
1.2 Doel- en vraagstellingen	8
1.3 Afbakening, werkwijze en onderzoeksmethode	9
2. Scenario's	13
2.1 Introductie	14
2.2 Uitgangspunten en randvoorwaarden	16
2.3 Aannames stromen richting 2030	18
2.4 Status quo	18
2.5 Stijgende lijn	19
2.6 Krimp zet door	20
2.7 Vergelijking van scenario's en referentiejaar 2030	21
3. Volumes en stromen	23
3.1 Projectie 2030	24
3.2 Scenario's tot 2035	26
3.3 Gevoeligheidsanalyse	35
3.4 Terugblik: volumestudie waterstofdragers 2023	39
3.5 Relevante stromen	41
3.6 Aanvullende stromen ten opzichte van huidige stromen	42
4. Knelpuntenanalyse	45
4.1 Indeling en verdeling	46
4.2 Congestie	47
4.3 Ruimtegebruik	51
4.4 Omgevingsveiligheid en milieueffecten	53
5. Reflectie	54
5.1 Conclusies ten aanzien dit onderzoek	55
5.2 Positionering studie	55
5.3 Blik op de nabije toekomst	56
5.4 Structurele systeemvraagstukken richting 2050	57
5.5 Gevolgen en toekomstige keuzes	58
Bijlage 1. Technische uitgangspunten	60

Managementsamenvatting

Nederland zet sterk in op de energietransitie, waarbij waterstof(dragers) een centrale rol speelt (spelen). Eerdere studies, zoals de ketenstudie omgevingsveiligheid (2021) en de volumestudie (2023), hebben de basis gevormd voor de kabinetsvisie waterstofdragers (2024). Vanwege de snelle ontwikkelingen willen het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) en het ministerie van Klimaat en Groene Groei (KGG) de volumestudie actualiseren om projecties tot 2035 te actualiseren en deze waar relevant te plaatsen in een bredere systeemcontext richting 2050, inclusief doorvoerroutes naar Duitsland en België.

Het doel van deze studie is om inzicht te geven in de te verwachten stromen van waterstofrijke energiedragers in Nederland en de daarvoor fysieke beschikbare transport-modaliteiten en routes. Het exploratieve karakter van deze studie beoogt geen normatief toekomstbeeld te schetsen van het Nederlandse energiesysteem of van de rol van waterstof daarin. Het uitgangspunt is niet hoe de waterstofeconomie zich zou moeten ontwikkelen, maar hoe deze zich, op basis van huidige inzichten, marktsignalen en beleidsontwikkelingen, naar verwachting kan ontwikkelen richting 2035. Waar relevant wordt daarbij kort gereflecteerd op mogelijke implicaties voor de langere termijn richting 2050.

Deze studie richt zich op RFNBO*-waterstofdragers (*Renewable Fuel of Non-Biological Origin) waarvoor richting 2035 een plausibele marktontwikkeling wordt verwacht, zoals e-ammoniak en e-methanol. Deze dragers bepalen de volumebeelden voor zowel het eindproduct (chemie, kunstmest, brandstoffen) als, met name voor ammoniak, drager voor conversie naar waterstof. LH₂ en LOHC worden uitsluitend in gevoeligheidsanalyses meegenomen vanwege beperkte volumes.

Voor 2030 is een projectie gemaakt op basis van lopende projecten. Vanwege deze samenhangende onzekerheden richting 2035 is er niet gekozen voor één lineaire prognose, maar voor een scenario-aanpak.

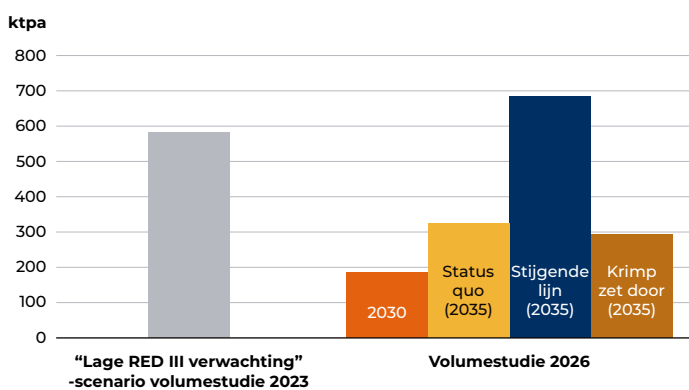
Voor het zichtjaar 2035 zijn er drie scenario's gemaakt:

- **Status quo.** Dit scenario beschrijft een ontwikkeling waarin marktpartijen zich hoofdzakelijk richten op het voldoen aan bestaande wettelijke verplichtingen. Verdere opschaling blijft beperkt, investeringsbereidheid is terughoudend en additionele vraag boven het minimale beleidskader komt nauwelijks tot stand. De volumegroei blijft daarmee gematigd en primair verplichting-gedreven.
- **Stijgende lijn.** In dit scenario verbeteren de randvoorwaarden voor waterstof en waterstofdragers geleidelijk. Gunstigere energieprijzen, grotere investeringszekerheid en aanvullende stimuleringsmaatregelen leiden tot bredere toepassing in industrie en elektriciteitsopwekking. De volumes bewegen zich aan de bovenkant van een realistische bandbreedte, zonder dat sprake is van een disruptieve groeispromg.
- **Krimp zet door.** Dit scenario gaat uit van aanhoudend ongunstige marktomstandigheden en verdere druk op energie-intensieve industrie. Structurele afbouw van industriële activiteiten resulteert in lagere absolute vraagvolumes. Waterstof(dragers) wordt (worden) uitsluitend ingezet om aan minimale verplichtingen te voldoen; aanvullende toepassingen blijven uit.

Tabel 1 Overzicht uitkomsten per scenario in ktpa waterstofequivalenten

Scenario	Totale vraag Nederland (ktpa H ₂ -eq)	Binnenlandse productie (ktpa H ₂ -eq)	Import (ktpa H ₂ -eq)	Doorvoer (ktpa H ₂ -eq)
Krimp zet door	169	118	175	105
Status quo	193	165	158	117
Stijgende lijn	396	329	356	261
Studie 2023 (referentie)	1.100 - 1.900	400 - 800	700 - 1.400	1.000 - 3.000

De vergelijking met het laagste scenario uit de volumestudie uit 2023 (figuur 1) laat zien dat de verwachte volumes van waterstofdragers richting 2035 aanzienlijk lager uitvallen dan destijds werd verondersteld. Alleen het scenario 'stijgende lijn' overtreft de verwachtingen van het laagste scenario uit de volumestudie in 2023. Waar in de eerdere studie nog werd uitgegaan van grootschalige internationale handelsstromen en een sterke groei van zowel import als doorvoer, laten de geactualiseerde scenario's een meer gematigd volumebeeld zien. Deze bijstelling hangt samen met nieuwe inzichten in projectrealisatie, investeringsbeslissingen, kostenontwikkelingen en de ontwikkeling van industriële vraag. Tegelijkertijd verandert de structuur van het systeem slechts beperkt: ook bij lagere volumes blijft Nederland afhankelijk van internationale aanvoer van waterstofdragers en blijven importstromen een bepalende factor in de toekomstige ketenontwikkeling.



Figuur 1 Resultaten onderzoek in vergelijking met studie 2023 in ktpa waterstofdragers

Kerninzichten

De analyse geeft inzicht in de markt-, beleids- en systeemcontext die de ontwikkeling van waterstof(dragers) vormgeeft. Hiermee wordt zichtbaar dat gewijzigde economische omstandigheden, voortschrijdend inzicht in projectrealisatie en internationale gebeurtenissen leiden tot een herijkt beeld van

de ontwikkeling van de vraag naar groene waterstof(dragers). Gezamenlijk maken deze inzichten duidelijk dat de transitie zich minder snel ontwikkelt dan eerder verwacht. Hiermee wordt duidelijk dat er een sterk belang is in beleidszekerheid en keuzes in het belang van het toekomstige energiesysteem van Nederland en de internationale positionering richting buurlanden. De conclusies en bevindingen uit dit onderzoek hebben niet als doel de gehele waterstofeconomie te schetsen, maar geven inzicht in hoe de waterstofvraag zich kan ontwikkelen en welke onderliggende factoren en systeemkeuzes daar invloed op hebben.

1. Fundamentele bijstelling ten opzichte van de volumestudie uit 2023

Deze updatestudie laat een duidelijke breuk zien met het beeld uit de volumestudie van 2023. Waar de eerdere studie uitging van snelle opschaling, hoge importvolumes en een sterke groei van internationale waterstofhandel, laat deze studie zien dat de ontwikkeling aanzienlijk gematigder verloopt. De volumebeelden richting 2035 vallen in alle scenario's substantieel lager uit dan eerder werd voorzien.

Dit verschil komt niet voort uit één enkele aanpassing, maar uit een structureel veranderd vertrekpunt. Ambities uit Europese beleidsprogramma's vormden in 2023 nog het uitgangspunt, terwijl de huidige studie volumes expliciet koppelt aan gerealiseerde projecten, investeringsbeslissingen, kostenontwikkelingen en feitelijke industriële vraag. Daarmee verschuift het perspectief van een ambitie gedreven toekomstbeeld naar een realisatie gedreven analyse.

Het belangrijkste inzicht is dat volumes richting 2035 in hoge mate verplichting-gedreven zijn geworden. Zonder normering en subsidies ontstaat nauwelijks concrete marktverwachting. De verwachte ontwikkeling van waterstof(dragers) blijft daarmee minder een autonome marktontwikkeling en blijkt sterker afhankelijk van beleidsimplementatie dan eerder werd aangenomen.

2. Bijstelling betekent voorlopig enkel vertraging, geen afstel

Deze studie duidt de huidige ontwikkeling nadrukkelijk als een fase van bijstelling en vertraging ten opzicht van eerdere verwachtingen. Hierbij wordt expliciet niet aangenomen dat er sprake is van fundamenteel afstel. Sinds 2023 zijn kosten voor energie, infrastructuur en kapitaal gestegen, zijn projecten later gerealiseerd en blijkt technologische opschaling en implementatie van een afdoende werkend regelgevend kader meer tijd te vragen dan eerder verondersteld.

Hierdoor verschuift het tempo van ontwikkeling, maar niet de richting. Waterstof en waterstofdragers blijven onderdeel van het toekomstige energiesysteem waarbij de snelheid en opschaling op lange termijn nog wel onzeker is. Tot 2035 bevindt de sector zich vooral in een leer- en opschaa fase waarin onzekerheden groot blijven en structurele keuzes nog openliggen. De periode tot 2035 moet daarom eerder worden gezien als voorbereidingsfase voor mogelijke systeemontwikkelingen na 2035 dan als fase van grootschalige markt volumes.

3. Doorvoerrol van Nederland is geen gegeven

De positie van Nederland als logistieke hub richting buurlanden en met name richting Duitsland, is afhankelijk van externe factoren en beleidskeuzes. De timing van infrastructuurprojecten, waaronder grensoverschrijdende verbindingen en de Delta Rhine Corridor (DRC), beïnvloedt direct de haalbaarheid van gasvormige doorvoer. Tegelijkertijd spelen concurrerende routes richting Duitsland (bijvoorbeeld via Denemarken of Zuidwest-Europa) en de snelheid waarmee beleidsinstrumenten vraag creëren een bepalende rol.

Gevoeligheidsanalyses tonen dat dezelfde Europese vraag kan leiden tot zeer verschillende logistieke systemen: van sterke concentratie van conversie in Nederlandse havenclusters tot juist grootschalige doorvoer of zelfs het grotendeels wegvallen daarvan. Nederland concurreert daarbij met alternatieve importcorridors via onder andere Duitsland, Denemarken, België en Zuidwest-Europa. De hub-functie is daarmee een mogelijke uitkomst van systeemontwikkeling, maar geen gegarandeerd eindbeeld.

4. Structurele import

In alle scenario's richting 2035 blijft er import van waterstofdragers naar Nederland plaatsvinden om aan de vraag naar RFNBO te kunnen voldoen. Die import komt bovenop de binnenlandse productie van waterstof, zelfs bij substantiële

opschaling van binnenlandse elektrolyse. Dit komt mede doordat methanol en ammoniak niet alleen als waterstofdrager functioneren, maar ook direct als RFNBO zijn in te zetten in eindmarkten, zoals onder andere chemie en scheepvaart.

Daarnaast zal conversie naar gasvormige waterstof uitsluitend plaatsvinden bij expliciete eindvraag en op basis van economische afwegingen. Importstromen worden daarmee niet volledig bepaald door nationale waterstofvraag, maar ook door internationale handelsketens en de rol van Nederland binnen Noordwest-Europese energiestromen. We verwachten dat er op dit moment geen additionele aanmoediging vanuit de Nederlandse overheid nodig is om extra kraakcapaciteit te stimuleren.

5. Infrastructuur heeft strategische systeemwaarde, maar moet individueel worden bepaald

De analyse voor deze studie laat zien dat de noodzaak voor een ammoniakbuisleiding als onderdeel van de Delta Rhine Corridor tot 2035 beperkt is vanwege de lage verwachte volumes. Binnen de huidige scenario's kunnen de verwachte stromen grotendeels worden afgehandeld via bestaande transportmodaliteiten.

Tegelijkertijd blijkt dat infrastructuurontwikkelingen vaak vooruitlopen op de marktvoorvraag. Vertraging van grensoverschrijdende verbindingen beïnvloedt direct investeringsbeslissingen en vergroot het risico dat internationale energiestromen zich via alternatieve corridors organiseren en in sommige gevallen helemaal niet tot stand komen.

In dat licht is het landelijke waterstofnetwerk van Gasunie-dochter Hynetwork Services relevant voor het transport van gasvormige waterstof. Ook bij gematigde volumegroei kan deze infrastructuur systeemwaarde bieden doordat zij flexibiliteit creëert, regionale initiatieven verbindt en toekomstige opschaling mogelijk maakt. Daarmee ligt de meerwaarde van (bepaalde) infrastructuurontwikkelingen minder in de directe volumebehoefte, en meer in het openhouden van strategische opties voor marktpartijen en het energiesysteem.



HOOFDSTUK 1

Introductie

Dit hoofdstuk beschrijft het kader van de studie en gaat achtereenvolgens in op de doel- en vraagstellingen, de gehanteerde afbakening en de gekozen werkwijze en de onderzoeksmethodiek. Daarmee biedt het hoofdstuk inzicht in de uitgangspunten en keuzes die ten grondslag liggen aan de verdere analyse en resultaten.

1.1 Achtergrond

De transformatie van het Nederlandse energiesysteem is een complexe uitdaging waarvan het eindresultaat niet vaststaat. Om de klimaatdoelen te behalen en de energiezekerheid te waarborgen, wordt eveneens gekeken naar de rol van waterstof en waterstofrijke dragers in het toekomstige energiesysteem. Deze dragers kunnen een belangrijke schakel vormen in de verduurzaming van industrie, mobiliteit, elektriciteitsvoorziening en internationale energieroutes. Tegelijkertijd brengt de ontwikkeling van deze ketens nieuwe ruimtelijke, logistieke en veiligheidsvraagstukken met zich mee, die samenhangen met schaal, locatie en samenloop met bestaande infrastructuur.

De internationale context waarbinnen waterstofdragers zich ontwikkelen, verandert bovendien snel. Er is sprake van verschuivende marktomstandigheden, aangepaste investeringsbeslissingen en aangescherpte Europese en nationale beleidskaders op het gebied van duurzaamheid en veiligheid. In Nederland worden deze ontwikkelingen verbonden met nationale ruimtelijke en infrastructurele opgaven, onder meer via de Nota Ruimte, waarin de ruimtelijke inpassing van energie-infrastructuur centraal staat. Deze dynamiek maakt het noodzakelijk om eerder ontwikkelde inzichten te actualiseren en te toetsen aan de huidige markt- en beleidsrealiteit, met specifieke aandacht voor de verwachte volumes, transportstromen en effecten van waterstofdragers richting 2035. Waar relevant wordt daarbij gereflecteerd op mogelijke implicaties voor het energiesysteem richting 2050.

In 2023 is in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) door Arcadis, Berenschot en TNO een studie uitgevoerd naar volumes, modaliteiten en veiligheid van waterstofrijke energiedragers¹. De voorliggende studie vormt een actualisatie daarvan. De update combineert scenario-ontwikkeling, kwantitatieve analyses en gesprekken met stakeholders om een samenhangend en beleidsrelevant beeld te schetsen van de huidige en toekomstige ontwikkelingen. Daarbij wordt, naast de verwachte stromen waterstofdragers, expliciet aandacht besteed aan de ruimtelijke inpassing en aan omgevingsveiligheidseffecten en milieueffecten, passend bij de actuele beleidskaders en onzekerheden in de marktontwikkeling.

1.2 Doel- en vraagstellingen

Het doel van deze studie is om, op basis van ontwikkelde scenario's, een actueel en samenhangend beeld te schetsen van de stromen waterstofrijke dragers in Nederland en de impact richting 2035. In aanvulling daarop wordt kort gereflecteerd op mogelijke systeemontwikkelingen richting 2050.

De scenario's vormen daarbij het analytische fundament van de studie, waarin verschillende toekomstbeelden worden verkend voor de mate van import, productie, conversie en gebruik van waterstofdragers. Op basis hiervan worden de implicaties voor volumes, transportstromen, ruimtelijke inpassing, veiligheid en milieueffecten systematisch in beeld gebracht, zodat knelpunten zichtbaar worden die relevant zijn voor handelingsperspectieven rondom infrastructuur, import en gebruik. Deze scenario-analyse maakt het mogelijk beleidsopties te vergelijken en af te wegen waarmee de overheid, en in het bijzonder IenW, wordt ondersteund bij het maken van beleidskeuzes. Hiermee wordt bijgedragen aan een veilige, duurzame en doelmatige inpassing van waterstofdragers in het Nederlandse en Europese energiesysteem.

De hoofdvraag van deze studie is als volgt: Wat zijn de te verwachten volumes, routes en effecten van de invoer, productie, doorvoer en het gebruik van waterstofdragers in Nederland tot 2035, en welke implicaties kunnen deze ontwikkelingen hebben voor het energiesysteem op de langere termijn richting 2050?

De studie heeft drie hoofddoelen:

1. Het ontwikkelen en toepassen van scenario's om inzicht te krijgen in de verwachte volumes, routes en modaliteiten voor transport van waterstofdragers in Nederland tot 2035, met een reflectie op mogelijke implicaties voor de langere termijn richting 2050.
2. Het op basis van deze scenario's analyseren van de ruimtelijke impact, veiligheidsrisico's en milieueffecten van de verschillende waterstofketens.
3. Het formuleren van beleidsopties en handelingsperspectieven die helpen bij het afwegen van keuzes over infrastructuur, veiligheid en ruimtelijke ordening.

¹ Zie studie 'Omgevingsveiligheid van toekomstige stromen waterstofrijke energiedragers' uit 2023 [hier](#).

1.3 Afbakening, werkwijze en onderzoeksmethode

Voor deze studie zijn afspraken gemaakt rondom de afbakening van de uitvoering. Deze zullen samen met de onderzoeksmethodiek worden toegelicht alvorens we de resultaten presenteren.

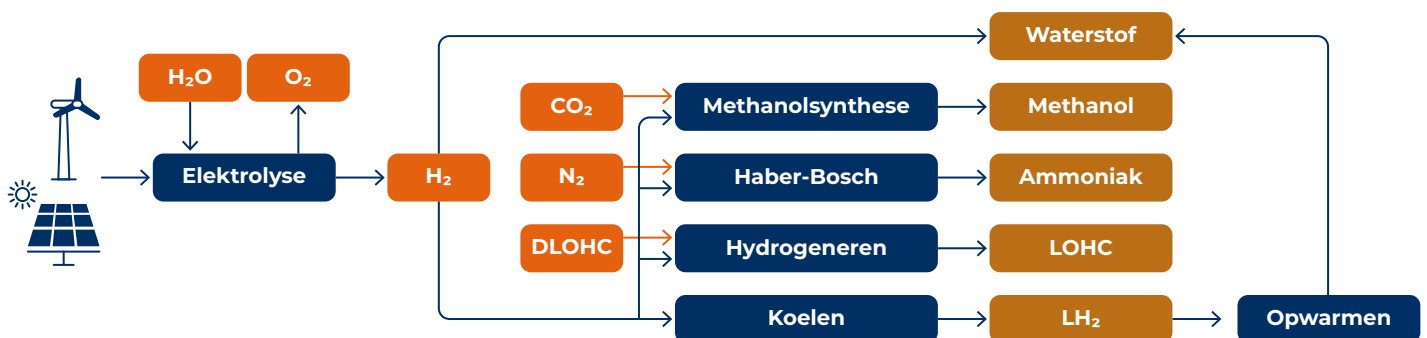
1.1.3 Afbakening

Deze studie richt zich primair op de periode tot 2035. Waar relevant wordt een beperkte reflectie gegeven op mogelijke systeemontwikkelingen richting 2050. Deze reflectie heeft een verkennend karakter en vormt geen kwantitatieve projectie. De nadruk ligt op de verwachte ontwikkeling van import, productie, conversie en transport van waterstofdragers binnen Nederland en in samenhang met internationale afzetmarkten, met name richting Duitsland.

De studie richt zich op duurzame waterstofdragers die vallen onder de Europese definitie van hernieuwbare brandstoffen van

niet-biologische oorsprong (Renewable Fuel of Non-Biological Origin, RFNBO), en waarvoor vraag en aanbod zal ontstaan richting 2035. Concreet betreft dit, naast gasvormige waterstof, e-ammoniak en e-methanol (in het vervolg aangeduid als ammoniak en methanol).

LOHC's (liquid organic hydrogen carriers) en vloeibare waterstof (LH₂) zijn in deze analyse meegenomen, maar spelen in de uitgewerkte scenario's tot 2035 geen rol vanwege de lager geachte waarschijnlijkheid dat deze dragers in 2035 commercieel worden toegepast (ten opzichte van ammoniak). Dit wordt verder toegelicht in hoofdstuk 3 (volumes). Wel worden de zojuist genoemde dragers (LOHC's en LH₂) kwantitatief beschouwd als gevoeligheidsanalyse in hoofdstuk 4. Verder is aangenomen dat gasvormige waterstof, waar mogelijk, via pijpleidingen getransporteerd zal worden. Hierdoor is de impact op ruimte, veiligheid en milieuaspecten beperkt in vergelijking met wegtransport, spoortransport en transport over water.



Figuur 2 Schematisch overzicht productieprocessen waterstofdragers

Transportstromen van synthetische brandstoffen zoals e-diesel of e-SAF vallen buiten de scope van deze studie. Wel wordt een kwantitatieve beschouwing gedaan van de waterstof(dragers) als feedstock voor de productie van deze brandstoffen, en een kwalitatieve beschouwing voor zover dit relevant is voor de impact op milieu, ruimte en veiligheid. Biomethanol (en andere biogene varianten) is geen RFNBO en valt daarom niet

binnen de scope van deze studie. E-methaan is kwantitatief uitgesloten vanwege het ontbreken van signalen die leiden tot concrete volumes. Mocht dit veranderen, zal daarnaast gebruik worden gemaakt van de bestaande aardgasinfrastructuur. Kwalitatief wordt e-methaan wel meegenomen in relatie tot marktontwikkeling en beleidscontext. Tabel 2 geeft een overzicht van welke waterstofdragers in scope zijn van dit onderzoek.

Tabel 2 Schematisch overzicht van waterstofdragers binnen scope van dit onderzoek

Drager	RFNBO	Kwantitatief beschouwd	Kwalitatief beschouwd	Toelichting
Waterstof (g)	✓	✓	✓	
Waterstof (l)	✓	✓	✓	
e-ammoniak	✓	✓	✓	
e-methanol	✓	✓	✓	
LOHC	✓	✓	✓	
e-methaan	✓	✗	✓	Kwantitatief uitgesloten vanwege gebrek aan signalen die leiden tot concrete volumes. Mocht dit veranderen, zal daarnaast gebruik worden gemaakt van de bestaande aardgasinfra. Kwalitatief wel meegenomen in relatie tot marktontwikkeling en beleidscontext.
e-diesel/e-SAF	✓	✗	✗	Transportstromen e-diesel of e-SAF vallen buiten de scope van deze studie. Waterstof(dragers) als feedstock voor de productie van deze brandstoffen vallen wél binnen de scope.
Biobrandstoffen	✗	✗	✗	Bijvoorbeeld biodiesel, bio-SAF, biomethanol
Blauwe waterstofdragers	✗	✗	✗	Bijvoorbeeld blauwe waterstof, blauwe ammoniak.

De kwalitatieve analyse van de impact van de stromen waterstofdragers zijn onderverdeeld naar transportmodaliteit (bijvoorbeeld wegtransport, spoortransport en transport over water) en de kenmerkende eigenschappen, waaronder wet- en regelgeving, die hierbij horen. Hierbij staat de rol van havens en (inter)nationale doorvoerroutes centraal.

Deze studie richt zich op het bieden van beleidsrelevante inzichten. Daarom sluit het onderzoek, waar relevant, aan op lopende trajecten en beleidskaders zoals NOVEX, de Nota Ruimte, Netbeheer Nederland Scenario's Editie 2025, Nationaal Plan Energiesysteem (NPE) en de Delta Rhine Corridor (DRC). Deze inzichten zijn bedoeld om de afwegingen in genoemde trajecten te ondersteunen, met name waar het gaat om het reserveren en faseren van ruimte voor energie-infrastructuur, het prioriteren van corridors en het tijdig signaleren van kantelpunten in markt- en volumegroei. Buiten de scope van dit onderzoek vallen gedetailleerde techno-economische haalbaarheidsstudies, financiële analyses op projectniveau en juridische of vergunningstechnische vraagstukken.

RFNBO's (Renewable Fuels of Non-Biological Origin) zijn in RED III gedefinieerd als vloeibare en gasvormige hernieuwbare brandstoffen waarvan de energie-inhoud afkomstig is uit hernieuwbare bronnen anders dan biomassa (dus niet uit biologische grondstoffen). Onder RFNBO's vallen in de praktijk hernieuwbare waterstof die via elektrolyse met hernieuwbare elektriciteit is geproduceerd, en daarop gebaseerde synthetische brandstoffen en energiedragers (zogenoemde e-fuels), zoals synthetisch methaan, methanol, ammoniak en kerosine, evenals andere waterstofdragers en synthetische (transport)brandstoffen die uit groene waterstof worden gemaakt.

1.3.2 Werkwijze

De uitvoering van de studie is in handen van Arcadis, Berenschot en TNO, in nauwe samenwerking met IenW. Het projectteam combineert technische, ruimtelijke en beleidsmatige expertise en werkte volgens een gefaseerde aanpak, waarin kwantitatieve analyses en kwalitatieve duiding elkaar versterken.

Gedurende het onderzoek werden stakeholders actief betrokken via interviews, groepsoverleggen en symposia. Hierbij werd aansluiting gezocht bij experts uit de overheid, kennisinstellingen en het bedrijfsleven om de aannames en

resultaten te toetsen. Deze iteratieve werkwijze was erop gericht om technische analyses en desk research te combineren met praktijkinzichten.

Voor de borging van kwaliteit en consistentie zijn interne reviewmomenten binnen het consortium en periodieke afstemmingen met de opdrachtgever ingericht. Alle aannames, datasets en methodieken worden transparant gedocumenteerd, zodat de bevindingen controleerbaar en reproduceerbaar zijn.

1.3.3 Onderzoeksmethodiek

De kern van de onderzoeksmethodiek bestaat uit scenario-gebaseerde analysekaders, waarin zowel kwantitatieve berekeningen als kwalitatieve inschattingen worden gecombineerd. De scenario's worden opgebouwd rond relevante beleidsontwikkelingen, markttrends en onzekerheden in de internationale waterstofketen. Voor elk scenario worden aannames vastgelegd over importvolumes, binnenlandse productie, transportmodaliteiten en ruimtelijke spreiding van activiteiten.

Kwantitatieve methodiek

De kwantitatieve component van de studie richt zich op het vaststellen van volumes en transportstromen van verschillende waterstofdragers per modaliteit. Hiervoor worden bestaande databronnen en modellen gebruikt van onder andere TNO en Arcadis, aangevuld met openbare beleidsdocumenten, marktdata, internationale studies en interviews

Op basis van deze bronnen is een projectie voor 2030 opgesteld en zijn er drie scenario's opgesteld voor 2035. Deze scenario's zijn gevalideerd door een brede stakeholdergroep. Aanvullend zijn er interviews gevoerd met onder andere koepelorganisaties, havenbedrijven, markt-/industrieorganisaties, Nederlandse en Duitse overheden en brancheorganisaties.

De verwachte import en (deels) productie van waterstof(dragers) wordt in grote mate bij de zeehavens verwacht (dat wil zeggen Port of Rotterdam, Port of Amsterdam, North Sea Port en Groningen Seaports²). Daarnaast ligt een aanzienlijk deel van de industriële vraag rondom de havens net zoals de capaciteit voor conversie van dragers naar gasvormige waterstof. Andere clusters met een grote vraag naar waterstof(dragers) die niet bij of aan een haven liggen en daarom belasting leggen op transportmodaliteiten, zijn de clusters in Chemelot en het Ruhr-gebied in Duitsland.

De analyses voor de doorvoer volumes zijn primair gericht tussen de gebieden aan zee en de twee clusters in het achterland.

De volumes en vervoerstromen zijn afgeleid op basis van aannames over routes en gekozen transportmodaliteiten. Om de transportstromen naar het achterland vast te stellen, is de vraag rondom de havenclusters vergeleken met de geïmporteerde en lokaal (rondom de havenclusters) geproduceerde volumes. Hierbij is de aanname dat het verschil richting het achterland wordt doorgevoerd. Dit proces is apart voor elke scenario uitgevoerd.

Deze vervoerstromen zijn vervolgens op de verschillende transportmodaliteiten geprojecteerd om de belasting, mogelijke knelpunten en handelingsperspectief vast te stellen. Er is gebruik gemaakt van historische data rondom vervoerstromen spoortransport, wegtransport en transport over water voor verschillende stoffenkwalificaties uit het Basisnet voor 2024 om een modal split vast te stellen. De modal split is herijkt op basis van beleidsmatig voorziene omstandigheden om verwachte stromen en een herverdeling vast te stellen voor 2035. Deze methodiek wordt verder toegelicht in hoofdstuk 4.

Kwalitatieve methodiek

De kwalitatieve component is in deze studie uitgevoerd om inzicht te geven in de ruimtelijke impact, de omgevingsveiligheidseffecten en de milieueffecten van waterstofdragers. Deze analyse is gericht op het identificeren van beleidsrelevante knelpunten en aandachtspunten. Daarbij staat niet alleen de omvang van volumes centraal, maar vooral de samenhang tussen dragerkeuze, ketenfunctie en transportmodaliteit.

In deze studie wordt aangenomen dat het waterstofnetwerk van Hynetwork Services ruim voldoende capaciteit heeft voor het transport van de in deze studie berekende gasvormige volumes voor 2030/2035³. Dit is daarom niet opgenomen de kwalitatieve analyse.

De kwalitatieve analyse is scenario-gebaseerd opgezet en sluit aan bij de drie scenario's. Per scenario is beoordeeld hoe verschillen in marktontwikkeling, industriële vraag en doorvoer doorwerken in ruimtelijke druk, veiligheidsrisico's en milieueffecten. De analyse is niet bedoeld als voorspelling,

² Bij Groningen Seaports wordt met name productie van waterstof voorzien. De focus ligt bij de haven (nog) niet op import van waterstofdragers.

³ Zie rapport Arcadis en TNO (2025), HY3+ hier.

maar als duiding van patronen, gevoeligheden en mogelijke kantelpunten die relevant zijn voor beleidsafwegingen.

Een belangrijk uitgangspunt is dat waterstofdragers sterk van elkaar verschillen in fysisch-chemische eigenschappen en veiligheidsregimes. Om de analyses te kunnen uitvoeren, is gebruikgemaakt van bestaande classificaties en praktijkervaringen binnen het Basisnet, zodat de analyse aansluit bij actuele wet- en regelgeving. Deze koppeling zorgt ervoor dat de beperkingen van het Basisnet (dat wil zeggen dat deze systematiek niet volledig is gebaseerd op het gebruik van waterstofdragers zoals deze studie hanteert) kunnen worden omzeild.

Tot slot zijn de kwalitatieve bevindingen geïntegreerd met de kwantitatieve resultaten. Dit levert een samenhangend beeld op waarin volumes, infrastructuur, ruimtegebruik en veiligheid in onderlinge samenhang worden beschouwd, en vormt de basis voor het formuleren van robuuste handelingsperspectieven onder onzekerheid richting 2035, met een reflectie op mogelijke implicaties voor de langere termijn richting 2050.

1.3.4 Leeswijzer

In dit rapport bouwen we het beeld van waterstofdragers stap voor stap op: van marktdynamiek en volumes naar stromen, ruimtelijke consequenties en beleidsmatige handelingsperspectieven. Hoofdstuk 2 schetst de gehanteerde scenario's en plaatst deze in de actuele context van bijstelling en vertraging richting 2035. Hoofdstuk 3 vertaalt dit naar kwantitatieve volumebeelden en handelsstromen, uitgesplitst naar dragers en ketenfuncties waaronder verschillende gevoeligheidsanalyses.

Vervolgens duidt hoofdstuk 4 wat deze stromen kunnen betekenen voor transportmodaliteiten, corridors, ruimtegebruik, omgevingsveiligheid en milieueffecten, door de dragers te relateren aan fysisch-chemische eigenschappen en aan de Basisnet-systematiek. Tot slot reflecteert hoofdstuk 5 op de betekenis van de actualisatie ten opzichte van 2023 en op structurele systeemkeuzes richting 2050, met aandacht voor infrastructuurontwikkelingen, differentiatie tussen dragers en de rol van onzekerheid in beleids- en investeringsbeslissingen.



HOOFDSTUK 2

Scenario's

Dit hoofdstuk schetst het veranderde beleids- en marktlandschap sinds de volumestudie van 2023 en vertaalt de belangrijkste onzekerheden naar een consistente set uitgangspunten en scenario's richting 2035 (met 2030 als referentiejaar). Daarmee wordt de bandbreedte in mogelijke volumes, stromen en ketenkeuzes voor waterstof(dragers) gestructureerd beschreven, als basis voor de verdere analyse van effecten en handelingsperspectieven in de volgende hoofdstukken.

2.1 Introductie

De toekomstige rol van waterstofdragers in Nederland en de omliggende regio wordt in hoge mate bepaald door factoren die vandaag nog onzeker zijn: de verdere invulling van RFNBO-verplichtingen, de concurrentiekracht van de industrie, investeringsbeslissingen in productie en infrastructuur, internationale marktontwikkelingen en de daadwerkelijke beschikbaarheid van betaalbare groene moleculen. Deze onzekerheden maken het onwenselijk om te werken met één enkel toekomstbeeld. In plaats daarvan is gekozen voor een scenarioaanpak die een realistische bandbreedte schetst van mogelijke ontwikkelingen richting 2035.

Allereerst is sinds de vorige volumestudie het waterstof landschap drastisch veranderd toen aankondigingen werd gedaan voor de productie of afname voor waterstof. De importambitie van de Nederlandse havens was hoog; dit was in totaal 50% van de totale Europese import ambitie.

Ook waren de onderhandelingen voor de RED III doelstellingen, en daarmee het gebruik van waterstof(dragers) via RFNBO's, nog in volle gang. Daarvan is nu gebleken dat de totale RFNBO-verplichting voor 2030 net iets hoger is dan de verplichting die is opgenomen in het lage RED III scenario uit de vorige volumestudie (42% tegenover 35%). De verplichtingen voor transport zijn lager uitgevallen en kennen dubbelstellingen (2,6% tegenover 1%). De doelstellingen zijn op Europees niveau vastgelegd maar moeten bij de meeste lidstaten nog doorvertaald worden naar landelijke doelstellingen. Hierdoor treedt vertraging op in de vraag naar waterstof(dragers) in buurlanden waardoor doorvoer lager uitvalt.

In Nederland zijn de RFNBO-verplichtingen voor transport in 2030 gelijkgesteld aan RED III, waarbij in de nationale implementatie van RFNBO's met een vermenigvuldigingsfactor mogen meetellen bij de doelrealisatie. Hierbij kan het formele doel worden bereikt met een lager fysiek RFNBO-volume. Daarnaast zijn er subdoelen voor de sectoren binnen het transport.

Voor de industrie zijn er ook doelstellingen opgesteld voor 2030 en 2035. De verplichtingen worden in Nederland op bedrijfsniveau neergelegd. Het gat met de Europese doelstellingen is echter groot: 4% tegenover 42% voor 2030 en 9,9% tegenover 62% voor 2035, mede doordat het waterstofgebruik voor kunstmestproductie in Nederland voor 60% is vrijgesteld van de verplichting. Er wordt gewerkt aan

instrumenten om dit gat te dichten, zoals de vraagsubsidie die nu ter consultatie⁴ is voorgelegd, maar voorlopig lijkt hiermee het gat niet gevuld te worden zoals ook geconcludeerd wordt door de Raad van State⁵.

In Duitsland zijn er bijvoorbeeld al landelijke RFNBO-verplichtingen voor de transportsector opgesteld, 1,2% voor 2030 en 2,5% voor 2035. De verplichting voor 2030 is hoger dan de RED III-doelstelling. Er is nog geen doorvertaling gemaakt van de RED III-doelstellingen naar verplichtingen voor de industrie, deze zijn in ontwikkeling. Vooral nog lijkt het erop dat Duitsland probeert de doelen te realiseren door subsidies voor productie en afname af te geven, zoals met IPCEI-staalprojecten en financiering vanuit H₂Global in plaats van verplichtingen aan individuele bedrijven op te leggen.

Daarnaast zijn marktcondities in negatieve zin veranderd wat impact heeft op de commerciële uitgangspunten van waterstof(dragers). De kosten voor realisatie van projecten blijken, mede door inflatie, veel hoger te liggen dan verwacht waardoor de business case is verslechterd. Waar enkele jaren geleden nog een sterke prijsdaling werd verwacht, laten recente ramingen een stijging zien, gedreven door hogere nettarieven, kosten voor wind op zee en toegenomen investeringskosten. Het International Energy Agency (IEA)⁶ concludeert dat gestegen rentes na de invasie van Oekraïne de helft van de kostenstijging tussen 2021 en 2023 verklaren, een effect dat ook zichtbaar is bij Carobn Capture and Storage (CCS) en wind op zee. Voor elektrolyseprojecten geldt bovendien structureel dat eerdere studies volgens Joint Research Centre (JRC)⁷ kosten van de "Balance of Plant (BoP), civiele bouwkosten, elektrotechniek en conventionele technische onderdelen voor elektrolyzers systematisch hebben onderschat. Volgens TNO⁸ bepalen deze posten 80% van de totale investeringskosten. Dit maakt het voor de industrie moeilijk om snel over te stappen, omdat meerkosten niet eenvoudig aan klanten kunnen worden doorberekend waardoor veel projecten worden uitgesteld, afgesteld of nog wachten een investeringsbeslissing.

Een interne audit van de Europese Commissie heeft geconcludeerd dat de productie- en importambities niet goed onderbouwd waren en onrealistisch hoog waren.⁹ Volgens de auditors werden deze doelen niet uitgesplitst in bindende

4 Zie voor consultatie [hier](#).

5 Zie advies Raad van State [hier](#).

6 (2024; GHR)

7 Status [rapport](#) van het JRC over elektrolyse en waterstof in de EU.

8 [Rapport](#) van TNO over de levelised cost van waterstofproductie in Nederland.

9 Zie voor de audit [hier](#).

doelstellingen voor de lidstaten en niet alle lidstaten stelden hun eigen doelstellingen vast. Wanneer zij dat wel deden, waren deze nationale doelstellingen niet per se afgestemd op de doelstellingen van de Europese Commissie. In feite bleken de EU-doelstellingen te ambitieus te zijn: op basis van de beschikbare informatie van lidstaten en de industrie is het onwaarschijnlijk dat de EU deze tegen 2030 zal halen.

De energie intensieve industrie in (Noordwest-)Europa heeft op het moment moeite om concurrerend te blijven. De concurrentie uit onder andere Azië is groot (en groeit) terwijl energie een groot aandeel heeft in de totale productiekosten. Ook heeft de Europese industrie hoge doelstellingen voor verduurzaming, wat de kosten verder opdrijft. Wel neemt de wens in zowel de nationale hoofdsteden van de EU als in Brussel toe om een vorm van strategische autonomie te behouden voor belangrijke sectoren om niet te afhankelijk te zijn van landen buiten Europa. Het Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) moet deels voorkomen dat producenten van buiten de EU een competitief voordeel genieten vanwege de afwezigheid van kostenverhogende normen zoals milieueisen en staatssubsidies. Maar CBAM beschermt momenteel alleen de EU-markt. Buiten de EU hebben deze bedrijven alsnog een achterstand ten opzichte van concurrenten. Dit vertaalt zich naar aankondigingen van tijdelijke of definitieve beëindigingen van industriële activiteiten in Noordwest-Europa die regelmatig het nieuws halen.

Verder is uit de interviews met verschillende stakeholders, gebleken dat bedrijven RFNBO's inzetten om aan de verplichtingen te voldoen maar naar verwachting niet op eigen initiatief groene waterstof of derivaten zullen gebruiken om te verduurzamen. De belangrijkste reden is dat alternatieven goedkoper zijn of dat onzekerheid rondom beleid nieuwe investeringen ongeoorloofd maakt. Bedrijven lijken ook niet meer de omvangrijke verwachte volumes ammoniak (zie studie 2023) te willen importeren om naar waterstof te kraken en naar het buitenland door te voeren. Partijen zijn structureel bezig met de onzekerheid welke producten er uiteindelijk nodig zijn om aan de vraag en de doelstellingen te voldoen. Op basis daarvan ontstaat een vraag naar groene feedstock (bijvoorbeeld e-methanol, groene ammoniak) of gaat het product op basis van groene waterstof geïmporteerd worden zoals synthetische brandstoffen (e-SAF) of (half)fabricaten voor de chemische industrie. Het aanbod van waterstof of waterstofdragers via import lijkt op dit moment niet de bottleneck te zijn. Er zijn genoeg initiatieven maar deze zijn op zoek naar een afnemer.

De vertraging van de realisatie van infrastructuur, zoals de DRC, speelt ook een rol in de onzekerheid rondom investeringsbeslissingen. De DRC had in 2028 gereed moeten zijn, wat nu naar verwachting in 2032/2033 het geval zal zijn. Er wordt wel een waterstofleiding ontwikkeld, maar geen ammoniakleiding. Dit betekent dat er tot die tijd vanuit de Nederlandse havens in het westen nog geen directe pijplijnverbinding naar Duitsland beschikbaar is. Verder zijn Hynetwork, Thyssengas H₂ en Gasunie Deutschland, voor wat betreft grensoverschrijdende waterstofinfrastructuur, in december 2025 overeengekomen om deze gezamenlijk te ontwikkelen. Er zijn echter nog geen concrete opleverdata bekendgemaakt. Het gebrek aan transportalternatieven op de korte en middellange termijn om geïmporteerde waterstofdragers in het achterland af te zetten, heeft negatieve impact op investeringsbeslissingen van bedrijven.

Tenslotte is het relevant om op te merken dat Duitse partijen naast lokale productie naar meerdere opties kijken om waterstof (dragers) te kunnen importeren. Naast de westelijke corridor vanuit Nederland zou er vanaf 2030/2031 import uit het noorden kunnen worden gerealiseerd zoals vanuit de Duitse havens en Denemarken¹⁰ waar aanzienlijke plannen voor wind op zee bestaan. Verder is er ook de corridor uit zuidwestelijke richting waar vanaf 2035 importstromen naar Duitsland verwacht worden. Voor Nederlandse partijen kan langdurige vertraging betekenen dat de afzetmarkt naar Duitsland al (grotendeels) verdeeld is wanneer zij de markt betreden.

Tegen deze achtergrond zijn een scenario voor 2030 en drie scenario's voor 2035 opgesteld die samen het speelveld afdekken waarbinnen de vraag- en importvolumes zich waarschijnlijk zullen bewegen. De scenario's zijn geen voorspellingen, maar samenhangende verhaallijnen die verschillen in marktomstandigheden, industriële ontwikkeling en investeringsbereidheid. Elk scenario is opgebouwd vanuit dezelfde structuur: beleidskaders, marktdynamiek, industriële ontwikkeling en de daaruit volgende implicaties voor volumes en waterstofdragers (zie figuur 3). In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens de overkoepelende uitgangspunten beschreven om vervolgens de scenario's toe te lichten.

¹⁰ Fraunhofer rapport met scenario's voor de opbouw van tarieven voor het Duitse waterstofnetwerk



Figuur 3 Schematisch overzicht referentiejaar en scenario's

2.2 Uitgangspunten en randvoorwaarden

De scenariostudie vertrekt vanuit een gedeelde set uitgangspunten die het huidige beleids- en marktlandschap weerspiegelen. Dit heeft betrekking op het concurrerend vermogen van RFNBO's in commerciële zin ten opzichte van alternatieven, bijmengverplichtingen en normerende eisen. Voor deze studie worden waterstof(dragers) zoveel mogelijk direct aan eindgebruik gekoppeld. Dit betekent dat volumes primair gebruikt worden ten behoeve van concrete toepassingen in bijvoorbeeld industrie of transport, en niet als autonome stromen.

Randvoorwaarden import, productie en conversie

De rol van import, binnenlandse productie en conversie wordt in deze studie primair bepaald door beleidsmatige definities, kostenverschillen tussen productieroutes en de mate van projectrijpheid van verschillende ketens. In lijn met de algemene uitgangspunten is verondersteld dat marktpartijen kiezen voor de meest kostenefficiënte route om aan verplichtingen te voldoen.

- Blauwe waterstof is niet geclassificeerd als RFNBO, waardoor er naar verwachting weinig nieuwe vraag en aanbod ontstaat. Het uitgangspunt is dat de toepassing hiervan beperkt blijft tot bestaande processen met CO₂-afvang.
- De productie van e-methanol en e-ammoniak in Nederland en de directe regio wordt niet realistisch geacht vanwege

concurrentie met goedkopere import. Eventuele vraag wordt dus volledig geïmporteerd.

- Elektrolysevermogen wordt per scenario vastgesteld. Tekorten aan RFNBO-(gasvormige)waterstof worden aangevuld via het kraken van ammoniak en methanol.
- Het kraken van ammoniak wordt als meer volwassen beschouwd dan LOHC, of het omzetten van LH₂ naar gasvormig. Hierdoor zijn stromen van de laatste twee genoemde dragers niet doorgerekend. Wel is er een gevoeligheidsanalyse toepast op het importeren en converteren van LH₂ en LOHC (zie hoofdstuk 3).
- E-methaan kan worden gekwalificeerd als RFNBO, maar vanwege een gebrek aan signalen voor grootschalige projecten, is deze route niet verder uitgewerkt. Wel wordt in hoofdstuk 5 (reflectie) kort stilgestaan bij de kwalitatieve impact op de import van alternatieven.

Randvoorwaarden infrastructuur

De beschikbaarheid van infrastructuur is een randvoorwaarde voor de ontwikkeling van vraag, import en doorvoer van waterstof(dragers). De focus van deze studie ligt op de vraag welke stromen onder welke voorwaarden kunnen ontwikkelen, zonder de optimalisatie van infrastructuur hierin mee te nemen. Zie hoofdstuk 5 voor een reflectie hierop.

- De waterstofbuisleidinginfrastructuur in Nederland en Duitsland wordt gerealiseerd conform de momenteel geldende plannen waarbij in 2031-2032 alle grote industriële clusters in Nederland met elkaar verbonden moeten zijn.
- De geplande buisleidingen beschikken over voldoende transportcapaciteit voor gasvormige waterstof in alle onderscheiden scenario's.
- De realisatie van regionale waterstofnetten wordt vóór 2035 niet verwacht, met uitzondering van het 'stijgende lijn'-scenario.

Randvoorwaarden transport

Voor transporttoepassingen wordt uitgegaan van technologieën en brandstofroutes die richting 2035 als haalbaar en beleidsmatig relevant worden beschouwd. De focus ligt daarbij op toepassingen die bijdragen aan het invullen van RFNBO-verplichtingen en waarvoor voldoende beleidszekerheid en

technologische rijpheid bestaat. Innovaties en alternatieve routes die zich mogelijk pas na 2035 manifesteren, of waarvoor nog geen duidelijke marktontwikkeling zichtbaar is, blijven buiten beschouwing.

- Voor de productie van e-SAF wordt uitgegaan van de Methanol-to-Jet-route waarvoor e-methanol (op basis van groene waterstof) de belangrijkste grondstof is, aangevuld met waterstof in het conversieproces.
- Voor de binnenvaart wordt tot en met 2035 geen inzet van ammoniak als brandstof verwacht, maar mogelijk worden methanol, waterstof via brandstofcellen of andere fossiele brandstoffen (vanuit de raffinageroute) ingezet.
- Voor de bunkering van zeeschepen wordt op de korte termijn primair methanol voorzien; ammoniak speelt aanvankelijk een aanvullende rol. Vanaf circa 2035 wordt een geleidelijke inhaalslag van ammoniak verwacht, met een dominantie richting 2050¹¹.

Randvoorwaarden industrie

Voor de industriële sector wordt uitgegaan van een kostengedreven en risicogedreven verduurzamingspad, waarbij bedrijven primair sturen op het behalen van emissiereducties tegen de laagst mogelijke kosten en met zo min mogelijk investeringsrisico. Het gebruik van RFNBO's vindt binnen dit kader alleen plaats wanneer daar expliciete beleidsprismen of financiële stimulansen tegenover staan en autonome vraagontwikkeling niet wordt verondersteld.

- CO₂-reductie wordt primair gerealiseerd via de goedkoopste opties, zoals CCS en elektrificatie, en in andere voorkomende gevallen blauwe waterstof. Zonder aanvullende stimulering leidt dit niet tot extra vraag naar RFNBO's.
- De recent aangekondigde vraagsubsidie voor het gebruik van RFNBO's resulteert in een aanvullende vraag naar gasvormige waterstof van gemiddeld ongeveer 32 ktpa tot en met 2035.

Randvoorwaarden buurlanden

De doorvoer van waterstof (dragers) naar onder andere Duitsland behelst mogelijk significante volumes. Daarom worden aparte randvoorwaarden voor onze buurlanden

vastgesteld waarbij wordt uitgegaan van een beleids- en marktcontext waarin verduurzaming van de industrie primair via subsidies en programma's wordt aangejaagd, en minder via bindende verplichtingen op bedrijfsniveau. De scenario's veronderstellen dat Duitsland zijn waterstofvraag ontwikkelt binnen een internationaal georiënteerd importmodel, waarbij meerdere aanvoeropties parallel worden benut. Verschillen met Nederland worden alleen expliciet gemaakt waar deze consequenties hebben voor volumes, routes of conversielocaties.

- Duitsland heeft geen expliciete verplichtingen voor industrieel gebruik. Daarom is voor het bepalen van de industriële vraag het uitgangspunt dat dezelfde verplichten gelden als voor Nederland, maar met de aanvulling dat projecten met IPCEI-subsidie gerealiseerd worden in sectoren waar nu nog geen waterstofverbruik is (en dus geen verplichting is).
- Waar mogelijk wordt de invulling van verplichtingen op dezelfde wijze gemodelleerd als in Nederland. Marktcondities worden daarbij grotendeels als vergelijkbaar verondersteld, tenzij specifieke omstandigheden aanleiding geven tot afwijkingen.
- In 2030 vinden er nog geen significante transporten (via buisleidingen) van gasvormige waterstof naar Duitsland plaats.
- Vanaf 2035 importeert Duitsland ongeveer 70% van het tekort aan gasvormige waterstof via buisleidingen.
- Duitsland importeert waterstof via meerdere corridors, waaronder de Noordzeecorridor (Nederland, België en Denemarken) en de zuidwestelijke corridor (Frankrijk, Spanje en Portugal). Nederland voorziet in ongeveer 30% van de buisleidingimport.
- Ammoniakkrakers worden zowel in het binnenland als in kustgebieden gerealiseerd. Ongeveer 50% van de conversiebehoefte wordt via Duitse havens ingevuld.
- De vraag naar waterstofdragers concentreert zich grotendeels in het Ruhrgebied. Vanwege de bestaande logistieke verwevenheid wordt in de scenario's verondersteld dat ongeveer 80% van de geïmporteerde waterstofdragers uit buurlanden via Nederland worden aangevoerd.

¹¹ Zie S&P Global (2025) [hier](#).

2.3 Aannames stromen richting 2030

Richting 2030 zijn volumes in grote mate vastgesteld of begrensd vanwege de Europese verplichtingen die bekend zijn en vanwege de ontwikkelfase van projecten (bijvoorbeeld FID, pre-FID of vergunningfase). Daarmee kent 2030 een beperktere onzekerheidsruimte dan latere jaren en is dit jaar gekozen als referentiemoment ten opzichte van de scenario's voor 2035.

Voor de totale productiecapaciteit aan elektrolyse worden enkel initiatieven meegenomen waarvoor definitieve investeringsbeslissingen zijn genomen of waarvoor subsidie is toegekend. Dit resulteert in een geprojecteerd opgesteld vermogen van ongeveer 1,16 GW waarbij is aangenomen dat ongeveer 150 MW niet tijdig gerealiseerd wordt. Hiermee komt het effectief beschikbare elektrolysevermogen voor 2030 uit op ongeveer 1 GW. Een deel van deze productie zal rechtstreeks naar België gaan, onder meer zoals aangekondigd binnen het ELYgator-project.

Aan de vraagzijde zijn RFNBO-verplichtingen als basis genomen voor industrie en transport zoals deze voor 2030 zijn vastgelegd. Er wordt geen additionele, vrijwillige vraag naar RFNBO's verondersteld. De industriële productie blijft in deze analyse op het huidige niveau, waardoor volumegroei uitsluitend voortkomt uit beleidsmatige verplichtingen en niet uit autonome expansie van industriële activiteiten.

Voor de transportsector is uitgegaan van een RFNBO-verplichting van 1% van het totale energieverbruik, waarbij dubbeltelling van toepassing is. Binnen deze opgave gelden subdoelen voor wegverkeer, binnenvaart en zeevaart. Daarnaast zijn aanvullende ophogingen meegenomen zoals benoemd in de Kamerbrief van juli 2025, waaronder ongeveer 2 PetaJoule (PJ) aan extra directe inzet in wegvoertuigen. Voor de luchtvaart zijn de verplichtingen vastgelegd op Europees niveau via ReFuelEU aviation. In totaal resulteert dit in een RFNBO-bijdrage van ongeveer 10% binnen de transportsector in 2030. De specifieke invulling per modaliteit is nader uitgewerkt in bijlage 1, aangezien dit detailniveau de leesbaarheid van het hoofdrapport zou beperken.

Voor 2030 kan de benodigde e-SAF die uit de verplichtingen volgt, lokaal op de Nederlandse markt worden geproduceerd. De daarvoor benodigde e-methanol wordt echter geïmporteerd, aangezien binnenlandse productie economisch niet realistisch wordt geacht en import concurrerender is.

De industrie heeft de verplichting om in 2030 4% van het huidige waterstofgebruik van RFNBO-oorsprong te laten zijn. Echter is de kunstmestsector voor ongeveer 60% van het verbruik vrijgesteld wat effectief neerkomt op een verplichting van 1,6%. Verder zien we in 2030 geen additionele vraag ontstaan naar waterstof voor toepassingen in de staalproductie, waar potentieel grote volumes naar zouden kunnen gaan.

Tenslotte wordt in 2030 gasvormige waterstof niet grootschalig naar Duitsland geëxporteerd omdat de DRC niet gereed is. De internationale rol van Nederland richt zich in deze periode daarom op met name waterstofdragers. Zo zal het merendeel van de geïmporteerde ammoniak en methanol via Nederland verlopen, waarmee het een belangrijke doorvoer- en importthub is voor Duitsland.

2.4 Status quo

Het 'status quo'-scenario tot 2035 beschrijft een ontwikkeling waarin de markt voor waterstof en waterstofdragers zich primair richt op het realiseren van vastgestelde Europese en nationale verplichtingen. Productievolumes nemen licht af in de chemische sector en kunstmestsector, de vraag naar waterstofdragers volgt in hoge mate de wettelijke minima en er wordt geen additionele vraag verondersteld boven op de wettelijke minima. De industriële structuren blijven grotendeels intact, maar fundamentele transformaties blijven uit.

Marktpartijen richten zich vooral op het voldoen aan compliance-eisen, terwijl hoge kosten, beperkte investeringsbereidheid en onzekerheid over toekomstige afname leiden tot uitstel of heroverweging van nieuwe projecten. Hierdoor blijven zowel de binnenlandse productie als de import van waterstofdragers beperkt in omvang en gericht op het strikt noodzakelijke.

Binnen de analyse voor 2035 fungeert dit scenario als referentiescenario. Het beschrijft een realistische, beleids-gedreven ondergrens voor de ontwikkeling van volumes, vervoerstromen en infrastructuurbehoefte waartegen de andere scenario's kunnen worden afgezet. Daarmee biedt het scenario een stabiel ijkpunt voor het beoordelen van de effecten van veranderende marktomstandigheden en beleidskeuzes.

Hierbij wordt voor de *aanbodzijde* uitgegaan van beperkte opschaling van binnenlandse elektrolysecapaciteit. Voor 2035 is verondersteld dat ongeveer de helft van de overheidsambitie

om 3 tot 4 GW elektrolyse te realiseren daadwerkelijk wordt ingevuld, wat neerkomt op 1,75 GW aan opgesteld vermogen. Het resterende tekort aan gasvormige waterstof wordt aangevuld via import van waterstofdragers waarbij deze studie primair uitgaat van het kraken van ammoniak.

De vraag naar waterstof(dragers) is gebaseerd op de *RFNBO-verplichtingen voor industrie en transport* zoals die voor 2035 worden verondersteld. Er ontstaat geen additionele vraag boven op deze wettelijke minima. Tegelijkertijd nemen de productievolumes in de chemische industrie en de kunstmestsector met ongeveer 20% af ten opzichte van 2024, wat de absolute vraag naar waterstof en afgeleiden verder dempt.

Voor de *transportsector* geldt dat er op Europees niveau nog geen expliciete RFNBO-verplichtingen voor 2035 zijn vastgelegd. In dit scenario wordt daarom uitgegaan van een opschaling van de oorspronkelijke verplichting van 1% naar 2,5%, gelijk aan het Duitse doel voor 2035. De dubbeltelling blijft daarbij in stand en de aanvullende ophogingen die voor 2030 zijn geïntroduceerd blijven gelden. Dit resulteert in een totale RFNBO-vraag in de transportsector van ongeveer 21 PJ in 2035, wat neerkomt op ongeveer een verdubbeling ten opzichte van 2030. De verdeling over de verschillende transportvormen is opgenomen in bijlage 1.

Voor *luchtvaartbrandstoffen* wordt verondersteld dat e-SAF uit andere werelddelen richting 2035 concurrerender wordt. In dit scenario wordt aangenomen dat grofweg de helft van de Nederlandse vraag naar e-SAF wordt geïmporteerd. Deze stroom maakt geen onderdeel uit van de verdere volumeberekeningen in deze studie, maar leidt indirect tot een lagere importbehoefte van e-methanol voor binnenlandse conversie.

De *industriële RFNBO-opgave* in dit scenario neemt toe naar 9,9% van het huidige waterstofverbruik. Door de blijvende vrijstelling van ongeveer 60% van het waterstofgebruik in de kunstmestsector blijft de effectieve verplichting echter beperkt. Verder wordt ook in dit scenario ervan uitgegaan dat toepassingen in de staalproductie, bijvoorbeeld Tata Steel, geen gebruik maken van groene waterstof.

In tegenstelling tot 2030 wordt in 2035 aangenomen dat Nederland Duitsland niet alleen voorziet van waterstofdragers, maar ook een rol krijgt in het leveren van gasvormige waterstof via buisleidingen. Dit impliceert dat er naast import en doorvoer ook additionele kraakcapaciteit in Nederland nodig is

om aan deze exportvraag te voldoen. De internationale rol van Nederland blijft daarmee functioneel en ondersteunend waarbij volumes groeien maar structurele schaalvergroting uitblijft.

2.5 Stijgende lijn

Het 'stijgende lijn'-scenario tot 2035 beschrijft een ontwikkeling waarin de randvoorwaarden voor waterstof en waterstofdragers zich geleidelijk verbeteren ten opzichte van het 'status quo'-scenario. Energieprijzen en investeringscondities ontwikkelen zich gunstiger, waardoor een deel van de projecten die eerder zijn uitgesteld alsnog tot uitvoering komen. De markt blijft in belangrijke mate verplichting-gedreven, maar in enkele sectoren ontstaat ruimte voor aanvullende verduurzaming boven op de huidige wettelijke vereisten.

Industriële structuren blijven ook in dit scenario grotendeels behouden. Er wordt geen structurele uitbreiding van energie-intensieve industrie verondersteld, maar er wordt ook geen krimp meer verwacht zoals voor sommige sectoren wel het geval is in het 'status quo'-scenario. Extra vraag naar waterstof en waterstofdragers ontstaat door lagere prijzen van waterstofdragers, additionele stimuleringsmaatregelen en schaalvoordelen.

Voor de analyse van deze studie toont het 'stijgende lijn'-scenario de bovengrens binnen een realistische bandbreedte: kosten dalen en investeringsvertrouwen neemt toe, maar een structurele groeisprong van de waterstofmarkt tot 2035 blijft uit.

Aan de *aanbodzijde* wordt uitgegaan van realisatie van de overheidsambitie van 3 tot 4 GW elektrolyse richting 2035. Het uitgangspunt dat voor deze studie wordt gehanteerd is dat ongeveer 3,5 GW elektrolysecapaciteit daadwerkelijk beschikbaar komt. Daarmee neemt de binnenlandse productie van gasvormige waterstof substantieel toe ten opzichte van het 'status quo'-scenario. Het resterende tekort aan gasvormige waterstof wordt ingevuld via import van ammoniak, die in Nederland wordt gekraakt. In dit scenario blijft ammoniak daarmee de belangrijkste aanvullende bron om vraag en aanbod te balanceren, ondanks de sterkere rol van binnenlandse elektrolyse.

De volumes aan de vraagkant worden in beginsel *gebaseerd op RFNBO-verplichtingen voor industrie en transport in 2035*. De basisvraag volgt daarmee de wettelijke opgave en er wordt

geen generieke additionele vraag naar RFNBO's verondersteld boven op deze verplichtingen. In tegenstelling tot het 'krimp zet door'-scenario blijven de productievolumes in de industrie in dit scenario gelijk aan het niveau van 2024, waardoor de vraagbasis stabiel is en de volumegroei primair wordt gedreven door hogere verplichtingen en aanvullende toepassingen binnen specifieke segmenten.

Voor de *transportsector* geldt dat er op Europees niveau nog geen expliciete RFNBO-verplichtingen voor 2035 zijn vastgelegd en dat ook nationaal nog geen definitieve verplichting is vastgesteld. In dit scenario wordt daarom, gelijk aan het Duitse doel, uitgegaan van een opschaling van de oorspronkelijke verplichting van 1% naar 2,5%. In tegenstelling tot 2030 wordt verondersteld dat de dubbeltelling wordt geschrapt, terwijl de aanvullende ophogingen die voor 2030 zijn geïntroduceerd in stand blijven. Dit resulteert in een totale RFNBO-vraag in transport van ongeveer 31 PJ in 2035, wat neerkomt op ongeveer een verdrievoudiging ten opzichte van 2030. De verdeling over de verschillende transportvormen is opgenomen in bijlage 1.

Voor de *luchtvaart* wordt verondersteld dat import van e-SAF uit andere werelddelen toeneemt, maar dat Nederland in dit scenario nog steeds een groot deel van de vraag zelf invult. Ongeveer 10% van de binnenlandse vraag naar e-fuels (waaronder SAF) wordt geïmporteerd terwijl de rest lokaal wordt geproduceerd. Ongeveer 80% van de Nederlandse vraag naar e-SAF wordt in 2035 binnenlands geproduceerd. Dit impliceert een blijvende behoefte aan (geïmporteerde) methanol als grondstof voor de Methanol-to-Jet route.

Voor de *industrie* blijft de RFNBO-opgave in 2035 gebaseerd op 9,9% van het huidige waterstofverbruik. De vrijstelling van ongeveer 60% van het waterstofgebruik in de kunstmestsector blijft van kracht, waardoor de effectieve verplichting beperkt blijft. In dit scenario wordt echter wel verondersteld dat de staalindustrie deels overstapt: Tata Steel voedt de geplande DRI-installatie voor ongeveer 20% met groene waterstof. Dit vormt een relevant verschil ten opzichte van het 'status quo'-scenario waarmee de vraag naar gasvormige waterstof stijgt.

Naast de vraag die primair door verplichtingen wordt gedreven, wordt in dit scenario verondersteld dat aanvullende stimuleringsmaatregelen, of een competitieve prijsontwikkeling van groene waterstof, leiden tot extra inzet van gasvormige waterstof. Zo zullen in hogere mate Cluster 6-bedrijven overstappen voor industriële warmte of wordt er meer grijze

waterstof vervangen door groene waterstof. Daarmee ontstaat additionele vraag buiten de huidige waterstofgebruikers¹².

Tenslotte blijft ook in dit scenario Nederland een doorvoerland richting *Duitsland* in de voorziening van gasvormige importbehoefte via buisleidingen. Door de hogere binnenlandse vraag en de additionele exportvraag richting Duitsland is in dit scenario meer kraakcapaciteit nodig dan in het 'status quo'-scenario. Dit vergroot de rol van Nederland als conversie- en doorvoerhub en heeft direct effect op de omvang en locatie van conversie-infrastructuur en bijbehorende logistieke stromen.

2.6 Krimp zet door

Het 'krimp zet door'-scenario tot 2035 beschrijft een ontwikkeling waarin de huidige druk op energie-intensieve industrie structureel aanhoudt. Een ongunstig investeringsklimaat, gekenmerkt door hoge energieprijzen, economische onzekerheid en internationale concurrentie, leidt tot versnelde afbouw van industriële activiteiten in Nederland en omliggende regio's. Nationale stimulering blijft beperkt en beleidsimplementatie verloopt traag, waardoor bestaande knelpunten onvoldoende worden weggenomen.

In dit scenario neemt de binnenlandse vraag naar waterstof en waterstofdragers structureel af. Industriële productievolumes dalen sterk, waardoor de waterstofvraag niet alleen beperkt blijft tot wettelijke minima, maar in absolute zin ook lager uitvalt dan in de andere scenario's. Nieuwe toepassingen blijven uit en investeringen in aanvullende verduurzaming worden uitgesteld of afgesteld. Om aan de verplichtingen te voldoen, groeit het relatieve belang van import van waterstofdragers en halffabricaten, terwijl de behoefte aan binnenlandse productiecapaciteit beperkt blijft.

De rol van havens verschuift in dit scenario richting een meer uitgesproken doorvoerfunctie, maar bij lagere absolute volumes dan in de andere scenario's voor 2035. De Nederlandse waterstofketen wordt daarmee smaller en minder geïntegreerd dan in eerdere toekomstbeelden met een focus op minimale compliance en logistieke afhandeling.

Binnen de analyse voor 2035 fungeert dit scenario als risicoscenario. Het maakt inzichtelijk wat de gevolgen zijn van structurele industriële krimp en toenemende

¹² Deze aanvullende vraag is hoger dan de vraagsubsidie. Om dubbeltelling te voorkomen is deze in dit scenario niet meer apart meegenomen.

importafhankelijkheid bij lagere volumes, en dient als contrasterend beeld ten opzichte van de meer stabiele of gunstigere ontwikkelpaden. Daarmee helpt het scenario om de robuustheid van beleidskeuzes en infrastructuurinvesteringen te toetsen onder ongunstige marktomstandigheden.

Aan de *aanbodzijde* wordt uitgegaan van een beperkte uitbreiding van binnenlandse elektrolysecapaciteit ten opzichte van 2030. Door een lichte stijging van de vraag naar gasvormige waterstof ten opzichte van het referentiejaar wordt aangenomen dat de elektrolysecapaciteit toeneemt tot ongeveer 1,3 GW in 2035. Deze groei blijft duidelijk achter bij de overheidsambities en bij de niveaus in de andere scenario's. Het resterende tekort aan gasvormige waterstof wordt ingevuld via import van ammoniak, die in Nederland wordt gekraakt.

De vraagontwikkeling is gebaseerd op de *RFNBO-verplichtingen voor industrie en transport* in 2035. Er ontstaat geen additionele vraag naar RFNBO's bovenop deze verplichtingen. De productievolumes in de chemische industrie en de kunstmestsector halveren ten opzichte van 2024, als gevolg van aanhoudend hoge energieprijzen in Europa en sterke concurrentie vanuit andere continenten. Hierdoor neemt de absolute vraag naar waterstof en waterstofdragers fors af.

Voor de *transportsector* geldt, net als in het 'status quo'-scenario, dat er op Europees en nationaal niveau nog geen expliciete RFNBO-verplichtingen voor 2035 zijn vastgesteld. In dit scenario wordt daarom uitgegaan van een gelijke invulling als in het 'status quo'-scenario. De verdeling over de verschillende transportvormen is opgenomen in bijlage 1.

Voor *luchtvaartbrandstoffen* geldt dat productie van e-SAF in Nederland en Duitsland in dit scenario niet concurrerend is. Na 2030 nemen de binnenlandse productievolumes nauwelijks toe. Naar verwachting wordt ongeveer 90% van de vraag naar e-fuels ingevuld via import. Dit resulteert hoofdzakelijk in importstromen van synthetische kerosine naar Nederland, die buiten de scope van deze studie vallen en daarom niet verder zijn meegenomen in de volumeberekeningen.

Voor de *industrie* blijft de RFNBO-opgave formeel gelijk aan 9,9% van het huidige waterstofverbruik, met een blijvende vrijstelling van ongeveer 60% voor de kunstmestsector. Door de sterke krimp van industriële activiteiten ontstaat echter geen additionele vraag en blijft de absolute omvang van de industriële waterstofvraag beperkt.

Tenslotte wordt ook in dit scenario aangenomen dat Nederland een doorvoerland richting *Duitsland* blijft voor gasvormige waterstof via buisleidingen. Door de lagere totale volumes blijft deze exportfunctie beperkt van omvang en leidt deze niet tot grootschalige uitbreiding van conversie- of infrastructuurcapaciteit in Nederland.

2.7 Vergelijking van scenario's en referentiejaar 2030

Om de ontwikkelingen richting 2030 en de drie scenario's voor 2035 onderling goed te kunnen vergelijken, zijn in figuur 4 de belangrijkste uitgangspunten en aannames naast elkaar gezet. Het referentiejaar 2030 fungeert daarbij als vast ijkpunt met een beperkte onzekerheidsruimte, terwijl de scenario's voor 2035 de bandbreedte laten zien waarbinnen volumes en stromen zich plausibel kunnen ontwikkelen.

De vergelijking maakt inzichtelijk hoe verschillen in marktomstandigheden, beleidsimplementatie en industriële ontwikkeling doorwerken in de omvang en samenstelling van de vraag, de rol van binnenlandse productie en import, en de betekenis van Nederland als doorvoer- en conversieland. De gehanteerde uitgangspunten zijn nader uitgewerkt en onderbouwd in bijlage 1.

	2030	STATUS QUO	STIJGENDE LIJN	KRIMP ZET DOOR	
Transport	RFNBO-verplichting	~1% - 10,6 PJ	~2,5% - 21,0 PJ	~5% - 30,8 PJ	~5% - 21,0 PJ
	RFNBO-verplichting land	2 PJ directe inzet H ₂ , restant: Raffinageroute (80%) E-methanol bijmengen (15%)		2 PJ directe inzet H ₂ , restant: Raffinageroute (90%) E-methanol bijmengen (10%)	2 PJ directe inzet H ₂ , restant: Raffinageroute (80%) E-methanol bijmengen (15%)
	RFNBO-verplichting binnenvaart	Raffinageroute (40%) Directe inzet H ₂ (50%) E-methanol bunkeren (10%)	Raffinageroute (40%) Directe inzet H ₂ (40%) E-methanol bunkeren (20%)	Raffinageroute (50%) Directe inzet H ₂ (40%) E-methanol bunkeren (10%)	Raffinageroute (30%) Directe inzet H ₂ (20%) E-methanol bunkeren (50%)
	RFNBO-verplichting zeevaart	Raffinageroute (50%) E-methanol bunkeren (40%) E-NH ₃ bunkeren (10%)	Raffinageroute (40%) E-methanol bunkeren(40%) E-NH ₃ bunkeren(20%)	Raffinageroute (50%) E-methanol bunkeren(30%) E-NH ₃ bunkeren(20%)	Raffinageroute (10%) E-methanol (70%) E-NH ₃ (20%)
	RFNBO-verplichting luchtvaart E-SAF E-fuelproductie	Productie in NL E-methanol (80%), waterstof (g) (20%) Proces voor e-SAF (90%) en synthetische diesel (10%)	Import e-fuels (50%)	Import e-fuels (20%)	Import e-fuels (80%)
Industrie	RFNBO-verplichting	Huidig H ₂ -verbruik (4%) Vrijstelling kunstmest (60%)	Huidig H ₂ -verbruik (9,9%) Vrijstelling kunstmest (60%)		
	RFNBO-verplichting luchtvaart E-SAF E-fuelproductie	Huidige ketens Productievolume gelijk Groen H ₂ vervangt grijze H ₂	Huidige ketens Productievolume (-20%)	Vergroening ketens Productievolume gelijk Invulling verplichting door H ₂ (80%), e-methanol (20%)	Deel ketens verdwijnt Eindgebruik H ₂ (-50%) Groene H ₂ vervangt grijze H ₂
	Staalproductie	Geen eindgebruik / verplichting		20% nieuwe DRI-plant Tata Steel met H ₂	Geen eindgebruik / verplichting
	Ammoniak en kunstmest Verplichting	Productievolume ongewijzigd Import e-NH ₃	Productievolume (-20%)	Productievolume ongewijzigd	Productievolume (-50%)
	Overige gebruik industrie	Restroom overig H ₂ gebruik vraagsubsidie (≈32 ktpa)		Restroom overig H ₂ gebruik vraagsubsidie (≈32 ktpa) H ₂ voor warmte Cluster 6 -2030	Restroom overig H ₂ gebruik vraagsubsidie (≈32 ktpa)
	Overige sectoren	Elektriciteitsproductie	Geen eindgebruik		2 TWh piekvoorziening, 50% groen
Bijmengen gasnet		Geen verplichting, niet aanwezig			
Warmte gebouwde omgeving		Geen verplichting, geen significant volume			
Productie, import en export	Elektrolyse	1 GW – 93 ktpa	1,75 GW – 165 ktpa	3,5 GW – 329 ktpa	1,3 GW – 118 ktpa
	Conversie naar gasvormig	100% NH ₃ , kwalitatieve beschouwing andere mix dragers			
	Productie van dragers	Geen significante productie van e-NH ₃ en e-methanol in Nederland			
	Importverwachting	Volgt uit eindgebruik drager + conversie naar gasvorming			
Duitsland	RFNBO-verplichting transport	1,2% – 28,6 PJ	2,5% – 66,1 PJ		
		Invulling verplichting: Zelfde aanpak als Nederland			
	RFNBO verplichting industrie	Zelfde als in Nederland (4%)	Zelfde als in Nederland (9,9%)		
	Staalproductie	1 ^e fase Salzgitter (9ktpa)	Lichte opschaling	20% van potentieel	Geen toename t.o.v. 2030
	Additionele vraag industrie	Geen vraag		10% van potentieel	Geen vraag
	Overige sectoren	Volgt zoveel mogelijk dezelfde lijn als Nederland			
	Elektrolyse	2 GW – 188 ktpa	4 GW – 376 ktpa	8 GW – 753 ktpa	3 GW – 282 ktpa
	Import dragers	Duitse havens bedienen de vraag voor bunkering en (50%) conversiebehoefte, buurlanden (20%) en Nederland (80%) voorzien in restant			
Import pijpleiding (gasvormig)	Geen import via buisleiding		70% van gasvormig tekort wordt geïmporteerd via buisleidingen Nederland voorziet eenderde van gasvormige behoefte, tweederde komt uit andere buurlanden van Duitsland		

Figuur 4 Overzicht van de belangrijkste uitgangspunten per scenario



HOOFDSTUK 3

Volumes en stromen

Dit hoofdstuk vertaalt de scenario's en gevoeligheidsanalyses naar een concreet volumebeeld voor 2030 en 2035 en maakt inzichtelijk hoe vraag, aanbod, import, conversie en doorvoer van waterstof(dragers) zich onder verschillende aannames ontwikkelen. Daarmee vormt het een kwantitatieve basis om in de volgende hoofdstukken de ruimtelijke, logistieke en veiligheidsimplicaties van de meest relevante stromen gericht te analyseren.

Leeswijzer hoofdstuk 3

Hoofdstuk 3 is een lang en uitgebreid hoofdstuk. Daarom schetsen we hier de structuur van dit hoofdstuk. In paragraaf 3.1 en paragraaf 3.2 beschrijven we de volumes voor de projectie in 2035 en drie scenario's in 2035. In paragraaf 3.3 presenteren we de gevoeligheidsanalyses om de onzekerheden in de scenario's te toetsen en met bandbreedtes onze resultaten te nuanceren. In paragraaf 3.4 vergelijken we de volumes van deze studie met de vorige Volumestudie (2023). Tot slot beschouwen we in paragraaf 3.5 en 3.6 hoe de volumes als (transport)stromen in, uit en door Nederland heen gaan.

Disclaimer:

De in dit hoofdstuk genoemde volumes betreffen uitsluitend RFNBO-waterstof(dragers). Deze volumes zijn dus voornamelijk aanvullend op de bestaande fossiele volumes en zijn dus geen weerspiegeling van totale stromen aan waterstof(dragers). Dit geldt uiteraard niet in gevallen waarin RFNBO-waterstof wordt ingezet ter vervanging van fossiele waterstof.

De grootste *gasvormige* stroom loopt via de raffinageroute (41 ktpa) en naar directe inzet bij zwaar wegvervoer (17 ktpa). Daarnaast zal de RFNBO-verplichting voor de industrie zorgen voor een vraag van 9 ktpa, die zal worden vergroot met vraagcreërende subsidies tot 33 ktpa. Daarnaast wordt *methanol* bijgemengd in conventionele brandstoffen, wat goed is voor ongeveer 76 ktpa methanol. Voor de bunkering van zeeschepen zal voor 35 ktpa methanol worden ingezet. De productie van synthetische kerosine voor de luchtvaart via de Methanol-to-Jet route, zal zorgen voor een vraag van 44 ktpa.

De vraag naar RFNBO *ammoniak* zal hoofdzakelijk bestaan uit vraag als grondstof vanuit de ammoniak- en kunstmestproductie (33 ktpa) en een relatief kleine stroom bunkerbrandstof in de zeevaart (9 ktpa), waar methanol op korte termijn dominant zal zijn.

Samen vormen deze stromen een divers maar coherent beeld: de transportsector benut waterstof(dragers) niet via één dominante route, maar via meerdere parallelle toepassingen. Dit zorgt voor een totale vraag van 82 ktpa aan waterstofequivalenten voor de transportsector. De totale industriële vraag bedraagt ongeveer 38 ktpa waterstofequivalent.

De binnenlandse *productie* van gasvormige waterstof bedraagt in 2030 waarschijnlijk ongeveer 94 ktpa, gebaseerd op een effectief beschikbaar vermogen van 1 GW aan elektrolyse. Dit zal waarschijnlijk niet voldoende zijn om aan de totale Nederlandse vraag te voldoen, waardoor *import* van waterstofdragers structureel noodzakelijk zal zijn. Dit leidt tot importstromen via de Nederlandse zeehavens van ongeveer 247 ktpa ammoniak en 378 ktpa methanol. Hiervan wordt 73 ktpa ammoniak gekraakt naar gasvormige waterstof voor de Nederlandse markt. Een substantieel deel van de import is echter niet bestemd voor de Nederlandse markt: ongeveer 131 ktpa ammoniak en 216 ktpa methanol wordt doorgevoerd naar Duitsland (totaal 51 ktpa waterstofequivalent), dat in 2030 nog sterk afhankelijk is van doorvoer van waterstofdragers voor conversie omdat infrastructuur voor gasvormige doorvoer nog niet of beperkt beschikbaar is. Gasvormige waterstof wordt daardoor in 2030 nog niet grootschalig naar Duitsland geëxporteerd.

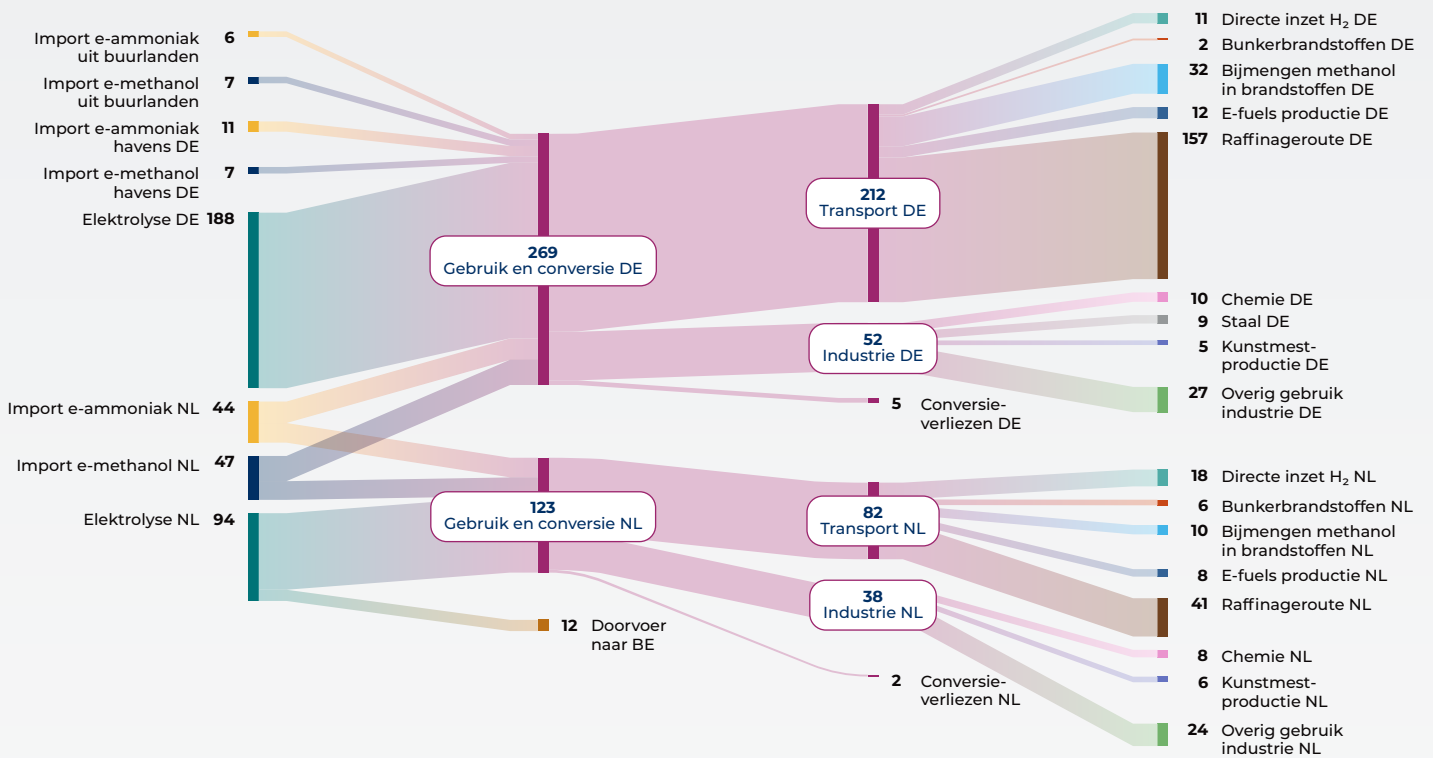
Het Sankeydiagram in Figuur 5 toont de nieuwe vraag en aanbod van RFNBO-waterstof en waterstofdragers voor 2030. Alle stromen zijn uitgedrukt in waterstofequivalenten. Aan de linkerkant is de lokale productie (elektrolyse) en import te zien. De rechterkant toont het eindgebruik per sector in Nederland en Duitsland.

3.1 Projectie 2030

Het referentiejaar 2030 kent een beperktere onzekerheidsruimte dan de scenario's voor 2035, omdat de vraag grotendeels wordt bepaald door projecten waarvoor een definitieve investeringsbeslissing is genomen en/of subsidie is toegekend. De basis hiervoor volgt uit de eerder vastgestelde RFNBO-verplichtingen.

De totale binnenlandse vraag bedraagt ongeveer 121 ktpa in waterstofequivalent¹³, waarvan 93 ktpa bestaat uit gasvormige waterstof die voor een groot deel zal worden gebruikt als vervanging van grijze waterstof bij raffinage. Daarnaast zal de vraag naar waterstofdragers voornamelijk bestaan uit methanol (161 ktpa) en ammoniak (42 ktpa). De hoge fysieke volumes aan dragers worden verklaard doordat slechts een deel van hun massa uit waterstof bestaat. De transportsector wordt in 2030 de grootste afnemer van waterstofdragers, gedreven door een combinatie van verplichtingen die elk een eigen invulling kennen.

¹³ Waterstofequivalent = de hoeveelheid waterstof in een drager. In dit geval is 'de totale binnenlandse vraag' uitgedrukt in waterstofequivalent, oftewel de totale hoeveelheid waterstof in alle dragers.



Figuur 5 Nieuwe stromen van groene waterstofdragers richting 2030 uitgedrukt in ktpa H₂,eq

3.2 Scenario's tot 2035

In paragraaf 3.2 worden de volumes voor de 2035-scenario's beschreven. De volumes worden minder uitgebreid toegelicht dan in de projectie voor 2030. Voor het 'status quo'-scenario worden namelijk uitsluitend de significante veranderingen ten opzichte van 2030 gepresenteerd. In de scenario's 'stijgende lijn' en 'krimp zet door' worden de grootste verschillen ten opzichte van het 'status quo'-scenario toegelicht, volgend uit de verschillende narratieven. Het volledige overzicht van de volumes wordt weergegeven in de Sankey-diagrammen.

3.2.1 Nederland

Ontwikkeling van de vraag tot 2035

De binnenlandse vraag naar waterstofdragers in Nederland ontwikkelt zich vanuit een relatief zeker uitgangspunt in 2030 en wordt op basis daarvan doorgetrokken richting 2035. In alle beschouwde scenario's tot 2035 wordt de Nederlandse vraag gedragen door gasvormige waterstof, methanol, en in mindere mate ammoniak. Vloeibare waterstof (LH₂) en LOHC's spelen vanwege de lagere volwassenheid een minder waarschijnlijke rol en zijn daarom niet bepalend voor de volumebeelden. Momenteel is er meer aanbod aan importprojecten dan de vraag naar geïmporteerde waterstof. De goedkoopste en meest volwassen projecten krijgen dan doorgang. Daarom zullen LOHC's en LH₂ het op korte termijn waarschijnlijk afleggen tegen ammoniak. In de gevoeligheidsanalyse wordt het gebruik van LH₂ en LOHC's als drager voor conversie verkend.

In 2030 bedraagt de totale Nederlandse vraag (waterstofgas en waterstofdragers) ongeveer 121 ktpa waterstof-equivalenten). Deze volumes zijn in hoge mate gebaseerd op concrete projecten waarvoor investeringsbeslissingen zijn genomen of die zich in een vergevorderd stadium van besluitvorming bevinden, waardoor de onzekerheidsmarge voor 2030 beperkt is.

Richting 2035 divergeert het beeld per scenario sterk. Hieronder gaan we in op de drie scenario's die de randen van de mogelijke bandbreedtes aangeven.

'Status quo'-scenario

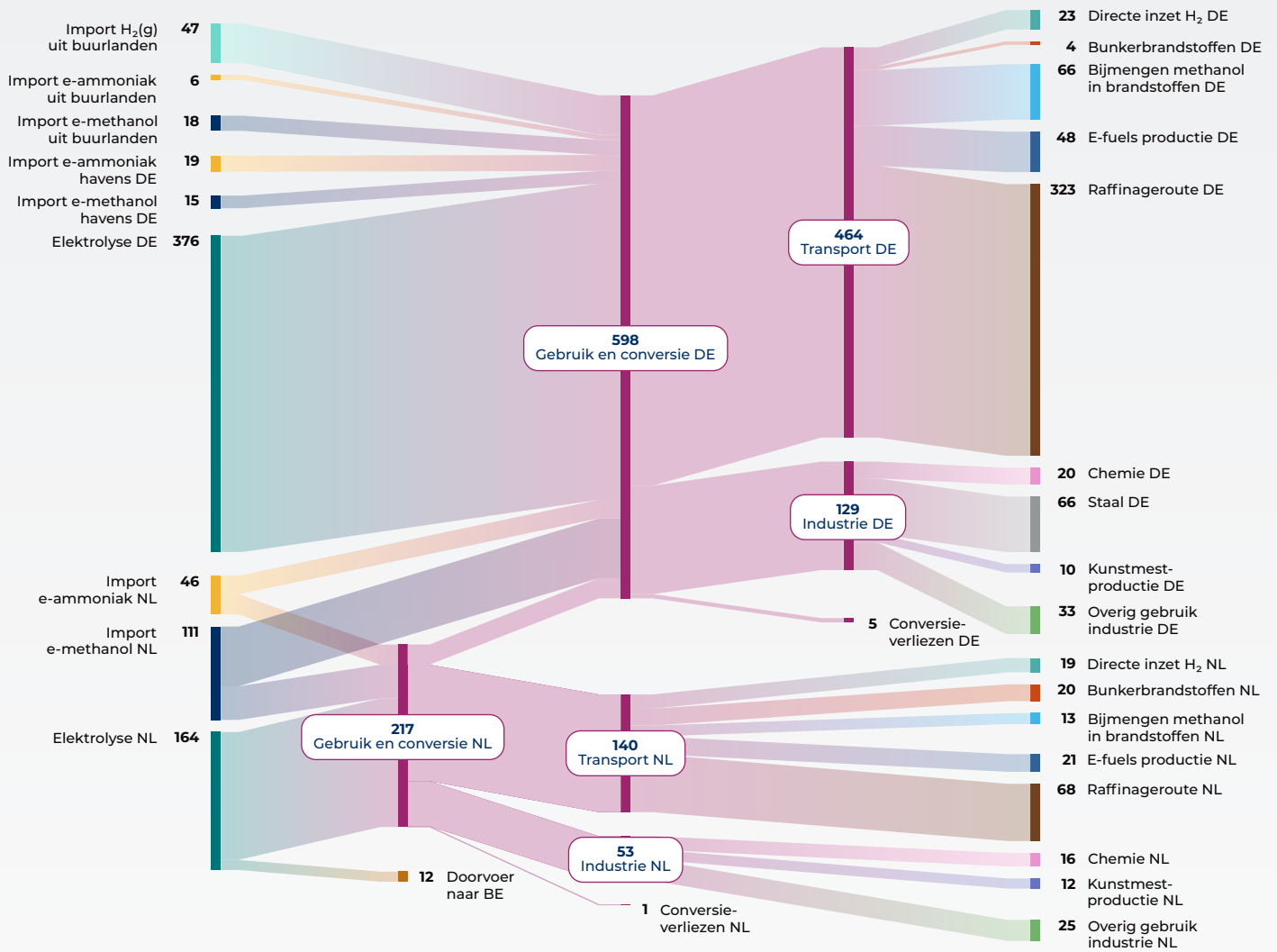
In het 'status quo'-scenario groeit de Nederlandse vraag slechts beperkt door tot ongeveer 193 ktpa waterstofequivalenten. Deze groei wordt grotendeels gedragen door een verdere toename van gasvormige waterstof (133 ktpa), terwijl de vraag naar methanol (321 ktpa) en ammoniak (112 ktpa) eveneens stijgt, maar in mindere mate.

De vraag naar gasvormige waterstof volgt vooral de uitbreiding van bestaande industriële toepassingen uit de projectie voor 2030. De samenstelling van de vraag naar waterstofdragers blijft ook vergelijkbaar: methanol blijft de dominante drager; ammoniak vervult een aanvullende rol, maar begint wel aan een inhaalslag als bunkerbrandstof in de zeevaart.

Dit zorgt voor een totale vraag van 140 ktpa aan waterstof-equivalenten voor de transportsector. De totale industriële vraag bedraagt ongeveer 53 ktpa waterstofequivalent.

De binnenlandse productie van gasvormige waterstof bedraagt in het 'status quo'-scenario 165 ktpa, gebaseerd op een effectief beschikbaar vermogen van 1,75 GW aan elektrolyse. Een groeiende waterstofvraag leidt tot importstromen via de Nederlandse zeehavens van ongeveer 261 ktpa ammoniak en 888 ktpa methanol. De doorvoer van ammoniak naar Duitsland neemt af ten opzichte van de projectie voor 2030, omdat Duitsland na 2030 gasvormige waterstof uit buurlanden kan importeren, onder andere via de DRC. Daardoor ontstaat ook de mogelijkheid om in Nederland ammoniak te kraken voor gasvormige toepassingen in Duitsland.

Het Sankey-diagram in Figuur 6 toont de nieuwe vraag en het nieuwe aanbod van RFNBO-waterstof en waterstofdragers in het 'status quo'-scenario. Alle stromen zijn uitgedrukt in waterstofequivalenten. Aan de linkerkant is de lokale productie (elektrolyse) en de import te zien. De rechterkant toont het eindgebruik per sector in Nederland en Duitsland. In dit diagram is nu ook een stroom van 'gebruik en conversie NL' naar 'Gebruik en conversie DE' te zien. Dit is doorvoer van gasvormige waterstof van Nederland via buisleidingen naar Duitsland.



Figuur 6 Nieuwe stromen van groene waterstofdragers in het scenario 'status quo' uitgedrukt in ktpe H₂,eq

‘Stijgende lijn’-scenario

In het scenario ‘stijgende lijn’ loopt de binnenlandse vraag op tot ongeveer 396 ktpa waterstofequivalenten. Dit volume bestaat vooral uit een groot aandeel gasvormige waterstof (309 ktpa). Ook de vraag naar ammoniak (ongeveer 175 ktpa) en methanol (442 ktpa) groeit substantieel.

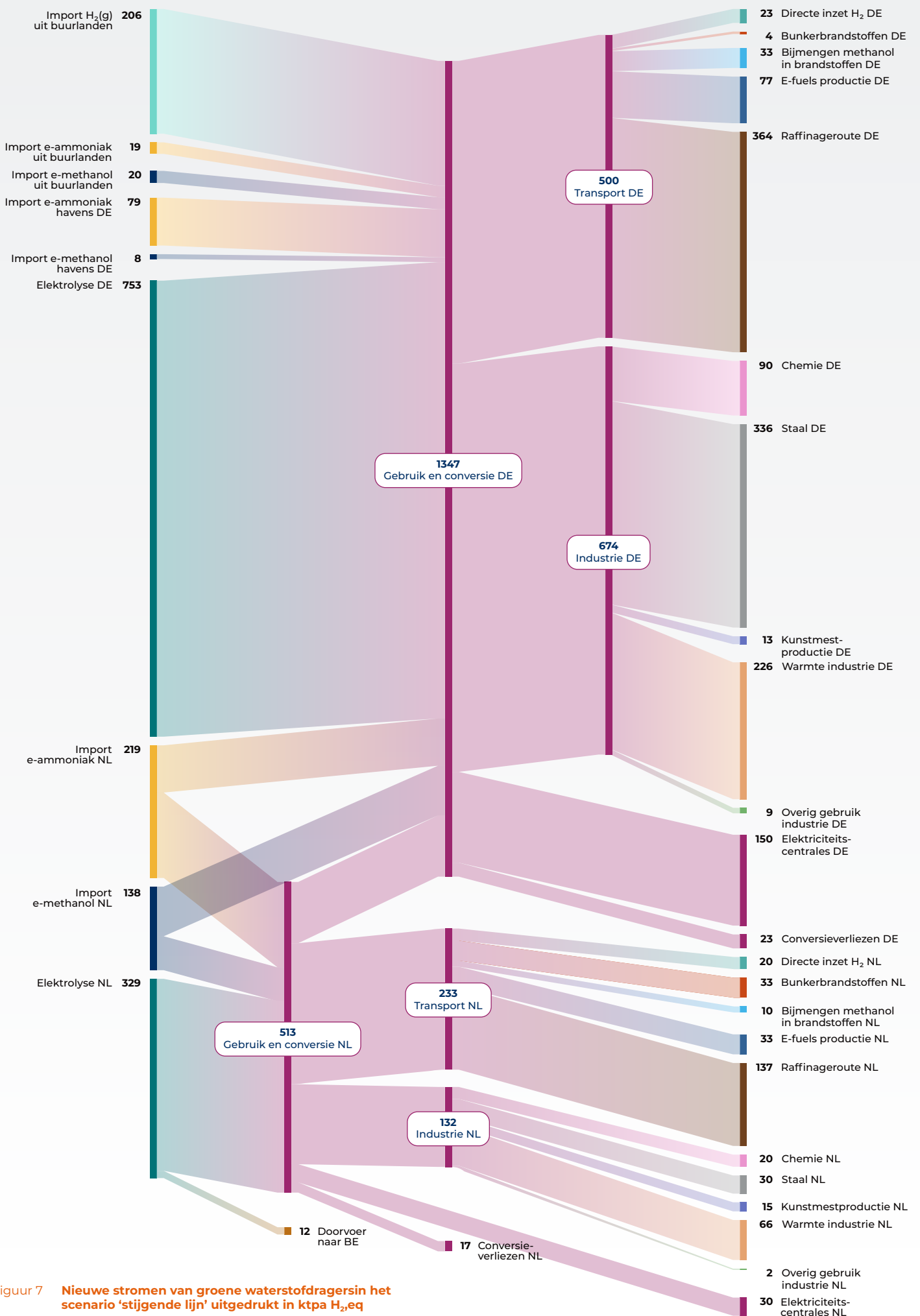
Net als in het ‘status quo’-scenario groeit de vraag naar gasvormige waterstof in sectoren waar het in 2030 ook een rol speelt, met de raffinagesector als grootste gebruiker (137 ktpa). Echter komt in het ‘stijgende lijn’-scenario ook een vraag tot stand vanuit additionele industriële toepassingen, zoals warmtetoepassingen in de (Cluster 6-)industrie (66 ktpa), bij DRI-installaties binnen de staalindustrie (30 ktpa) en als brandstof in elektriciteitscentrales (30 ktpa). Voor methanol komt een additionele vraag vanuit de chemische industrie tot stand (32 ktpa) bij het ontstaan van nieuwe ketens. Voor ammoniak zien we alleen een toenemende vraag ontstaan vanuit de sectoren waar het in 2030 al een rol speelt, namelijk vanuit de ammoniak- en kunstmestproductie en als bunkerbrandstof in de zeevaart.

Dit zorgt voor een totale vraag van 233 ktpa aan waterstofequivalenten voor de transportsector.

De totale industriële vraag bedraagt ongeveer 132 ktpa waterstofequivalenten. De overige vraag bedraagt 30 ktpa (elektriciteitscentrales).

De binnenlandse productie van gasvormige waterstof bedraagt in het ‘stijgende lijn’-scenario 329 ktpa, gebaseerd op 3,5 GW aan elektrolyse. Importstromen via de Nederlandse zeehavens groeien tot ongeveer 1230 ktpa ammoniak en 1093 ktpa methanol. We zien hier een aanzienlijke groei van geïmporteerde ammoniak tot stand komen, waarvan ongeveer de helft wordt gekraakt tot gasvormige waterstof. Ongeveer 438 ktpa ammoniak en 651 ktpa methanol wordt doorgevoerd naar Duitsland. De doorvoer van gasvormige waterstof naar Duitsland bedraagt 101 ktpa.

Het Sankey-diagram in Figuur 7 toont de nieuwe vraag en het nieuwe aanbod van RFNBO-waterstof en waterstofdragers in het ‘stijgende lijn’-scenario. Alle stromen zijn uitgedrukt in waterstofequivalenten. Aan de linkerkant is de lokale productie (elektrolyse) en import te zien. De rechterkant toont het eindgebruik per sector in Nederland en Duitsland.



Figuur 7 Nieuwe stromen van groene waterstofdragers in het scenario 'stijgende lijn' uitgedrukt in ktpe H₂,eq

'Krimp zet door'-scenario

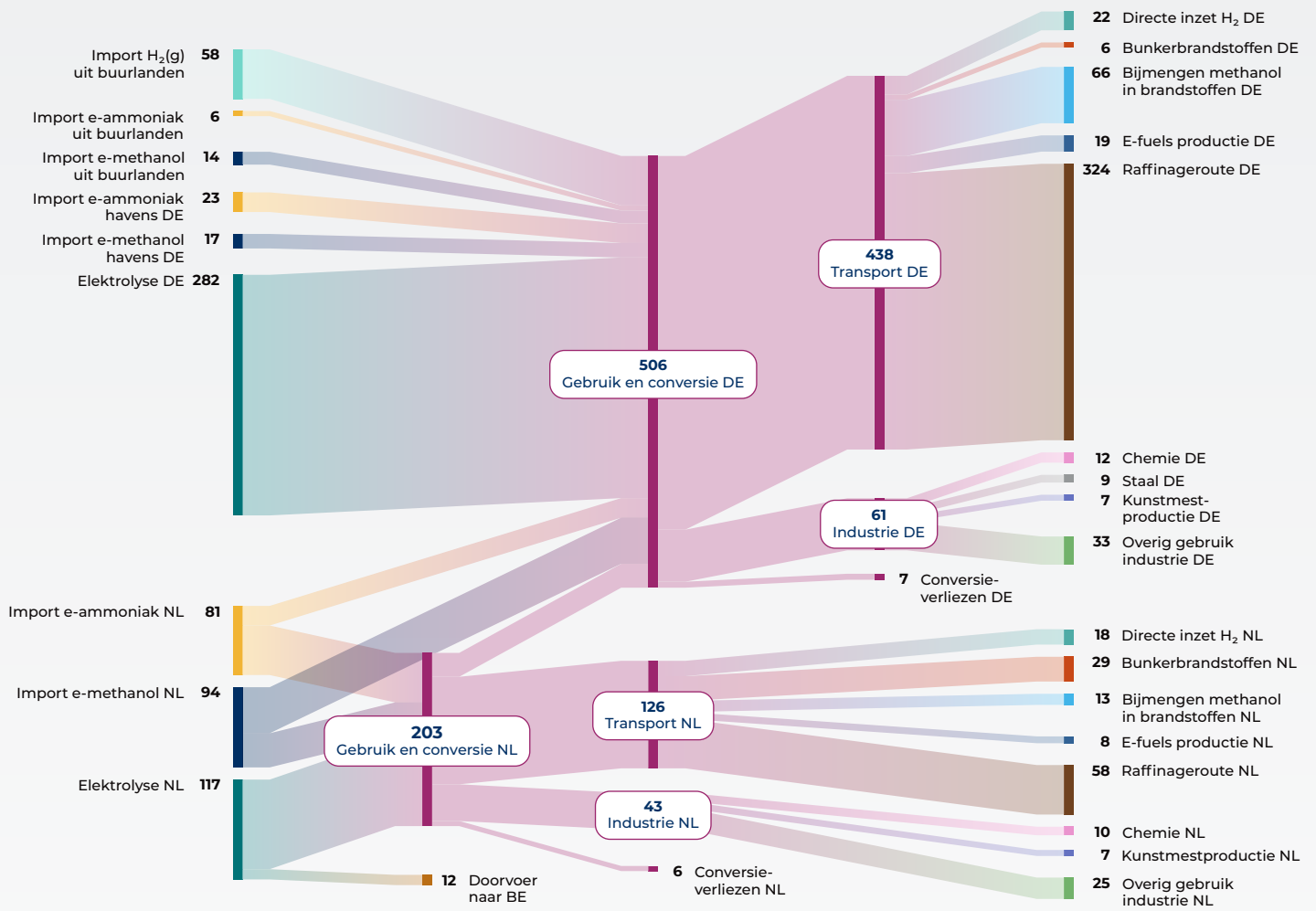
In het 'krimp zet door'-scenario neemt de Nederlandse vraag naar waterstof(dragers) slechts toe tot 169 ktpa waterstofequivalenten. Ook hier domineert gasvormige waterstof (113 ktpa). De vraag naar ammoniak blijft beperkt (87 ktpa). Toch is de methanolvraag relatief hoog (321 ktpa) om aan de in 2035 geldende RFNBO-verplichtingen te kunnen voldoen.

Ten opzichte van de projectie voor 2030 groeit de vraag naar gasvormige waterstof hier nauwelijks. Alleen in de raffinagesector (58 ktpa) is er een groei te verwachten ten opzichte van 2030 (41 ktpa). In het 'krimp zet door'-scenario komt geen vraag tot stand vanuit additionele industriële toepassingen ten opzichte van 2030. Voor methanol bestaat de groeiende vraag ten opzichte van 2030 vooral uit een groeiende vraag voor toepassing als bunkerbrandstof (151 ktpa), aangezien de ontwikkeling van methanol als bunkerbrandstof in dit scenario nog ver vooruitloopt op de ontwikkeling van ammoniak. Toch zorgt de inzet van ammoniak als bunkerbrandstof voor de grootste ammoniakvraag (46 ktpa), gevolgd door de ammoniak- en kunstmestsector, waar nauwelijks groei optreedt (41 ktpa).

Dit zorgt voor een totale vraag van 126 ktpa aan waterstofequivalenten voor de transportsector. De totale industriële vraag bedraagt ongeveer 43 ktpa waterstofequivalenten.

De binnenlandse productie van gasvormige waterstof bedraagt in het 'krimp zet door'-scenario 118 ktpa, gebaseerd op een vermogen van 1,25 GW aan elektrolyse. Wegens de zeer beperkte groei aan elektrolysecapaciteit zal er zwaar op import worden geleund om aan verplichtingen te kunnen voldoen. Dit resulteert in 454 ktpa import aan ammoniak en 753 ktpa methanol. Ongeveer 128 ktpa ammoniak en 432 ktpa methanol wordt doorgevoerd naar Duitsland.

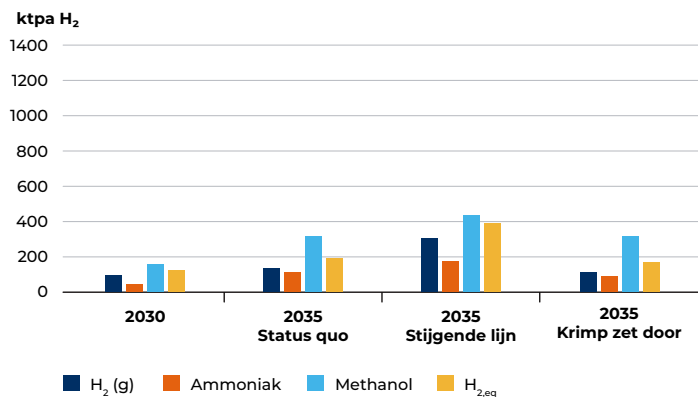
Het Sankey-diagram in Figuur 8 toont de nieuwe vraag en het nieuwe aanbod van RFNBO-waterstof en waterstofdragers in het 'krimp zet door'-scenario. Alle stromen zijn uitgedrukt in waterstofequivalenten. Aan de linkerkant is de lokale productie (elektrolyse) en import te zien. De rechterkant toont het eindgebruik per sector in Nederland en Duitsland.



Figuur 8 Nieuwe stromen van groene waterstofdragers in het scenario 'krimp zet door' uitgedrukt in ktpe H₂,eq

Binnenlandse productie en import waterstofdragers

De vraag naar waterstof(dragers) in Nederland hangt vooral af van het eindproduct waarvoor ze worden gebruikt, zoals methanol of ammoniak. Niet de waterstof zelf, maar deze toepassingen bepalen de benodigde hoeveelheid en richting van de waterstofstromen. Ook speelt mee of waterstofdragers direct als eindproduct worden gebruikt of eerst worden omgezet naar waterstof.

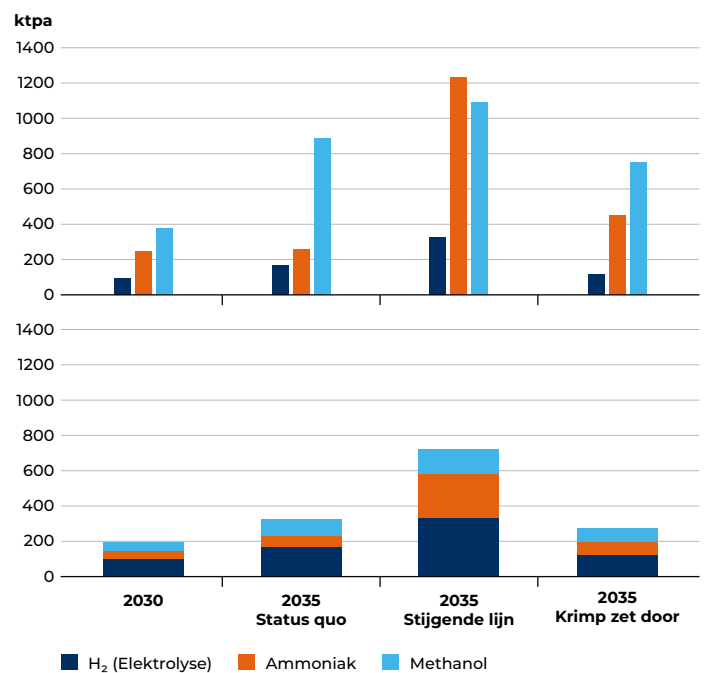


Figuur 9 Vraag naar waterstofrijke energiedragers in Nederland (H_{2,eq} = waterstofequivalent, de hoeveelheid waterstof in alle dragers voor het betreffende scenario).

Figuur 9 toont de vraag naar waterstofrijke energiedragers in Nederland. De Nederlandse vraag bestaat tot 2035 hoofdzakelijk uit waterstofdragers met een eigen eindmarkt, waarbij met name methanol en in mindere mate ammoniak volumebepalend zijn:

- Ammoniak heeft meerdere rollen: grondstof (kunstmest, chemie), brandstof, en drager voor conversie naar gasvormige waterstof. De vraag als grondstof is relatief laag vanwege onder andere de uitzondering van 60% voor RFNBO gebruik bij kunstmestproductie.
- Methanol vormt in alle scenario's (in totale ktpa's) de grootste volumestroom, vooral als grondstof in chemie en brandstoftoepassingen.
- In het stijgende lijn scenario is er veel ammoniak voor conversie nodig omdat de productie van gasvormige waterstof uit de pas loopt met de vraag (zie verschil Figuur 9 en Figuur 10).
- Ammoniak wordt voorzien als dominante drager voor conversie, de rol voor LOHC en LH₂ lijkt op deze termijn minder waarschijnlijk.

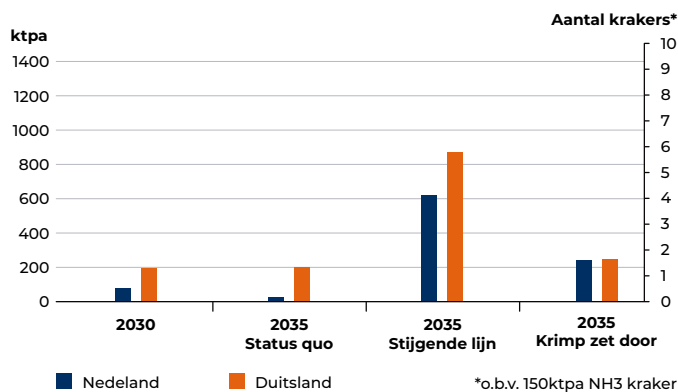
Wanneer deze vraag (Figuur 9) wordt afgezet tegen het beschikbare aanbod uit binnenlandse elektrolyse en import van waterstofdragers (zie Figuur 10), ontstaat een beeld waarin aanbod en vraag zich in dezelfde orde van grootte bewegen, maar niet een-op-een aan elkaar zijn toe te wijzen. Dat komt doordat geïmporteerde dragers niet automatisch bedoeld zijn om binnen Nederland als waterstof te worden ingezet, en binnenlands geproduceerde waterstof niet per definitie leidt tot minder import van dragers. De data laten zien dat elektrolyse en import parallel kunnen groeien, omdat zij verschillende functies vervullen binnen het systeem.



Figuur 10 Elektrolyse en import van waterstofdragers in Nederland per scenario. De bovenste grafiek toont de hoeveelheid geproduceerde waterstof of geïmporteerde drager. In de onderste grafiek wordt de hoeveelheid waterstofequivalent per scenario getoond.

De rol van kraakcapaciteit vormt hierbij een belangrijke schakel. Het kraken van ammoniak naar waterstof vindt alleen plaats wanneer daar een expliciete eindvraag voor bestaat en wanneer dit economisch aantrekkelijker is dan alternatieven zoals vloeibare waterstof en binnenlandse elektrolyse. In de scenario's tot 2035 blijft de inzet van kraakcapaciteit daarom beperkt, en volgt deze de ontwikkeling van de eindvraag in plaats van het beschikbare aanbod aan dragers (zie figuur 11). Er is daarom ook geen extra aanmoediging vanuit de Nederlandse overheid nodig om extra kraakcapaciteit te stimuleren.

Wat opvalt is dat de kraakcapaciteit in het 'stijgende lijn'-scenario en het 'krimp zet door'-scenario toeneemt ten opzichte van 2030 of het 'status quo'-scenario. In het 'stijgende lijn'-scenario neemt de vraag harder toe dan het aanbod aan binnenlandse elektrolyse waardoor er meer kraakcapaciteit nodig is. In het 'krimp zet door'-scenario neemt de elektrolysecapaciteit nauwelijks toe door de hoge kosten van lokale productie en is er ook meer kraakcapaciteit nodig. Ondanks de beperkte benodigde kraakcapaciteit in 2030, blijkt deze kraakcapaciteit nog steeds nodig te zijn in 2035 als de toekomst zich naar één van deze scenario's beweegt.



Figuur 11 Benodigde kraakcapaciteit in Nederland en Duitsland per scenario

Daarbij geldt nadrukkelijk dat een deel van de invoer van waterstofdragers niet voor Nederlandse eindvraag bestemd hoeft te zijn, maar kan worden ingezet voor doorvoer of verdere verwerking richting Duitsland. De positie van Nederland in internationale ketens maakt duidelijk dat nationale vraag en nationaal aanbod niet samenvallen. Dit vraagt om terughoudendheid bij het trekken van conclusies over zelfvoorziening en onderstreept het belang van een systeembenadering waarin productie, import, eindgebruik en doorvoer in samenhang worden beschouwd.

3.2.2 Duitsland

De vraag naar waterstof (dragers) in Duitsland is tot 2035 groter dan in Nederland en vormt een belangrijke context voor de analyse van internationale stromen. Duitsland kent in alle scenario's een substantieel hogere en sneller groeiende vraag, gedreven door de omvang van de industrie, de beperkte beschikbaarheid van duurzame elektriciteit en een sterke beleidsmatige inzet op waterstof in industrie en energie (zie figuur 12).

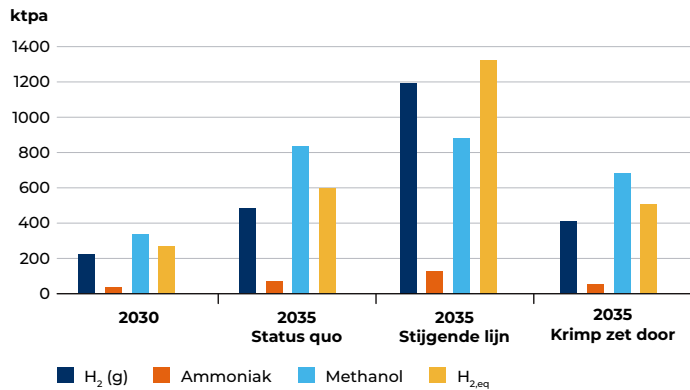
In 2030 bedraagt de Duitse vraag ongeveer 264 ktpa waterstofequivalenten. Deze vraag bestaat uit:

- Gasvormige waterstof is hier dominant (217 ktpa) met hoofdzakelijk gebruik voor raffinage.
- Hierna volgt methanol, met 329 ktpa, met name als bijmenging in brandstoffen en voor de productie van e-SAF.
- Ammoniak: ongeveer 32 ktpa, bijna volledig voor gebruik in de ammoniak- en kunstmestsector.

Richting 2035 loopt de Duitse vraag sterk uiteen per scenario:

- In het 'status quo'-scenario groeit de vraag naar ongeveer 593 ktpa waterstofequivalenten, waarbij gasvormige waterstof dominant blijft (477 ktpa) en methanol een secundaire rol speelt (831 ktpa). De vraag naar ammoniak neemt toe tot 68 ktpa.
- In het scenario 'stijgende lijn' neemt de vraag zeer sterk toe tot ongeveer 1.324 ktpa waterstofequivalenten. Dit scenario wordt gekenmerkt door een forse groei van gasvormige waterstof (1.192 ktpa) en groeiende volumes methanol (879 ktpa), en een beperkte vraag naar ammoniak (120 ktpa). In dit scenario komt een aanzienlijke vraag naar gasvormige waterstof tot stand in de staalindustrie (336 ktpa), voor warmtetoepassingen in de industrie (219 ktpa), en voor elektriciteitsproductie (150 ktpa).
- In het scenario 'krimp zet door' blijft de vraag beperkt tot ongeveer 499 ktpa waterstofequivalenten, voornamelijk gedragen door gasvormige waterstofvraag (406 ktpa).

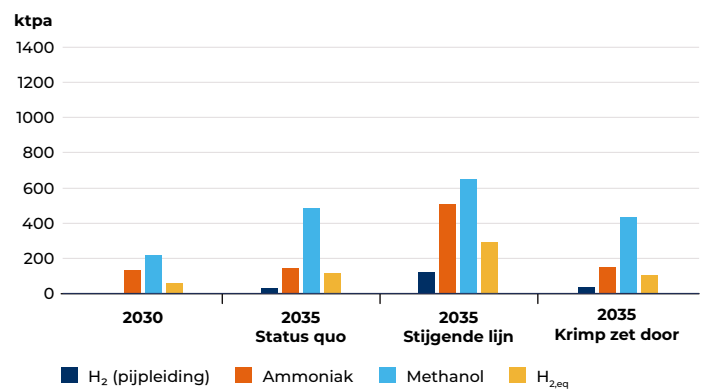
Over alle scenario's heen laten de cijfers zien dat gasvormige waterstof en methanol samen het zwaartepunt vormen van de Duitse vraag, terwijl ammoniak een meer bescheiden rol speelt. Dit is voor Nederland ook grotendeels het geval, maar wordt versterkt door de lage vraag naar bunkerbrandstoffen ten opzichte van Nederland en doordat ammoniak met name voor conversie gebruikt, wat niet in deze grafiek terug komt (de vraag is gasvormige waterstof, waar ammoniak voor gebruikt wordt). De absolute volumes en groeidynamiek bevestigen dat Duitsland structureel afhankelijk is van de import van waterstof en waterstofdragers, waarbij binnenlandse productie slechts een deel van de vraag kan afdekken. Dit maakt Duitsland tot een bepalende afzetmarkt in Noordwest-Europa en daarmee tot een belangrijke factor voor doorvoer- en importstromen via buurlanden.



Figuur 12 Totale vraag naar (RNFB-)waterstofdragers in Duitsland per scenario

Nederland kan een relevante rol spelen voor de aanvoer van water(stofdragers) richting Duitsland (zie figuur 13). Deze doorvoer betreft zowel gasvormige waterstof als methanol en ammoniak. In het 'status quo'-scenario gaat het om 117 ktpa waterstofequivalenten, in het 'stijgende lijn'-scenario 261 ktpa en in het 'krimp zet door'-scenario 105 ktpa. De volumes liggen substantieel lager dan de totale Duitse vraag, maar zijn wel beleidsmatig en infrastructureel relevant.

- In het 'status quo'-scenario bestaat de 117 ktpa waterstofequivalenten uit 23 ktpa gasvormig, 127 ktpa ammoniak en 567 ktpa methanol.
- In het scenario 'stijgende lijn' neemt de doorvoer fors toe tot 101 ktpa gasvormig, 438 ktpa ammoniak (voornamelijk om gekraakt te worden tot gasvormige waterstof), en 651 ktpa methanol.
- In het 'krimp zet door'-scenario blijft is een vergelijkbaar beeld te zien als in het 'status quo'-scenario met 28 ktpa gasvormig doorvoer, 128 ktpa ammoniak, en een iets lager doorvoer van methanol (428 ktpa).



Figuur 13 Doorvoer van waterstofdragers naar Duitsland per scenario

Invulling Duits tekort aan gasvormige waterstof

In elk scenario zijn de geïmporteerde volumes voor gasvormige waterstof en (deels) ammoniak gebaseerd op de volgende aannames over het Duitse binnenlandse tekort aan gasvormige waterstof: 70% van dit tekort wordt geïmporteed via pijpleiding, en 30% via conversie van geïmporteerde ammoniak.

Van de totale geïmporteerde gasvormige waterstof wordt aangenomen dat een derde via Nederland binnenkomt, en twee derde via andere buurlanden. De relatief beperkte rol van Nederland is het gevolg van vertragingen in de DRC, waardoor Duitsland zijn focus deels heeft verlegd naar Denemarken, Spanje en Portugal¹⁴.

Wat betreft de geïmporteerde ammoniak voor conversie geldt dat Duitsland zelf ongeveer 50% hiervan levert via import via de eigen Duitse zeehavens in Hamburg en Bremen. Van de resterende 50% ammoniak wordt 80% via Nederland geïmporteed, en 20% via België of andere landen.

¹⁴ Zie rapport van Fraunhofer [hier](#).

3.3 Gevoeligheidsanalyse

De scenario's in dit rapport beschrijven samen de bandbreedte voor de ontwikkeling van volumes en stromen van waterstof (dragers) richting 2035. Tegelijkertijd blijven sommige keuzes en ontwikkelingen onzeker of afhankelijk van externe factoren, zoals beleidskeuzes, technologische doorbraken of internationale marktverschuivingen. Om inzicht te krijgen in de robuustheid van de resultaten en om te duiden hoe sterk uitkomsten kunnen wijzigen bij afwijkende aannames, zijn aanvullende gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Deze analyses maken zichtbaar hoe veranderingen in één dominante factor doorwerken in volumes en logistieke stromen, zonder het gehele scenario-raamwerk opnieuw te definiëren.

In totaal zijn er vier gevoeligheidsanalyses uitgewerkt. Ten eerste wordt onderzocht wat het effect is wanneer conversie van waterstofdragers grotendeels in Nederland of Duitsland wordt uitgevoerd. Ten tweede wordt geanalyseerd hoe een verdubbeling van doorvoer of het geheel wegvallen hiervan richting Duitsland doorwerkt in de stromen door Nederland. Ten derde wordt gekeken naar alternatieve keuzes in het type waterstofdrager voor conversie, waarbij de huidige focus op ammoniak wordt vergeleken met varianten waarin LOHC of vloeibare waterstof (LH₂) een grotere rol spelen. Tot slot wordt de verhouding tussen binnenlandse elektrolyse en import gevarieerd.

Alle gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd op basis van het 'stijgende lijn'-scenario. De analyses zijn bedoeld om de orde van grootte en richting van effecten te duiden, en niet om nieuwe, zelfstandige scenario's te introduceren.

3.3.1 Alle conversie in Duitsland of deels in Nederland

De uiteindelijke vraag naar waterstof (dragers) in absolute volumes en eindproducten is nog geen uitgemaakte zaak. Wel wordt voor deze studie en de drie scenario's ervan uitgegaan dat conversie naar waterstofgas hoofdzakelijk met ammoniak zal worden ingevuld. In deze eerste gevoeligheidsanalyse wordt het effect bepaald van een fundamenteel andere keuze in locatie waarbij de geïmporteerde ammoniak volledig in buurlanden van Duitsland of in Duitsland zelf geconverteerd zal worden.

In deze analyse worden twee alternatieve situaties beschouwd: (1) Nederland neemt de helft van de conversie voor de Duitse markt voor zijn rekening, waarna gasvormige waterstof via buisleidingen wordt doorgevoerd, en (2) alle conversie voor de

Duitse markt vindt plaats in Duitsland zelf, waarbij Nederland 80% in de vraag naar ammoniak voorziet.

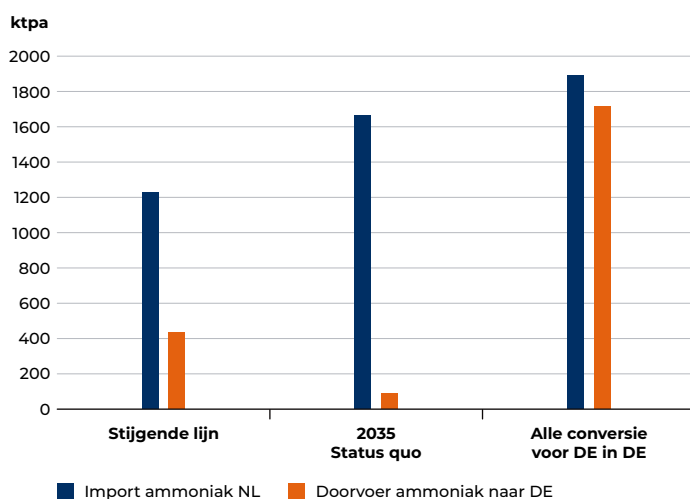
De analyse laat zien dat de gekozen locatie van conversie grote gevolgen heeft voor importvolumes, doorvoer, benodigde kraakcapaciteit en de rol van Nederland in de keten. In het 'stijgende lijn'-scenario bedraagt de import van ammoniak via Nederlandse havens ongeveer 1.230 ktpa, waarvan een deel wordt doorgevoerd naar Duitsland. Conversie vindt in beide landen plaats, wat resulteert in een behoefte aan ongeveer vier krakers in Nederland en zes in Duitsland. Dit vormt het referentiepunt voor de gevoeligheidsanalyse.

Wanneer de conversie voor de Duitse vraag voor een groot deel in Nederland plaatsvindt, verschuift het zwaartepunt van de keten duidelijk naar Nederlandse havens en conversielocaties. De import van ammoniak via Nederland neemt toe tot bijna 1.700 ktpa, terwijl de directe doorvoer van ammoniak naar Duitsland sterk afneemt. In deze variant wordt ongeveer 1.400 ktpa ammoniak in Nederland gekraakt, wat resulteert in een benodigde kraakcapaciteit van ruim elf installaties. Duitsland ontvangt in dit geval hoofdzakelijk gasvormige waterstof via het buisleidingennetwerk. Deze uitkomst sluit aan bij een situatie waarin Duitsland sterk inzet op import via het Europese waterstofnetwerk, waardoor waterstofdragers geconcentreerd blijven in havenclusters en transport van ammoniak over land grotendeels wordt vermeden.

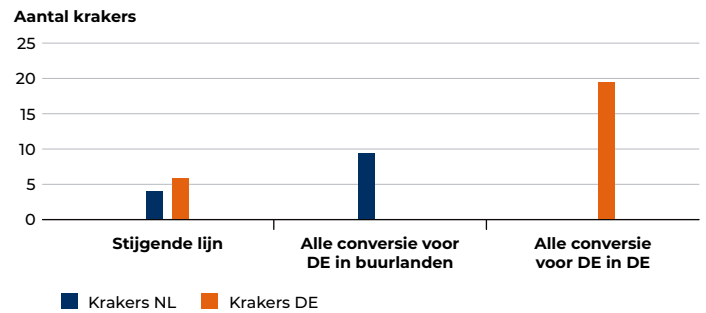
In de tegenovergestelde variant, waarin alle conversie voor de Duitse markt in Duitsland plaatsvindt, verandert het beeld fundamenteel. De import van ammoniak via Nederland neemt verder toe, maar het merendeel wordt direct doorgevoerd naar Duitsland. Dit komt omdat Nederland voor een groot deel in de vraag naar waterstofdragers in Duitsland voorziet. Aangenomen wordt dat Duitsland de helft van de kraakcapaciteit zelf importeert. Van de andere helft komt 80% uit Nederland. In totaal wordt in deze variant ruim 2900 ktpa ammoniak per jaar in Duitsland gekraakt. Nederland voert in deze variant ruimt 1.700 ktpa ammoniak door naar Duitsland, waarvan de ruime meerderheid voor conversie. Dit is een groei van ruim 300% aan doorvoerstromen ammoniak ten opzichte van het 'stijgende lijn'-scenario. In Nederland vindt in dit geval geen conversie voor de Duitse markt plaats. Deze variant sluit aan bij een strategie waarin Duitsland inzet op maximale autonomie (inclusief afhankelijkheid van Europese importfaciliteiten), mede ingegeven door het (tijdelijk) uitblijven van voldoende buisleidinginfrastructuur en de mogelijkheid om ammoniak rechtstreeks via eigen noordelijke havens te importeren en te converteren.

In Figuur 14 is te zien dat voor beide gevoeligheden de ammoniakimport in Nederland toeneemt. In het geval dat Duitsland zelf niet meer kraakt verplaatst een deel van de import uit Duitsland naar Nederland. Daarnaast wordt aangenomen dat Nederland een groter aandeel gasvormige waterstof aan Duitsland levert (50% nu tegenover 30% in stijgende lijn) omdat Nederland zich nadrukkelijker positioneert als importland van waterstofdragers dan andere buurlanden van Duitsland. In het geval dat Duitsland zelf alles kraakt neemt de vraag naar ammoniak in Duitsland enorm toe. Omdat Nederland in deze analyse de grootste doorvoerder is van ammoniak, en maar een beperkte rol had in doorvoer van gasvormige waterstof naar Duitsland neemt ook hier de ammoniakimport toe.

De gevoeligheidsanalyse maakt duidelijk dat beleidskeuzes en infrastructuurontwikkeling in Duitsland en Nederland sterk bepalend zijn voor de ruimtelijke verdeling van conversiecapaciteit, de belasting van havens en de benodigde schaal van kraakinstallaties. Hoewel de totale vraag in alle varianten gelijk blijft, verschuiven volumes, stromen en investeringsopgaven aanzienlijk. Dit onderstreept het belang van tijdige afstemming tussen infrastructuurplanning, industriebeleid en internationale samenwerking bij de verdere ontwikkeling van de waterstofketen.



Figuur 14 **Import, doorvoer en conversie van ammoniak afhankelijk van de locatie waar ammoniak gekraakt wordt (gevoeligheidsanalyse)**



Figuur 15 **Aantal krakers in Nederland en Duitsland afhankelijk van de locatie waar ammoniak gekraakt wordt (gevoeligheidsanalyse)**

3.3.2 Doorvoer naar Duitsland verdubbelt of valt weg

De rol van Nederland als doorvoerland is sterk afhankelijk van ontwikkelingen in Duitsland. De mate van verduurzaming, behoud en/of groei van industrie, internationale concurrentie tussen verschillende importcorridors richting Duitsland en de mate waarin Nederland erin slaagt zijn logistieke en infrastructurele positie te verzilveren hebben allemaal impact op de uiteindelijke doorvoervolumes. Om deze onzekerheid te adresseren zijn twee alternatieve situaties beschouwd: (1) een verdubbeling van de doorvoer richting Duitsland en (2) een situatie waarin geen doorvoer via Nederland plaatsvindt.

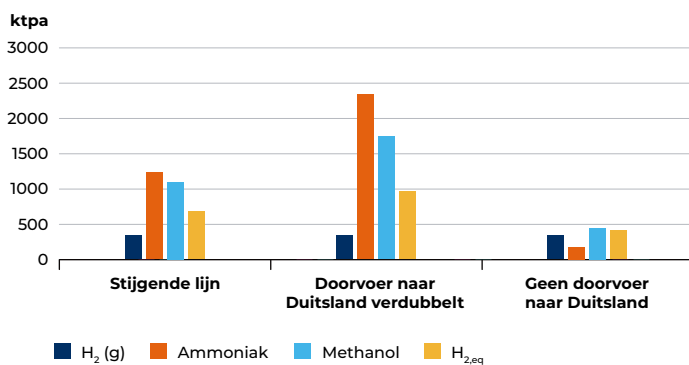
De variant met een verdubbelde doorvoer veronderstelt dat de vraag naar waterstofdragers in Duitsland hoger uitvalt dan in het 'stijgende lijn'-scenario en/of dat Nederland een groter aandeel van de import richting Duitsland weet aan te trekken. In deze situatie verdubbelt de doorvoer van waterstofdragers via Nederland. De doorvoer van ammoniak verdubbelt van ongeveer 440 ktpa naar 880 ktpa en de doorvoer van methanol van ongeveer 650 ktpa naar ruim 1.300 ktpa. Omgerekend naar waterstofequivalenten betekent dit een toename van de doorvoer van ongeveer 260 ktpa naar ongeveer 520 ktpa. Deze hogere doorvoer werkt direct door in de totale importvolumes via Nederland, die in deze variant oplopen tot ongeveer 2.350 ktpa ammoniak en 1.750 ktpa methanol.

In de tegenovergestelde variant wordt aangenomen dat er geen doorvoer van waterstofdragers via Nederland richting Duitsland plaatsvindt. Dit kan het gevolg zijn van alternatieve importcorridors, directe aanvoer via Duitse havens of een verschuiving van logistieke ketens buiten Nederland om. In deze situatie valt de doorvoer volledig weg en beperkt de import van waterstofdragers zich tot volumes die uitsluitend bedoeld zijn voor de Nederlandse markt. De import van ammoniak daalt in dit geval tot ongeveer 175 ktpa en die van methanol tot

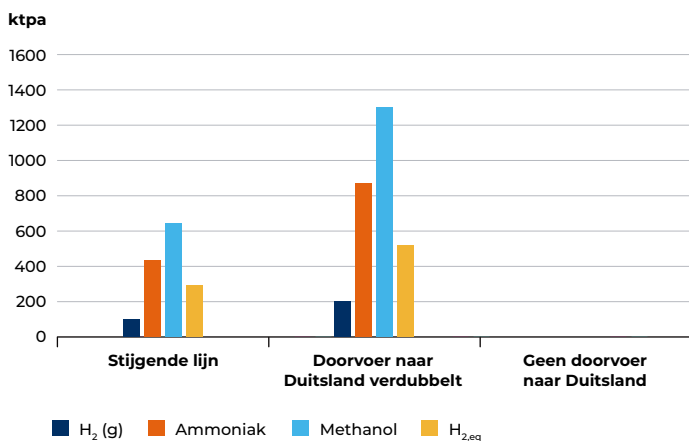
ongeveer 440 ktpa, wat resulteert in een totale beschikbaarheid van ongeveer 416 ktpa waterstofequivalent.

Hoewel de binnenlandse elektrolyseproductie in alle varianten gelijk blijft, verschillen de totale importvolumes voor waterstofdragers aanzienlijk en daarmee de logistieke stromen en systeemrol van Nederland. Dit onderstreept dat keuzes en onzekerheden aan de vraagzijde en in internationale logistiek een grote impact kunnen hebben op de schaal en inrichting van de Nederlandse waterstofketen, ook bij gelijkblijvende binnenlandse vraag.

Deze gevoeligheidsanalyse (figuren 16 en 17) laat goed zien wat de impact is op Nederlandse importfaciliteiten als de doorvoer naar Duitsland verdubbelt of wegvalt. Bij een verdubbeling van de doorvoer neemt de import van ammoniak met 90% toe en de doorvoer van methanol met 60% toe. Dit betekent dat de importterminals in de Nederlandse havens met eenzelfde percentage moeten toenemen. Bij het wegvallen van alle doorvoer naar Duitsland neemt de ammoniakimport met 86% af en de methanol import met 60%.



Figuur 16 **Elektrolyse en import in Nederland bij variatie van de doorvoer naar Duitsland (gevoeligheidsanalyse)**



Figuur 17 **Doorvoer naar Duitsland bij een verdubbeling (gevoeligheidsanalyse)**

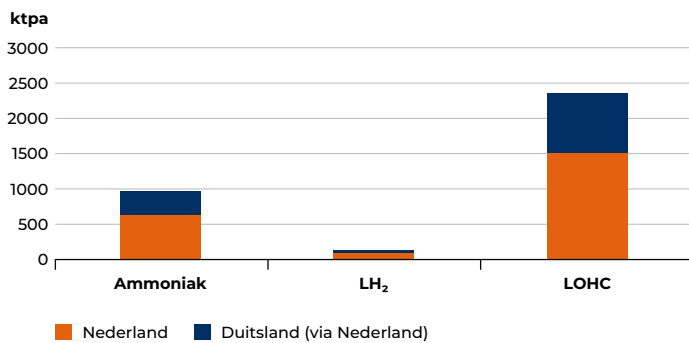
3.3.3 Andere verhouding van dragers voor conversie

Voor deze studie is uitgegaan van ammoniak als dominante drager voor conversie naar waterstofgas. Deze keuze is gebaseerd op de relatieve volwassenheid van de ammoniakketens: er zijn bestaande importterminals, scheeps capaciteit en logistieke netwerken beschikbaar. Hoewel grootschalige kraakcapaciteit nog beperkt is, zijn inmiddels de eerste commerciële ammoniakkrakers in gebruik genomen, waardoor ammoniak op korte termijn als meest realistische conversieroute wordt beschouwd. Tegelijkertijd is niet uitgesloten dat andere dragers, zoals vloeibare waterstof (LH₂) of LOHC, een grotere rol krijgen. Deze gevoeligheidsanalyse verkent de impact van dergelijke alternatieve keuzes.

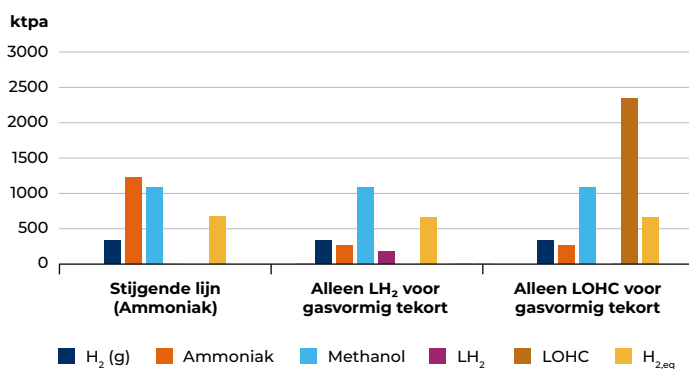
In de eerste variant wordt verondersteld dat het gasvormige waterstoftekort niet via ammoniak, maar volledig via LH₂ wordt ingevuld. In beide situaties neemt de import van ammoniak sterk af en verschuift het zwaartepunt naar import van vloeibare waterstof. Hierdoor neemt de import van ammoniak met ruim 80% af tot ongeveer 260 ktpa. De totale beschikbaarheid aan waterstofequivalenten blijft in deze variant vergelijkbaar met het 'stijgende lijn'-scenario, maar de logistieke keten verandert wezenlijk. LH₂ wordt gezien als een kansrijke drager, met name in de haven van Amsterdam, waar initiatieven bestaan voor de ontwikkeling van een LH₂-terminal met het doel om voor 2030 operationeel te zijn. In deze variant wordt ongeveer 146 ktpa LH₂ geïmporteerd, inclusief een volume van ongeveer 55 ktpa dat richting Duitsland wordt vervoerd. Het transporteren zou primair via het waterstofnetwerk in buisleidingen worden verzorgd, waarvoor vergassing nodig is.

In een tweede variant wordt het gasvormige waterstoftekort volledig ingevuld via LOHC wat ten koste gaat van de import van ammoniak. De benodigde LOHC-volumes zijn substantieel groter in tonnage dan bij ammoniak of LH₂, wat resulteert in een andere schaal en aard van logistieke stromen. LOHC-technologie bevindt zich momenteel nog in een vroege ontwikkelfase en moet de pilotfase grotendeels nog overstijgen. Desondanks biedt deze drager potentie vanuit logistiek oogpunt, doordat de fysische eigenschappen vergelijkbaar zijn met die van fossiele vloeistoffen. Bestaande infrastructuur in met name de havens van Amsterdam en Rotterdam biedt de mogelijkheid om opslag- en overslaginfrastructuur grotendeels te hergebruiken, wat vanuit het oogpunt van systeemkosten voordelig is. De analyse hiervan valt echter buiten de scope van deze studie.

De gevoeligheidsanalyse (figuren 18 en 19) laat zien dat alternatieve keuzes voor waterstofdragers leiden tot vergelijkbare hoeveelheden beschikbare waterstofequivalenten, maar tot sterk verschillende logistieke ketens, infrastructuurbehoeften en ruimtelijke impact. Waar ammoniak vooral vraagt om grootschalige kraakinstallaties en bijbehorende veiligheidsmaatregelen, verschuiven bij LH₂ en LOHC de uitdagingen naar opslag, transportcondities en een ander type conversietechnologie. De analyse onderstreept daarmee dat de keuze voor een dominante waterstofdrager niet alleen een volumekwestie is, maar ook grote implicaties heeft voor haveninrichting, infrastructuurplanning en de timing van investeringen in conversietechnologie. Deze vergelijking laat een zwart-witbeeld zien, waarbij de werkelijkheid voor de lange termijn ergens tussen deze uitersten zal liggen.



Figuur 18 Benodigd importvolume in Nederland met het doel voor conversie wanneer er slechts 1 drager voor conversie toegepast wordt (gevoeligheidsanalyse)



Figuur 19 Elektrolyse en import waterstofdragers afhankelijk van welke drager voor conversie toegepast wordt (gevoeligheidsanalyse)

3.3.4 Variatie in verhouding tussen elektrolyse en import

De verhouding tussen lokale productie van gasvormige waterstof via elektrolyse en de import en conversie van waterstofdragers is in verschillende studies onderzocht. Hierbij wordt over het algemeen aangenomen dat de import en conversie van waterstofdragers op de korte termijn

goedkoper is, maar lokale productie op de langere termijn kosteneffectief kan zijn¹⁵. De bandbreedtes van kostenramingen van verschillende initiatieven overlappen wel gedeeltelijk. De uiteindelijke uitkomst is daarmee afhankelijk van factoren zoals elektriciteitsprijzen, kapitaalkosten, schaalvoordelen, transportkosten en de ontwikkeling van conversietechnologie. Tegelijkertijd bevinden beide routes zich in verschillende ontwikkelingsfasen: de eerste elektrolyzers worden gerealiseerd, terwijl grootschalige nieuwe importterminals en bijbehorende exportketens aan de aanbodzijde nog grotendeels ontbreken.

Voor deze analyse is de exacte locatie van elektrolyzers niet meegenomen, waarbij het wel uit kan maken van het perspectief van een systeemanalyse. Primair is de focus de benodigde omvang van elektrolysecapaciteit in Nederland en Duitsland gezamenlijk.

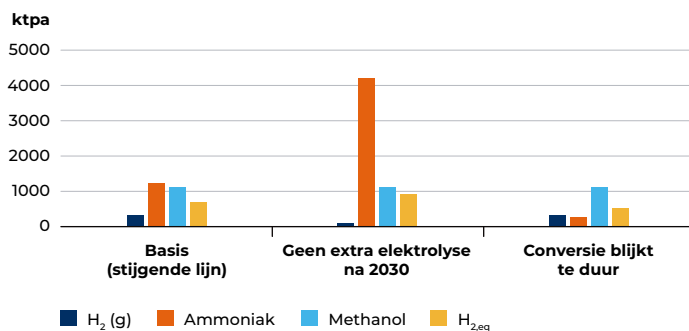
In de eerste variant van deze gevoeligheidsanalyse wordt verondersteld dat goedkope import ertoe leidt dat verdere opschaling van elektrolyse in Nederland na 2030 stagneert. In deze situatie blijft de elektrolysecapaciteit beperkt tot ongeveer 1 GW in Nederland en 2 GW in Duitsland. Het tekort aan gasvormige waterstof wordt in deze variant grotendeels ingevuld via import en conversie van ammoniak. Dit leidt tot een sterke toename van de ammoniakimport tot ruim 4.100 ktpa en een aanzienlijke opschaling van kraakcapaciteit, met tenminste twintig krakers in Nederland en ongeveer dertien in Duitsland. Wat ook opvalt is dat er meer verliezen zijn in het systeem. De totale import en productie in waterstofequivalenten neemt toe tot bijna 1.000 ktpa ten opzichte van 690 ktpa, omdat de keten sterk import- en conversiegedreven wordt, met een beperkte rol voor binnenlandse productie. Net als bij elektrolyse geldt dat de exacte locatie van krakers in deze analyse ondergeschikt is, waarbij het wederom wel relevant kan zijn vanuit systeemperspectief.

In een tweede variant wordt uitgegaan van een situatie waarin conversie van waterstofdragers niet rendabel blijkt. Dit kan het gevolg zijn van hogere kosten voor kraken, hogere transportkosten of het wegvallen van aanbod doordat exportstromen zich richten op werelddelen met een hogere betalingsbereidheid. In deze variant neemt de import van ammoniak sterk af en vindt geen conversie meer plaats in Nederland of Duitsland. De waterstofvoorziening leunt daardoor vrijwel volledig op gasvormige waterstof uit elektrolyse, met ongeveer 3,4 GW in Nederland en

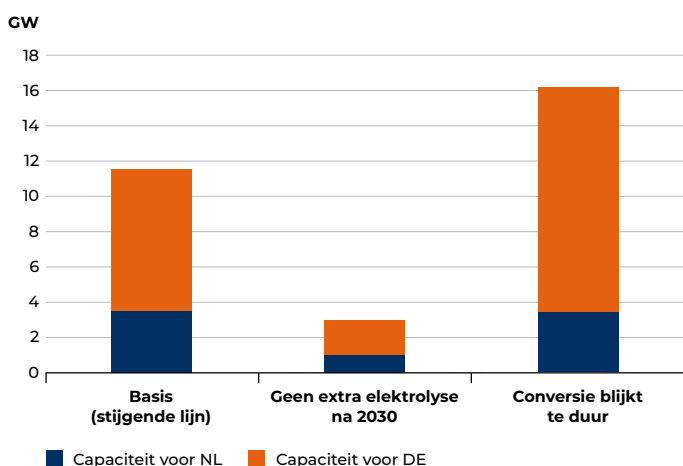
¹⁵ Zie rapport van CE Delft van november 2025 hier.

12,7 GW in Duitsland. De totale productie en import aan waterstofequivalenten daalt in deze situatie tot ongeveer 500 ktpa, wat resulteert in aanzienlijk lagere volumes en een beperktere rol voor Nederland als import- en conversieland, en minder verliezen in het systeem.

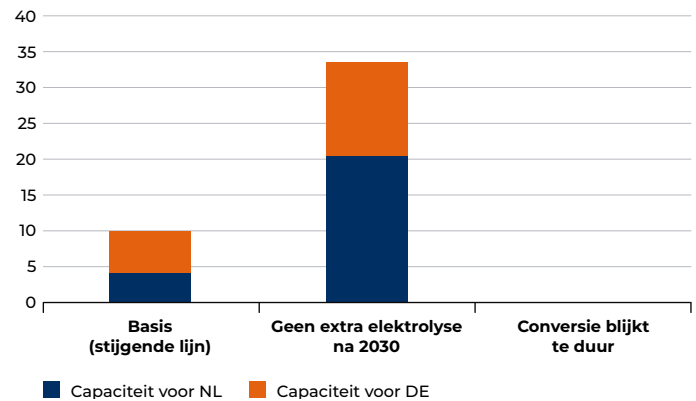
De gevoeligheidsanalyse laat zien dat de balans tussen elektrolyse en import een doorslaggevende factor is voor de schaal en inrichting van de waterstofketen. Afhankelijk van kostenontwikkelingen en markttoegang kan de keten verschuiven van een sterk import- en conversiegedreven systeem naar een model waarin binnenlandse productie domineert, met grote gevolgen voor importvolumes, kraakcapaciteit, infrastructuurgebruik en investeringsopgaven. De analyse geeft daarbij primair inzicht in orde-grootte-effecten (capaciteit, volumes en aantallen installaties), en minder in de exacte ruimtelijke inpassing daarvan. Dit onderstreept het belang van flexibiliteit in beleid en infrastructuurplanning, zodat verschillende ontwikkelpaden kunnen worden opgevangen zonder lock-ins in één dominante route.



Figuur 20 Elektrolyse en import afhankelijk van de verhouding tussen elektrolyse en import.



Figuur 21 Geïnstalleerde elektrolyse capaciteit



Figuur 22 Aantal krakers in Nederland en Duitsland

3.4 Terugblik: volumestudie waterstofdragers 2023

De volumestudie waterstofdragers uit 2023, uitgevoerd in opdracht van IenW en EZK, had als doel om met het oog op omgevingsveiligheid een brede bandbreedte te schetsen van mogelijke volumes en stromen van waterstofrijke energiedragers in en door Nederland in de periode 2030–2035. Daarbij werd gewerkt met drie varianten (ondergrens, bovengrens en marktverwachtingen), die sterk waren afgeleid van toenmalige Europese beleidsvoorstellen en ambitiebeelden, waaronder REPowerEU en de concepten rond RED III. Importvolumes en doorvoer werden in belangrijke mate top-down bepaald, als resultante van veronderstelde vraag, binnenlandse elektrolyseambities en maximale beleidsverplichtingen. Vanwege de grote onzekerheden werden de implicaties voor veiligheid en ruimte vooral kwalitatief geduid.

Sindsdien is het beleids- en marktlandschap wezenlijk veranderd. De resultaten in deze studie tonen aan dat er een verschuiving is van ambitiegedreven bandbreedtebenadering naar een meer realiteitsgeankerde scenarioaanpak, waarin volumes expliciet worden gekoppeld aan projectvoortgang, investeringsbeslissingen, kostenontwikkelingen en industriële vraag. Het jaar 2030 fungeert daarbij als relatief vast ijkpunt, gebaseerd op projecten die een concrete investeringsbeslissingen hebben genomen of subsidie toegekend hebben gekregen, terwijl 2035 expliciet als scenario-afhankelijk wordt gepresenteerd. De drie scenario's ('status quo', 'stijgende lijn' en 'krimp zet door') beschrijven uiteenlopende, maar plausibele ontwikkelpaden, in plaats van één oplopend volumebeeld.

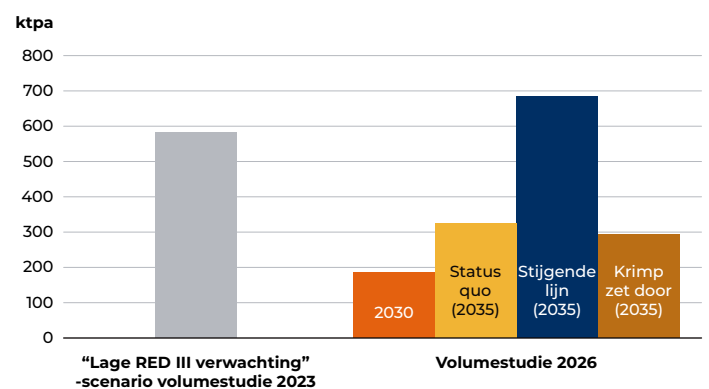
Deze methodische verschuiving verklaart de belangrijkste verschillen tussen de studies. Met de huidige kennis liggen de

volumes voor waterstof en waterstofdragers in alle scenario's lager dan in de overeenkomstige varianten uit 2023. Dit geldt zowel voor nationale vraag als voor internationale doorvoer. De neerwaartse bijstelling wordt vooral veroorzaakt door hogere elektriciteits-, infrastructuur- en financieringskosten, vertraging in projectrealisatie en een scherpere inschatting van de industriële vraagontwikkeling op relatief korte termijn. Waar de studie uit 2023 uitging van een relatief snelle opschaling van elektrolyse en een sterke groei van internationale handel, laat deze studie zien dat de investeringsbereidheid van partijen minder vanzelfsprekend is en sterk afhankelijk blijft van beleidsontwikkelingen rondom normatieve en financiële steun naast de beschikbaarheid van de benodigde infrastructuur.

Ook inhoudelijk zijn accenten verlegd. Deze studie bevestigt dat methanol en ammoniak richting 2035 dominant blijven als waterstofdragers, terwijl LH₂ en LOHC's geen structurele rol spelen in de volumes. Deze nuancering was in 2023 minder scherp, mede door grotere technologische onzekerheid. Daarnaast wordt de rol van Nederland als doorvoer- en conversieland explicieter als scenarioafhankelijk gepositioneerd. Waar de volumestudie uit 2023 Nederland sterker neerzette als potentiële grootschalige hub, laat de update zien dat deze rol in absolute zin beperkter blijft en vooral in het scenario 'stijgende lijn' tot uitdrukking komt. Daarnaast is in recente jaren gebleken dat Duitsland zijn opties heeft gediversifieerd door niet alleen op Nederland te leunen, maar naast binnenlandse productie en import via Duitse havens kijkt Duitsland ook naar samenwerking met Denemarken (noord-corridor) en Frankrijk, Spanje en Portugal (zuid-corridor).

Samenvattend vormt deze studie een herijking op basis van actuele marktontwikkelingen, beleidsrealiteit en investeringsdynamiek. De volumebeelden zijn gematigder, maar methodisch robuuster en beter onderbouwd doordat simpelweg de eindbeelden voor 2030 en 2035 minder ver in de tijd liggen. Daarmee biedt de studie een realistischer fundament voor beleidskeuzes rond infrastructuur, ruimtelijke inpassing en veiligheid. De volumes in deze studie liggen dicht bij het laagste scenario uit de vorige volumestudie, zoals in figuur 23 te zien is. In dit lage scenario uit de vorige studie was het uitgangspunt een lage verwachting van RED III-doelstelling voor RFNBO's. In de praktijk liggen deze verplichtingen dicht bij de verplichtingen die nu in de RED III zijn opgenomen. De verplichting voor transport was ingeschat op 2,6% voor 2030. Deze is nu 1% en er zijn een aantal dubbeltellingen mogelijk. Voor 2035 is in de huidige studie een transportverplichting ingeschat voor 2035 die vergelijkbaar is

met de vorige inschatting voor 2030. De industrieverplichting werd ingeschat op 35%. Uiteindelijk is er geen specifieke industrieverplichting gekomen, maar een totale verplichting van 42% op al het waterstofgebruik in een lidstaat in 2030 en 60% in 2035. De transportstromen waren in dit scenario te hoog ingeschat, wat in een hoger volume resulteerde. Ondanks de 42% verplichting vanuit de RED III is er in Nederland nu een industrieverplichting opgelegd van 4% voor 2030 en 9,9% voor 2035. Hier zit een groot gat en dit verklaart, naast de inschatting voor het transport, ook grotendeels waardoor de volumes lager uitvallen.



Figuur 23 Vergelijking volumes tussen Volumestudie 2023 en Volumestudie 2026

3.5 Relevante stromen

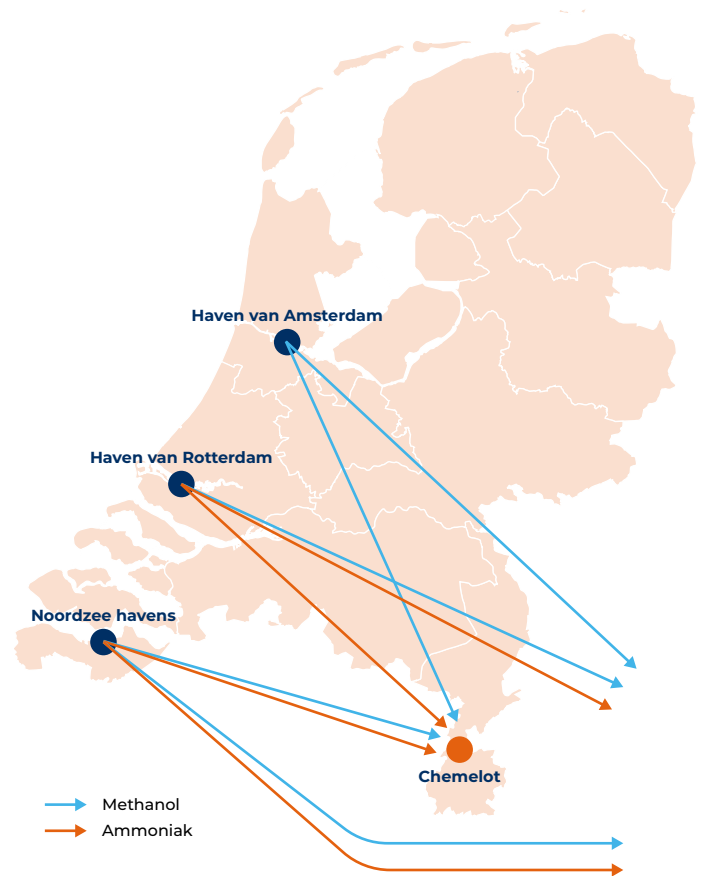
Het merendeel van het industriële gebruik van waterstof (dragers) vindt plaats in de grote industrieclusters aan zee. Deze clusters zijn grotendeels zelfvoorzienend vanuit import via zeehavens en worden aangesloten op het landelijke waterstofnetwerk. Hierdoor leiden zij nauwelijks tot grootschalige binnenlandse transportstromen van waterstof (dragers). Uitzonderingen hierop zijn het Chemelotcluster en zogenoemde Cluster-6-bedrijven, die buiten de grote havengebieden zijn gesitueerd en waarvoor wel additionele aanvoerbewegingen nodig kunnen zijn.

Voor deze studie is aangenomen dat gasvormige waterstof grotendeels via pijpleidingen vervoerd zal worden; dit valt daarom buiten scope. Eventuele transporten naar Cluster-6-bedrijven of de bevoorrading van deze bedrijven worden als relatief beperkt verondersteld en hebben daardoor geen dominante invloed op de totale stromen. Ook bunkering van zeeschepen leidt niet tot binnenlandse transportstromen, omdat brandstoffen zoals methanol en ammoniak per zeeschip worden geïmporteerd en de toepassing binnen of direct nabij de grote zeehavens is. Voor bunkering via de binnenvaart wordt eveneens verwacht dat deze grotendeels in de grote zeehavens en industriële cluster plaatsvindt.

Op basis van deze uitgangspunten is de analyse gericht op een beperkt aantal potentiële, relevante stromen die wel ruimtelijk en beleidsmatig betekenisvol zijn. Dit betreft met name de doorvoer van waterstofdragers vanuit de Nederlandse zeehavens naar het Duitse achterland en naar het Chemelotcluster. Concreet gaat het om de doorvoer van ammoniak vanuit Rotterdam en North Sea Ports richting Duitsland, en in mindere mate richting Chemelot, evenals de doorvoer van methanol vanuit de grote zeehavens naar zowel Duitsland als Chemelot.

Specifiek voor ammoniak ten behoeve van kunstmestproductie in Nederland zijn de relevante stromen beperkt en duidelijk afgebakend. Import kan plaatsvinden via zeeschepen naar de terminal van Yara, met binnenvaarttransport via de Westerschelde richting Sluis. Daarnaast kan ammoniak worden geïmporteerd en overgeslagen voor gebruik door OCI. Hoewel OCI zijn eigen importterminal in Rotterdam heeft verkocht, lijkt deze locatie nog steeds onderdeel te zijn van de logistieke keten. Dit resulteert naar verwachting in een stroom van ammoniak van de haven van Rotterdam richting Chemelot, aanvullend op bestaande transportbewegingen.

Gezamenlijk vormt deze set van stromen de kern van de verdere analyse. Door de focus te beperken tot deze relevante bewegingen wordt inzicht verkregen in de transport-, veiligheids- en ruimtelijke implicaties die daadwerkelijk beleidsrelevant zijn, zonder de analyse te belasten met stromen die naar verwachting marginaal blijven.



Figuur 24 Stromen vanuit de havens naar het achterland

3.6 Aanvullende stromen ten opzichte van huidige stromen

Om de toekomstige stromen van ammoniak en methanol te duiden, is het relevant deze te bezien in het licht van de huidige situatie. Op basis van data uit de World Integrated Trade Solution (WITS) van de Wereldbank en de Hydrogen Repository zijn schattingen gemaakt van de huidige import- en exportvolumes. Vanwege de indirecte wijze waarop deze databron volumes afleidt (dat wil zeggen primair op basis van handelswaarden die vervolgens worden omgerekend naar tonnages) is de nauwkeurigheid hiervan naar verwachting lager dan die van de eigen volumeanalyse in deze studie. De vergelijking dient dan ook ter indicatie van de relatieve verandering en niet als absolute maatstaf.

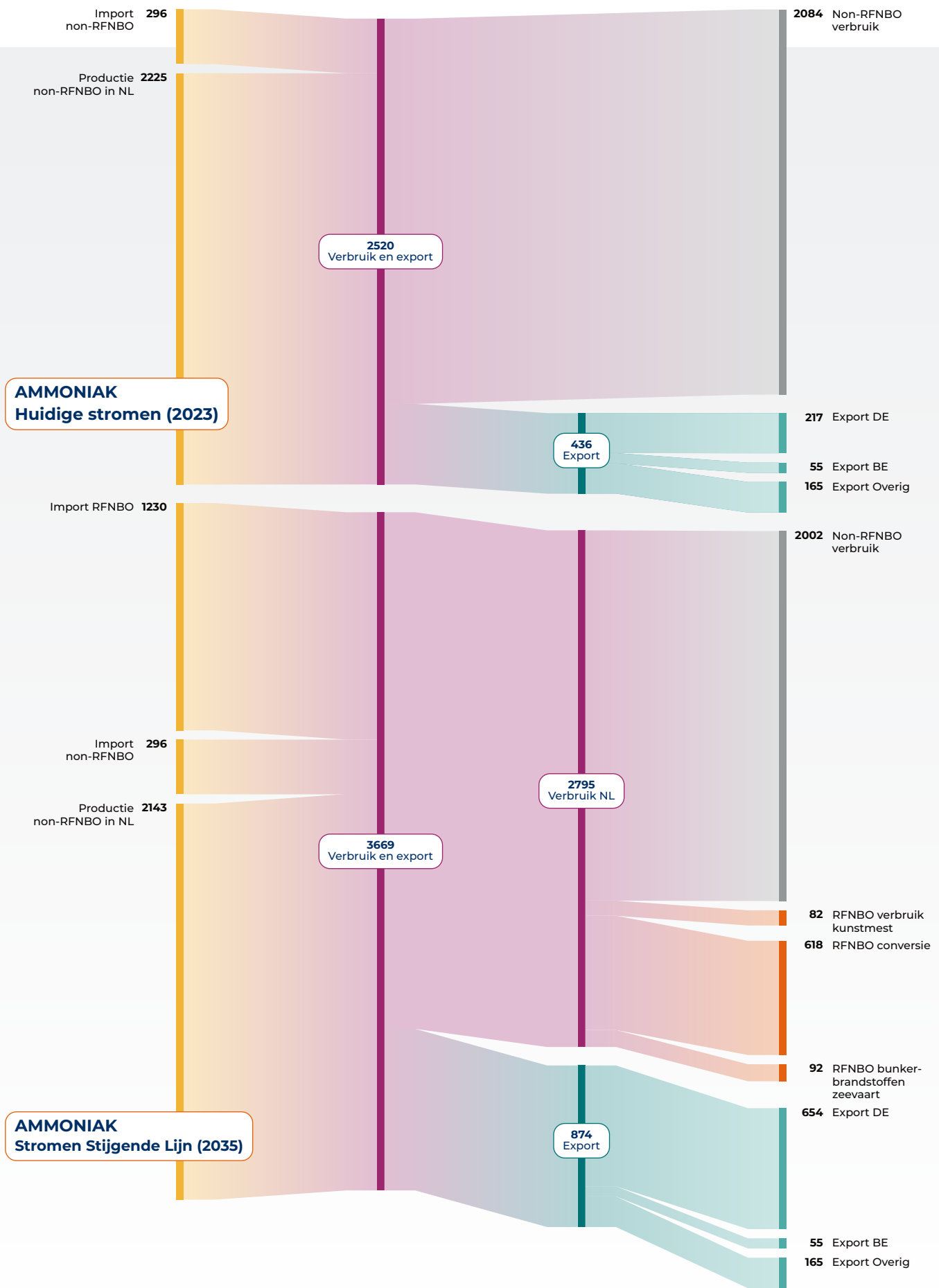
Voor methanol geldt dat Nederland al sterk importafhankelijk is, doordat er in Nederland vrijwel geen grootschalige methanolproductie meer plaatsvindt. De haven van Rotterdam speelt daarbij al een prominente doorvoerrol: ruim een derde van de huidige methanolimport wordt al doorgevoerd naar Duitsland. In het 'stijgende lijn'-scenario neemt de totale methanolimport in Nederland met ongeveer 33% toe ten opzichte van de huidige situatie, terwijl de doorvoer richting Duitsland met ongeveer 50% groeit.

Deze relatief gematigde stijging weerspiegelt dat methanol al diep verankerd is in de bestaande logistieke ketens, en dat de additionele stromen die voortvloeien uit RFNBO-verplichtingen in verhouding beperkt zijn ten opzichte van de reeds bestaande handelsvolumes. Aanvullende stromen van blauwe methanol of bio-methanol vallen buiten de scope van deze analyse, maar kunnen in de toekomst zowel bestaande als nieuwe vraag bedienen, bijvoorbeeld voor scheepsbrandstoffen of bio-SAF.

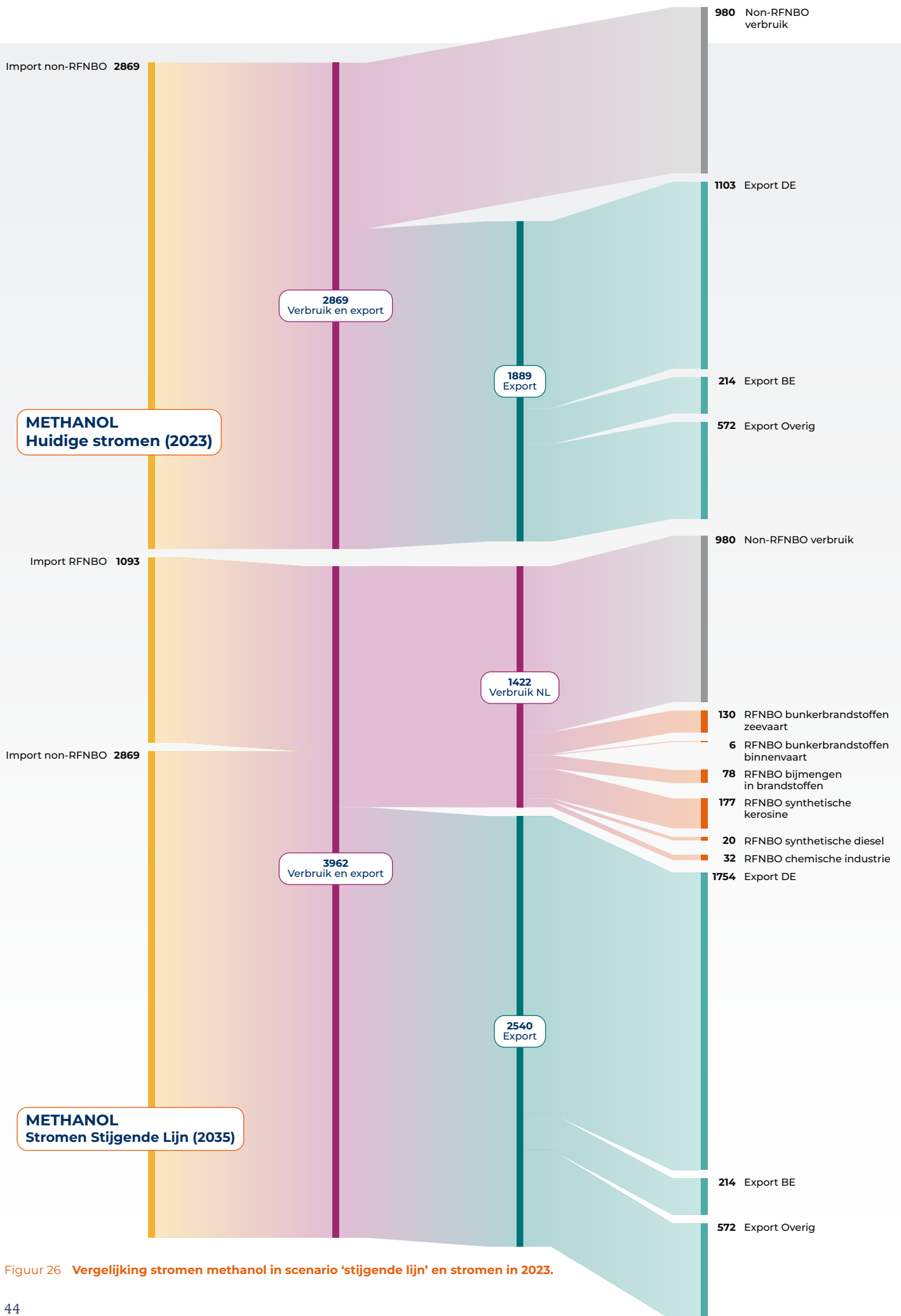
Het beeld voor ammoniak wijkt hier fundamenteel van af. Waar Nederland historisch gezien een aanzienlijke binnenlandse productiecapaciteit kende, was het land op basis van de beschikbare data in 2023 zelfs netto-exporteur. Dit weerspiegelt de productie door partijen als OCI en Yara, die via de eigen terminals in Rotterdam en via de Westerschelde richting Sluiskil een deel van hun productie naar het buitenland afzetten of op Europese markten distribueerden.

Met het afnemen van de binnenlandse productie en het toenemen van de RFNBO-vraag verandert dit beeld structureel: Nederland ontwikkelt zich van netto-exporteur naar netto-importeur van ammoniak. In het 'stijgende lijn'-scenario vertienvoudigt de ammoniakimport ten opzichte van de huidige situatie, terwijl de doorvoer richting Duitsland meer dan verdrievoudigt. Deze relatief grotere verschuiving, vergeleken met de gematigdere groei bij methanol, hangt samen met zowel de lagere huidige importbasis als de nieuwe rol die ammoniak krijgt als conversieroute naar gasvormige waterstof.

Samengevat zijn de aanvullende stromen die in deze studie zijn geïdentificeerd primair een gevolg van nieuwe vraag voortvloeiend uit RFNBO-verplichtingen. Voor methanol is de aanvullende vraag relatief beheersbaar binnen bestaande logistieke ketens. Voor ammoniak is de verandering structureler van aard: zowel de omvang als de richting van de stroom wijzigt wezenlijk, wat directe consequenties heeft voor de belasting van transportmodaliteiten, havencapaciteit en de omgevingsveiligheid langs doorvoerroutes, zoals nader uitgewerkt in hoofdstuk 4.



Figuur 25 Vergelijking stromen ammoniak in scenario 'stijgende lijn' en stromen in 2023.



Figuur 26 Vergelijking stromen methanol in scenario 'stijgende lijn' en stromen in 2023.



HOOFDSTUK 4

Knelpuntenanalyse

Dit hoofdstuk duidt wat de geprojecteerde stromen van waterstofdragers kunnen betekenen voor ruimtegebruik, omgevingsveiligheid en milieueffecten. Door aansluiting te zoeken bij de Basisnet-systematiek, een onderbouwde modal split en corridorbeeld te hanteren, ontstaat een consistente basis om verschillen tussen dragers en scenario's te verklaren.

Leeswijzer

De impact van de vervoerstromen wordt systematisch in drie stappen uitgewerkt. Eerst worden de dragers in het Basisnet gepositioneerd en een modal split vastgesteld op basis van vervoerspatronen in 2024 (paragraaf 4.1). Daarna worden de relevante knooppunten in beeld gebracht waarop. Tot slot vertalen we de resulterende stromen naar een kwalitatieve duiding van congestie (paragraaf 4.2), ruimtegebruik (paragraaf 4.3) en omgevingsveiligheid en milieueffecten (paragraaf 4.4).

4.1 Indeling en verdeling

Waterstofdragers kunnen niet als één homogene groep worden behandeld vanwege de onderling uiteenlopende chemische eigenschappen. Deze studie maakt gebruik van de bestaande definities en randvoorwaarden van geregistreerde Basisnetgegevens van equivalente stoffen om de veiligheidsbelasting en orde van grootte van mogelijke dragerstromen te duiden en om uitspraken te kunnen doen over impact van import, opslag en transport van waterstofdragers (zie Tabel 3). Hierbij is gebruikgemaakt van historische data van de gekoppelde stoffen om een verwachting uit te spreken rondom de verdeling van de dragers over de verschillende transportmodaliteiten.

Basisnet

Het Basisnet vormt in dit rapport de analytische basis voor het beoordelen van de veiligheidsbelasting en ruimtelijke impact van transportstromen van waterstofdragers.

Deze methodiek bevindt zich momenteel in een belangrijke transitie. In het herziene en nieuwe systeem verschuiven strikte risicoplafonds naar bredere aandachtsgebieden, wat beter past bij de systematiek van de Omgevingswet.

Voor de analyse in dit rapport heeft deze transitie geen materiële impact, omdat de studie gebruik maakt van feitelijke vervoersrealisaties uit 2024 en de bijbehorende risicoruimtes als orde-van-grootte referentie. De conclusies zijn gebaseerd op fysieke vervoersvolumes en stof-eigenschappen, niet op de normatieve plafonds die in het nieuwe stelsel komen te vervallen.

Elke drager valt in een andere categorie en heeft daarmee een ander risicoprofiel, wat zich direct vertaalt naar verschillen in beschikbare risicoruimte en geschiktheid van modaliteiten. Ammoniak is de zwaarste categorie: een toxisch gas onder druk dat bij een lek snel een gifwolk vormt (de categoriecode weg

en water is GT3 en de categoriecode spoor is B2). Voor deze categorie zijn de veiligheidseisen streng en het gebruik van wegtransport is beleidsmatig enigszins beperkt. De kwalificatie van methanol is LF2 (voor weg en water) en C3 (spoor), vergelijkbaar met ethanol en benzine, en past in bestaande logistieke ketens met vervoer over water als belangrijkste route voor bulktransport en spoorvervoer voor internationale doorvoer. Vloeibare waterstof en LOHC zijn verder niet meegenomen in de uitwerking, omdat uit de analyse blijkt dat deze stoffen een minder waarschijnlijke rol spelen tot 2035.

Tabel 3 **Koppeling dragers met bestaande moleculen (met uitzondering van ammoniak)**

Waterstofdrager	Bijbehorende Basisnet-categorie	Vergelijkbare bestaande stof	Korte kenmerken risico's
Ammoniak (NH ₃)	GT3 – toxische gassen	N/A	<ul style="list-style-type: none"> • Sterk toxisch • Giftige wolk bij lek
Methanol	LF2 – licht ontvlambare vloeistoffen	Ethanol / benzine	<ul style="list-style-type: none"> • Laag vlammpunt < 23°C • Vormt dampwolken

We gebruiken twee modal splits; een historische modal split én een herijkte modal split

Voor deze studie zijn twee modal splits vastgesteld. Allereerst is een variant ontwikkeld op basis van historische data uit 2024 ter illustratie van de belasting van de verschillende transportmodaliteiten. Daarnaast is er een versie opgesteld waarbij de eerste variant is aangepast met aannames gebaseerd op de beleidsvoornemens uit de meest recente Kamerbrief over waterstofdragers¹⁶. De laatste versie zal verder uitgewerkt worden om de verschillende knelpunten uit te werken.

De modal split op basis van historische data (zie tabel 4) is vastgesteld aan de hand van feitelijke vervoerspatronen zoals gerapporteerd in de Monitoringsrapportages Basisnet Weg¹⁷, Basisnet Water¹⁸ en Basisnet Spoor¹⁹ (referentiejaar 2024). De vervoersstromen zijn bepaald door de volumes bij telpunten uit het Basisnet die direct aan of nabij grensovergangen liggen te aggregeren, om zo een indicatie van de totale grensoverschrijdende stromen te verkrijgen. Hierbij is aangenomen dat het grootste deel van de volumestromen buiten de havenclusters en industriële clusters bestemd is voor doorvoer naar de directe buurlanden. Het is belangrijk te

¹⁶ Zie kamerbrief [hier](#).

¹⁷ Zie monitoringsrapportages weg [hier](#).

¹⁸ Zie monitoringsrapportages water [hier](#).

¹⁹ Zie monitoringsrapportages spoor [hier](#).

benadrukken dat deze verdeling van transportstromen slechts een indicatie geeft van de nationale doorvoer en geen exact beeld biedt van de feitelijke belasting van specifieke corridors. De modal split geeft de verdeling voor de transportmodaliteiten weer (in percentage) op basis van ktpa vanuit de zeehavens naar buurlanden.

Tabel 4 **Modal split voor transportmodaliteiten op basis van historische data (in volumes).**

Drager	Categorie in Basisnet	Weg	Spoor	Water
Ammoniak	GT3	2%	55%	43%
Methanol	LF2	8%	3%	89%

Uit deze bronnen blijkt dat binnenvaart en spoorvervoer de dominante modaliteiten zijn voor transport, terwijl wegvervoer voornamelijk wordt ingezet voor kleinere volumestromen en kortere afstanden. In het geval van ammoniak wordt vanwege de toxische eigenschappen geprobeerd de risico's te beperken door vervoer via dicht bewoond gebied te minimaliseren en bulkvervoer via relatief lage risicogebieden te bevorderen²⁰. Door deze historische patronen te koppelen aan de risico-indeling van vergelijkbare stoffen in het Basisnet ontstaat een modal split die substantieel robuuster is dan een generieke verdeling.

Voor deze studie is gekozen om een tweede modal split richting 2035 op te stellen waarbij historische data zijn geëxtrapoleerd met beleidsmatige aannames uit de Kamerbrief (zie tabel 5). De visie van het kabinet benadrukt het belang van geconcentreerde vervoersstromen via modaliteiten zoals de binnenvaart (en waar technisch en ruimtelijk haalbaar buisleidingen) met zeehavens als primaire knooppunten voor import en verwerking. Deze beleidsmatige voorkeuren zijn niet uniform voor alle dragers, maar worden gedifferentieerd toegepast afhankelijk van stoffeigenschappen, volumes en ketenfunctie. Met name voor toxische dragers zoals ammoniak ligt de nadruk op risicominimalisatie door beperking van transport en voorkeur voor specifieke transportmodaliteiten (bijvoorbeeld buisleidingen en binnenvaart), in tegenstelling tot de relatief gunstigere veiligheidseigenschappen voor methanol. De herijkte modal split weerspiegelt daarmee niet alleen feitelijke vervoerspatronen uit het verleden, maar sluit ook aan bij de actuele beleidsinzet om veiligheid, ruimtelijke concentratie en robuuste logistieke ketens te borgen.

De gehanteerde hypothetische percentages zijn gekozen als beleidsmatig consistente bandbreedte. Zij sluiten aan bij het bulkkarakter van waterstofdragers en de beleidsvoorkeur voor watergebonden transport, maar blijven binnen de grenzen van bestaande infrastructuurcapaciteit en logistieke realiteit.

Tabel 5 **Herijkte modal split inclusief richtinggevende beleidsvoornemens (in volumes)**

Drager	Categorie in Basisnet	Weg	Spoor	Water
Ammoniak	GT3	<1%	40%	60%
Methanol	LF2	8%	2%	90%

Voor ammoniak blijft spoorvervoer een strategische rol vervullen, met name via bestaande corridors zoals de Betuweroute, terwijl het aandeel wegvervoer beperkt blijft en binnenvaart relatief toeneemt. Deze verschuivingen zijn beperkt in omvang en sluiten aan bij bestaande infrastructuur en marktpraktijk, maar reflecteren expliciet de beleidsinzet om risico's, ruimtelijke impact en fijnmazige distributie te beperken.

De koppeling tussen waterstofdragers en bestaande Basisnet-stoffen laat zien dat de huidige chemische logistiek een robuuste leidraad biedt. De volgende drie factoren zijn bepalend geweest voor de indeling:

- Vervoer via water heeft relatief gunstige externe veiligheid en ruimtelijke inpassing.
- Spoor sluit goed aan op internationale corridors (met name richting Duitsland).
- Wegvervoer heeft wel fysieke capaciteit en biedt flexibiliteit maar is vanuit veiligheidsnormen en beleidsambities (dat wil zeggen logistieke overwegingen) minder geschikt voor bulkgevaarlijke stoffen, vooral toxische zoals ammoniak.

4.2 Congestie

De belastingen van de verschillende transportmodaliteiten (water, spoor en weg) worden hier verder uitgewerkt.

De herijkte modal split wordt toegepast op de volumes uit de drie scenario's.

²⁰ Zie rapport [hier](#).

4.2.1 Transport over water

Deze studie doet enkel een analyse van binnenvaart stromen betreffende het transport van ammoniak en methanol vanuit de Port of Rotterdam, Port of Amsterdam of North Sea Port naar industriële clusters in binnen- en buitenland. Vervoerstromen naar Cluster 6-partijen wordt verwaarloosbaar klein geacht. Twee corridors zijn hiervoor relevant: de route richting Antwerpen en Gent via het Schelde-Rijnkanaal en de route richting Duitsland via de Waal-Rijn-corridor, de belangrijkste vaarweg voor chemische bulk in Noordwest-Europa. In beide gevallen gaat het om bestaande, professioneel ingerichte transportketens die qua schaal, logistiek en veiligheidsbeheersing aansluiten op hogere volumes waterstofdragers.

In de huidige situatie beschikt het vaarwegennet over voldoende fysieke capaciteit voor groei van vervoersbewegingen. De veiligheidsnorm (PR 10^{-6} op de oeverlijn) legt geen directe begrenzing op aan de vervoershoeveelheden, waardoor een groei van het vervoer mogelijk is zonder dat een risicoplafond wordt overschreden. Het aantal schepen mag fluctueren, zolang de samenstelling van de lading en de risico-afstanden binnen de norm blijven. De monitoringsrapportages²¹ laten zien dat vrijwel alle Nederlandse vaarwegen onder deze waarden blijven. Alleen voor de Westerschelde wordt een expliciet PR-plafond toegepast voor zeeschepen en binnenvaart, waarbij de risico's in recente berekeningen nog onder de wettelijke grenswaarden liggen.

Kenmerkend voor transport over water, in vergelijking met weg en spoor, is dat grote volumes per passage vervoerd kunnen worden. Een binnenvaarttanker kan tussen de 1.000 en 3.000 ton ammoniak of methanol vervoeren, wat leidt tot relatief weinig passages per jaar zelfs bij hoge importvolumes. Aansluitend op de studie uit 2023, is voor deze studie een aanname gedaan van 1.850 ton/schip voor ammoniak en 2000 ton/schip voor methanol.

De vorige waterstofdragerstudie (2023) concludeerde terecht dat transport over water de meest logische modaliteit blijft voor bulkstromen van dragers, vanwege de schaalvoordelen, de beschikbare risicoruimte en de bestaande logistieke ketens. Deze conclusie blijft overeind in deze studie. Wel is duidelijker geworden dat de robuustheid van het systeem scenario-afhankelijk is: bij hoge importscenario's kunnen lokale knelpunten ontstaan, en kan aanvullende infrastructuur, zoals

buisleidingen of corridorafspraken, noodzakelijk worden om risico's en volumepieken beheersbaar te houden. Daarnaast kan het voor de robuustheid van het systeem noodzakelijk zijn om tijdelijk grote hoeveelheden via spoor- en weginfrastructuur te transporteren wanneer binnenvaartcapaciteit beperkt is vanwege extreme weersomstandigheden zoals in 2018 en 2022 (bijvoorbeeld extreme droogte of regenval). In een wereld waarin klimaatverandering steeds tastbaarder wordt, is de kans hierop groter.

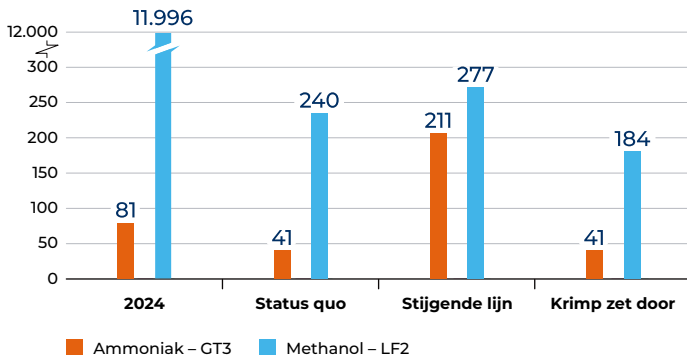
RESULTAAT: significante toename ammoniak-transport via waterwegen, relatief kleine toename transport methanol

De vervoerstromen voor 2035 zijn aangepast op basis van de herijkte modal split en de verwachtingen uit de scenario's. Hierbij is aangenomen dat 60% van het ammoniakvolume en 85% van het methanolvolume via water wordt vervoerd. De analyse maakt uitsluitend gebruik van de scenario-data (vraag inclusief doorvoer Duitsland) en bevat geen toevoeging van bestaande of historische transportstromen van gevaarlijke stoffen. Dit is richtinggevend van aard waardoor exacte volumes en stromen kunnen afwijken.

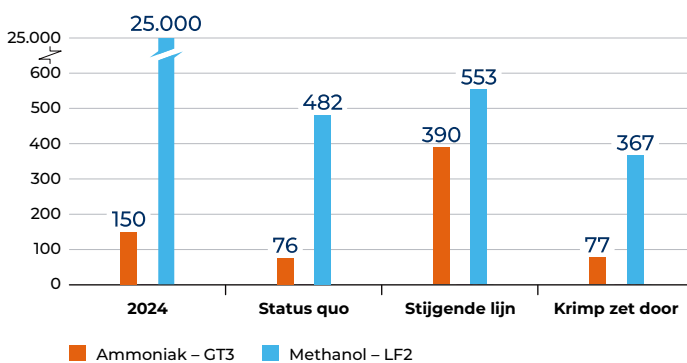
Hoewel methanol in alle scenario's het grootste aandeel heeft in absolute getallen, is de toename ten opzichte van bestaande stromen van equivalenten (dat wil zeggen LF2-stoffen) relatief beperkt, zoals in de figuren 27 en 28 te zien is. Ammoniak kent lagere volumes, maar de relatieve toename is significant door de lagere basis en vanwege de aard van de stof voor de omgevingsveiligheid. Hierbij gaat deze studie ervan uit dat de huidige volumes uit het referentiejaar 2024 grotendeels in stand worden gehouden.

De transportstromen (het aantal schepen) en volumes voor 2024 in figuren 27 en 28 omvatten alle stoffen die onder de categorieën GT3 en LF2 vallen. De scenario-analyses daarentegen hebben uitsluitend betrekking op de verwachte ontwikkeling van de waterstofdragers ammoniak en methanol waarbij overige GT3- en LF2-stoffen hierin niet zijn meegenomen. Hiermee wordt inzichtelijk gemaakt welk aandeel de waterstofdragers binnen deze stofcategorieën vertegenwoordigen en wat groei kan betekenen, uitgaande van gelijkblijvende huidige stromen.

²¹ Zie rapportages door Informatiepunt Leefomgeving [hier](#).



Figuur 27 Aantal binnenvaartschepen als gevolg van transportstromen ammoniak en methanol.



Figuur 28 Transportstromen ammoniak en methanol via waterwegen (in ktpa).

4.2.2 Spoorvervoer

Spoorvervoer is in Nederland een secundaire maar strategisch relevante modaliteit voor het transport van gevaarlijke stoffen en daarmee ook voor (een deel van) de toekomstige stromen van waterstofdragers. In tegenstelling tot het transport over water, waar vooral bulkstromen domineren, wordt het spoor in de praktijk vooral ingezet voor internationale doorvoer richting Duitsland en verder, en voor verbindingen tussen zeehavens/ terminals en industriële clusters met een spoor aansluiting. De cijfers voor transportstromen zijn afgeleid uit wagenlijsten van vervoerders die door ProRail worden verwerkt. Vervoer in containers wordt omgerekend naar ketelwagenequivalenten om het eenduidig in de risicoberekeningen mee te nemen.

Voor waterstofdragers zijn met name twee stofcategorieën uit het Basisnet relevant voor de belasting van spoortrajecten:

- B2 - toxisch gas: dit sluit direct aan bij ammoniak als drager.
- C3 - brandbare vloeistof: dit is een bruikbare analogie voor methanol waar het in de praktijk als brandbare vloeistof in bestaande chemielogistiek meedraait.

Kijkend naar de gerealiseerde vervoerscijfers over 2024 vallen vooral drie structurerende spoorcorridors op die ook voor waterstofdragers relevant zijn:

1. De Brabantroute naar Venlo-Duitsland (onder andere Roosendaal-Breda-Tilburg-Eindhoven-Venlo-Kaldenkirchen).
2. De Betuweroute en aanvoer/afvoer rond Kijfhoek-Dordrecht-Moerdijk/Lage.
3. Oost-corridor richting Bad Bentheim (Hengelo-Bad Bentheim).

In de praktijk wordt spoorvervoer van gevaarlijke stoffen primair begrensd door logistieke en economische factoren. Hoewel het Basisnet Spoor formeel risicoplafonds kent, vormen deze in de praktijk geen daadwerkelijke beperking voor de te benutten spoorcapaciteit.

Binnen het Basisnet worden vervoersvolumes van gevaarlijke stoffen uitgedrukt in ketelwagenequivalenten en niet in tonnage (zie tabel 6). Deze eenheid is gericht op het uniform bepalen van de veiligheidsbelasting van spoortrajecten en corrigeert voor verschillen tussen ketelwagens en tankcontainers. Ketelwagenequivalenten zeggen daarmee primair iets over risico's en normbenutting, niet over de fysieke omvang van het vervoer. Om spoorvervoer in deze studie toch vergelijkbaar te maken met andere modaliteiten, is aanvullend een indicatieve vertaling naar tonnage opgenomen op basis van gangbare beladingswaarden per stofcategorie. Dit dient uitsluitend als orde-van-grootte-indicatie terwijl de eigenschappen van stoffen relevanter zijn voor het bepalen van de veiligheidsimpact. Zo kunnen kleinere stromen ammoniak een grotere impact hebben dan bijvoorbeeld grotere volumes brandbare vloeistof vanwege de toxiciteit. De transportvolumes in tonnage en ketelwagenequivalent voor referentiejaar 2024 zijn in tabel 6 opgenomen.

Tabel 6 Conversie ketelwagenequivalent en tonnage

Stofcategorie	Drager-analogie	Aangenomen belading per ketelwagon
B2 - toxisch gas	Ammoniak (NH ₃)	55 ton / wagon
C3 - brandbare vloeistof	Methanol	55 ton / wagon

De volumes van het transport via het spoor in de scenariojaren is bepaald aan de hand van de herijkte modal split (tabel 5). Voor ammoniak is uitgegaan van een spoorandeel van 40%, conform de beleidsmatig en logistiek realistische rol van het spoor voor toxische gassen. Voor methanol is een spoorandeel

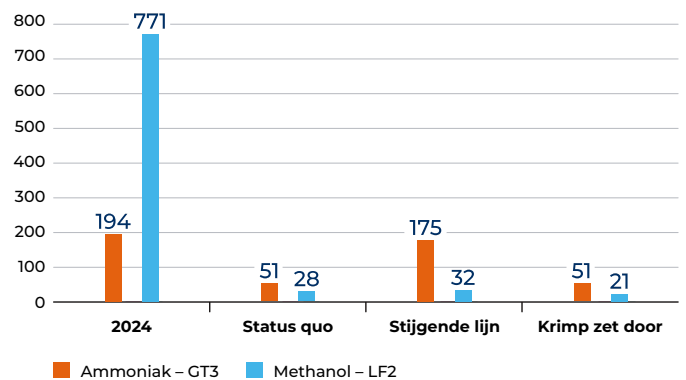
van 5% gehanteerd, in lijn met de dominante rol van binnenvaart en het meer aanvullende karakter van spoorvervoer voor vloeibare brandbare stoffen.

RESULTAAT: Ammoniaktransport via spoor stijgt fors in alle scenario's, groei van methanoltransport blijft beperkt

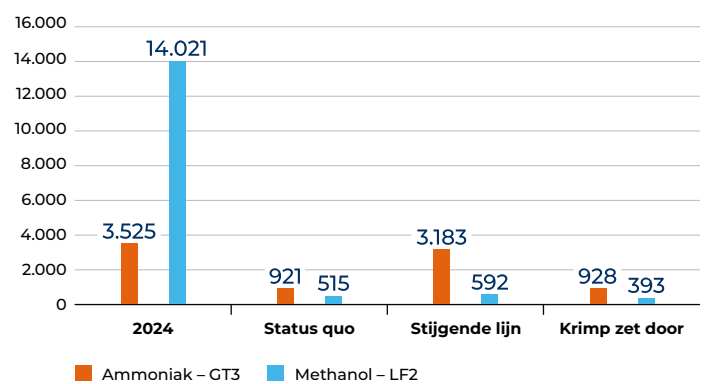
Uit de scenario's volgt dat het spoorvervoer van waterstofdragers in absolute zin beperkt blijft ten opzichte van transport over water, maar dat de veiligheidkundige relevantie vooral wordt bepaald door ammoniak. Ondanks lagere tonnages ten opzichte van vervoer over water leidt het relatief hoge sporaandeel van ammoniak tot een substantieel aantal ketelwagenequivalenten, met name in het scenario Stijgende lijn. In dit scenario neemt het transport over de spoor toe. In de andere scenario's blijft transport op een lager niveau, maar belasting blijft structureel aanwezig.

Uitgaande van circa 3.700 ketelwagenequivalenten per jaar voor ammoniak en ongeveer 600 voor methanol in het Stijgende lijn-scenario komt de additionele spoorbelasting uit op ongeveer 4.270 ketelwagenequivalenten per jaar. Hiermee verdubbelt het aantal voor in elk geval voor GT3-stoffen. Omgerekend is dat gemiddeld 12 ketelwagens per dag. Afhankelijk van de treinsamenstelling (25–30 wagons per trein) komt dit neer op ruwweg één extra trein per twee à drie dagen. Ter vergelijking: over de Betuweroute reden in 2024 gemiddeld 105 goederentreinen per dag van Rotterdam richting Duitsland. De extra belasting vanuit deze waterstofdragers blijft daarmee in absolute zin beperkt ten opzichte van het huidige treinvolume, maar is veiligheidkundig relevant vanwege het aandeel toxische stoffen en brandbare stoffen binnen deze stromen.

De transportstromen (aantal ketelwagens) en volumes voor 2024 in figuren 29 en 30 omvatten alle stoffen die onder de categorieën B2 en C3 vallen. De scenario-analyses daarentegen hebben uitsluitend betrekking op de verwachte ontwikkeling van de waterstofdragers ammoniak en methanol waarbij overige B2- en C3-stoffen hierin niet zijn meegenomen. Hiermee wordt inzichtelijk gemaakt welk aandeel de waterstofdragers binnen deze stofcategorieën vertegenwoordigen en wat groei kan betekenen, uitgaande van gelijkblijvende huidige stromen



Figuur 29 Transportstromen ammoniak en methanol via waterwe



Figuur 30 Aantal ketelwagens als gevolg van transport

4.2.3 Wegvervoer

Wegvervoer speelt binnen het Nederlandse systeem voor gevaarlijke stoffen een andere rol dan water- en spoorvervoer. Waar transport over water de ruggengraat vormt voor bulkstromen en spoor een strategische corridorfunctie vervult voor internationale doorvoer, wordt wegvervoer primair ingezet voor kleinschalige, fijnmazige en regionale distributie.

De belasting van weginfrastructuur kan beoordeeld worden aan de hand van gerealiseerde transportintensiteiten per wegvak, uitgedrukt in aantallen transporten per jaar. Deze transportintensiteiten zijn afkomstig uit het Basisnet Weg en betreffen geregistreerde stromen van gevaarlijke stoffen die in deze studie worden gebruikt als equivalent voor waterstofdragers.

Voor waterstofdragers zijn vooral twee stofcategorieën relevant. Allereerst valt ammoniak onder toxische gassen (GT3) en wordt vervoer onder bepaalde voorwaarden al jaren beleidsmatig ontmoedigd. De Basisnet-registraties van toxische gassen (GT3), laten zien dat het aantal ammoniaktransporten over de weg laag is en zich concentreert op enkele specifieke trajecten met een functionele relatie tussen productie, opslag

en afnemers²². Deze ritten betreffen doorgaans korte afstanden en relatief kleine volumes. Voor grootschalige import- en doorvoerstromen is wegvervoer voor ammoniak vanuit het perspectief van logistiek niet realistisch.

Methanol, als brandbare vloeistof, is vanuit regelgeving en logistiek beter inpasbaar op de weg. Relatief grote volumes LF2-stoffen, zoals benzine, worden al via de weg vervoerd om met name tankstations te bevoorraden. Toch blijkt ook hier dat wegvervoer vooral wordt ingezet als aanvullende modaliteit, bijvoorbeeld voor natransport vanaf terminals of voor beleving van locaties zonder water- of spoor aansluiting. Dit bevestigt het beeld dat wegvervoer voor waterstofdragers geen schaalbare bulkmodaliteit is, maar een noodzakelijke schakel voor flexibiliteit en regionale ontsluiting.

Net als bij spoor geldt dat de betekenis van wegvervoer niet zozeer wordt bepaald door tonnage, maar door routegevoeligheid en omgevingscontext. Transporten door of langs bebouwd gebied, nabij kwetsbare functies of in combinatie met andere risicobronnen kunnen leiden tot aanvullende afwegingen in verband met veiligheidsrisico's. In scenario's met toenemende volumes waterstofdragers blijft de rol van wegvervoer daarom beperkt en ondersteunend, terwijl de beleidsmatige focus ligt op water, spoor en waar mogelijk buisleidingen.

In aanvulling op de functionele beschrijving laat de analyse zien dat wegvervoer in geen van de scenario's een dragende rol krijgt in het transport van waterstofdragers. Voor ammoniak blijft het wegvervoer in alle scenario's zeer beperkt en primair lokaal van aard, terwijl voor methanol eventuele volumegroei zich vooral vertaalt in regionale distributie en natransport, en niet in grootschalig bulkvervoer over de weg.

en waar mogelijk buisleidingen.

In aanvulling op de functionele beschrijving laat de analyse zien dat wegvervoer in geen van de scenario's een dragende rol krijgt in het transport van waterstofdragers. Voor ammoniak blijft het wegvervoer in alle scenario's zeer beperkt en primair lokaal van aard, terwijl voor methanol eventuele volumegroei zich vooral vertaalt in regionale distributie en natransport, en niet in grootschalig bulkvervoer over de weg.

4.3 Ruimtegebruik

De ruimtelijke impact van waterstofdragers wordt bepaald door een samenspel van volumes, stofeigenschappen en ketenfuncties. Deze studie brengt de ruimtelijke afwegingen in beeld. De analyse richt zich op de vraag welke randvoorwaarden nodig zijn om de ontwikkelingen van waterstofdragers veilig en doelmatig in te passen.

Ruimtelijke impact (van waterstofdragers) kan op twee niveaus beschouwd worden. Allereerst, is er de fysieke footprint (dat wil zeggen directe impact) rondom ruimteclaim met betrekking tot import, opslag, conversie en transport (inclusief ondersteunende voorzieningen). Ten tweede is er indirecte ruimteclaim met betrekking tot veiligheidscontouren en gebruikersbeperkingen, die gedefinieerd kan worden aan de hand van afstandseisen en zonerings²³. De verhouding tussen directe en indirecte ruimteclaim verschilt per waterstofdrager. Voor toxische stoffen zoals ammoniak (GT3) is de indirecte claim doorgaans groter dan de directe footprint, in tegenstelling tot brandbare vloeistoffen zoals methanol (LF2). Dit onderscheid is bepalend voor de wijze waarop waterstofdragers ruimtelijk kunnen worden ingepast.

Ammoniak

Als toxisch gas (GT3) vormt ammoniak bij lekkage een acuut risico voor de omgeving door de vorming van een gifwolk. Dit vertaalt zich in substantiële PR-contouren en invloed op het groepsrisico die kan variëren tot wel honderden meters rondom installaties afhankelijk van het exacte opslagvolume, tanktype en omgevingscontext. Dit heeft impact op de bebouwing in de directe omgeving, zoals de ontwikkeling van kwetsbare functies. Daarnaast vraagt het kraken van ammoniak om ruimte vanwege de inpassing van reactoren, warmtewisselaars, energie-infrastructuur en veiligheidssystemen. Dergelijke faciliteiten zullen hoogstwaarschijnlijk in havenclusters en industriële clusters worden ontwikkeld waar al substantiële infrastructuur en vergunningsruimte voor aanwezig is.

De toxiciteit van ammoniak beperkt de mogelijkheden voor clustering met andere industriële functies. Waar methanol door substantieel kleinere effectafstanden relatief eenvoudig kan worden geïntegreerd in bestaande chemische complexen, vraagt ammoniak om zorgvuldige afweging vanwege aanzienlijke grotere effectafstanden. Dit betekent dat ammoniakinstallaties bij voorkeur worden gesitueerd in geïsoleerde delen van

²² Zie Monitoringsrapportage 2024 [hier](#).

²³ Conform het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) en Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb).

industriegebieden, met voldoende afstand tot zowel bebouwing als andere risicovolle installaties. Deze ruimtelijke scheiding vergroot mogelijk de totale ruimteclaim.

Methanol

Als brandbare vloeistof (LF2) sluit methanol nauw aan bij bestaande chemische bulkstromen en kan het worden ingepast in de logistieke ketens die reeds operationeel zijn voor vergelijkbare stoffen zoals ethanol en benzine. De risico's manifesteren zich primair als brandrisico's en niet als toxische effecten, en omdat methanol bij atmosferische druk wordt opgeslagen zonder noodzaak voor drukhouding of koeling. Hoewel methanol ook toxische eigenschappen kent, worden deze lager ingeschat dan ammoniak en daardoor kent methanol een gunstiger ruimtelijk profiel. De veiligheidsafstanden zijn daarmee vergelijkbaar met andere LF2-stoffen en liggen doorgaans binnen het industrieterrein.

Vergelijking tussen ammoniak en methanol

De verschillen tussen ammoniak en methanol vertalen zich direct in uiteenlopende ruimtelijke claims per ketenfunctie. Voor ammoniakopslag worden in kwantitatieve risicoanalyses (quantitative risk assessments, QRA's) doorgaans grotere plaatsgebonden risicocontouren berekend dan voor methanolopslag. De exacte afstanden zijn echter locatie- en projectafhankelijk en dienen per project te worden vastgesteld. Deze kleinere afstanden voor methanol maken clustering met bestaande chemische functies eenvoudiger.

Daarnaast vragen ammoniakkrakers ongeveer 6 tot 9 hectare²⁴ directe ruimte per installatie (capaciteit 150-300 ktpa) en kennen ze veiligheidscontouren van 200-400 meter²⁵ door de combinatie van opslagrisico's en procesrisico's (verhoogde temperatuur, druk, continue doorstroming). De H₂ermes-studie raamt commerciële krakers op 4-8 hectare²⁶. Methanol kan worden ingezet als brandstof of grondstof voor de productie van synthetische brandstoffen. Waar conversie nodig is, zijn installaties minder ruimte-intensief met veiligheidscontouren vergelijkbaar met andere LF2-procesinstallaties.

De toxiciteit van ammoniak legt daarnaast beperkingen op aan clustering. Dit vraagt om locatiekeuze in geïsoleerde delen (>500 meter tot kwetsbare functies) of op nieuwe terreinen zoals Maasvlakte 2, wat de totale ruimteclaim vergroot.

Ruimtelijke impact van de scenario's voor 2035

In het **'status quo'-scenario** blijft de ruimtelijke druk beheersbaar binnen bestaande industrieterreinen. De gematigde volumegroei (112 ktpa ammoniak en 298 ktpa methanol in 2035) vraagt incrementele uitbreiding zonder fundamentele herinrichting. Voor ammoniak betekent dit 1-2 krakers met een capaciteit van 150-300 ktpa per stuk (12-18 hectare direct, 400-800 hectare indirect door clustering) op locaties met voldoende afstand tot bebouwing waar veiligheidscontouren geen spanning opleveren. Opslaguitbreiding (2-5 hectare) en coördinatie met het waterstofnetwerk kunnen gefaseerd plaatsvinden. Methanol vraagt uitbreiding van bestaande tankparken (2-4 hectare totaal) waarbij veiligheidscontouren binnen industrieterreinen blijven.

In het **'stijgende lijn'-scenario** voorzien we een volumegroei van 175 ktpa ammoniak en 454 ktpa methanol en prominente doorvoerfunctie naar Duitsland. De realisatie van 5-7 ammoniakkrakers (15-35 hectare direct, 100-400 hectare indirect) vormt de kritische ruimtelijke uitdaging. Vanwege de doorlooptijd van dergelijke projecten van 5-7 jaar, zijn beleidsmatige keuzes voor ruimtelijke inpassing tot 2028 nodig om tot 2035 gereed te zijn.

Op corridors kan verdubbeling ammoniaktransport (81 naar 211 schepen/jaar) spanning opleveren waar bebouwing dicht bij vaarroutes ligt, met name door cumulatie met andere gevaarlijke-stoffenstromen. Dit vraagt aanvullende risicobeoordelingen en mogelijk compenserende maatregelen. Methanol, daarentegen, blijft relatief beheersbaar (3-6 hectare opslaguitbreiding, geen corridor-spanning).

Tenslotte volstaat binnen het **'krimp zet door'-scenario** (58 ktpa ammoniak en 398 ktpa methanol) bestaande infrastructuur grotendeels. De uitdaging verschuift van ruimtetekort naar onderbenutting: reserveringen op basis van hogere verwachtingen blijven onbenut, wat economisch verlies en maatschappelijke discussie veroorzaakt.

Binnen de veiligheidscontouren gelden conform de veiligheidsregelgeving beperkingen voor kwetsbare functies. Dit sluit gemengd gebruik echter niet uit. Onder voorwaarden kunnen andere functies worden ontwikkeld, waarbij met name industriële activiteiten in veel gevallen goed inpasbaar zijn.

²⁴ Zie studie Fluor 'Large-scale industrial ammonia cracking plant' [hier](#).

²⁵ Zie 'Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid' RIVM januari 2024 [hier](#).

²⁶ Zie H₂ermes [hier](#).

Samenvatting van de resultaten

Tabel 7 Ruimtelijke impact ammoniak en methanol in de drie scenario's

Drager / functie	Status quo	Stijgende lijn	Krimp zet door
Ammoniak			
Import & overslag	●	●	●
Opslag	●	●●	●
Conversie (krakers)	●	●●●	●
Transport (corridors)	●	●●	●
Methanol			
Import & overslag	●	●	●
Opslag	●	●	●
Conversie (optioneel)	—	●	—
Transport (corridors)	●	●	●

- = Inpasbaar binnen bestaande reserveringen en capaciteit
- = Pro-actieve planning nodig; spanning mogelijk door volumegroei of cumulatie
- = Knelpunt verwacht; vraagt aanvullende maatregelen of vroege reservering
- = Niet relevant in dit scenario

In tabel 7 is de omschrijving van het ruimtegebruik van ammoniak en methanol visueel gepresenteerd.

4.4 Omgevingsveiligheid en milieueffecten

Omgevingsveiligheidseffecten en milieueffecten volgen dezelfde onderliggende logica als zojuist beschreven in het kader van ruimtegebruik. Ook hier geldt dat niet de omvang van de volumes op zichzelf bepalend is, maar de samenloop van stoffeigenschappen, ketenfunctie (import, opslag, conversie, doorvoer) en de concentratie van activiteiten in havens en langs doorvoerroutes. Deze factoren bepalen gezamenlijk waar effecten optreden, hoe zij zich manifesteren en in welke mate zij beleidsmatig relevant worden.

Omgevingsveiligheid en milieueffecten van de scenario's voor 2035

In het **'status quo'-scenario** blijft de druk beheersbaar binnen bestaande kaders. Het aantal nieuwe conversie-installaties is beperkt en opslagvolumes nemen incrementeel toe. Transportbewegingen blijven binnen de bandbreedtes van het huidige Basisnet. Cumulatie-effecten zijn beperkt en overschrijding van normen wordt niet verwacht.

De veiligheidsrisico's zijn in dit scenario primair incidenteel en lokaal van aard.

In het **'stijgende lijn'-scenario** vindt een verschuiving plaats. De realisatie van meerdere ammoniakkrakers en hogere opslagvolumes leidt tot een verschuiving van incidentele naar meer structurele veiligheidsdruk. Niet zozeer één installatie veroorzaakt spanning, maar de cumulatie van meerdere installaties binnen een cluster. Binnen het 'stijgende lijn'-scenario kan op transportcorridors een toename van ammoniaktransport, in combinatie met andere gevaarlijke stoffen, leiden tot verhoogde risicodruk. Voor het milieu betekent dit scenario dat structurele emissies, zoals ammoniakslip en geurhinder, toenemen. De cumulatie van emissies kan lokaal depositienormen benaderen, met name in stedelijke gebieden. Hoewel individuele installaties binnen vergunningseisen blijven, kan de totale druk in een cluster toenemen. Daarmee verschuift het aandachtspunt van individuele naleving naar gebiedsgerichte cumulatie.

In het **'krimp zet door'-scenario** blijft de veiligheids- en milieudruk beperkt ten opzichte van de huidige situatie. Bestaande risico's blijven aanwezig, maar er is geen substantiële toename van opslag, conversie of transport. De nadruk ligt hier op monitoring en handhaving van bestaande installaties. Structurele milieueffecten nemen niet significant toe en cumulatie speelt geen dominante rol.



HOOFDSTUK 5

Reflectie

Dit hoofdstuk duidt de actualisatie van de volumestudie in de huidige marktcontext en beleidscontext. De lagere volumes ten opzichte van 2023 wijzen op bijstelling en vertraging. Door infrastructuur, transportmodaliteiten en dragerkeuze in samenhang te beschouwen, ontstaat inzicht in de robuustheid bij lagere volumes en de onzekerheden richting 2050.

5.1 Conclusies ten aanzien dit onderzoek

Deze actualisatie laat zien dat de volumebeelden voor waterstof en waterstofdragers richting 2035 in alle scenario's lager uitvallen dan in de volumestudie uit 2023. Dit is primair het gevolg van, vertraging in infrastructuurontwikkeling, een gematigdere ontwikkeling van de industriële vraag en hogere elektriciteits- en kapitaalkosten. Daarbij fungeert 2030 als relatief vast ijkpunt, gebaseerd op concrete projecten en subsidiebeschikkingen, terwijl 2035 nadrukkelijk scenarioafhankelijk blijft. Het onderscheid tussen deze tijdshorizonten is essentieel voor een juiste interpretatie van de uitkomsten.

Richting 2035 blijven methanol en ammoniak de dominante dragers. Alternatieven zoals vloeibare waterstof (LH₂) en LOHC spelen in de basisscenario's geen structurele rol. Daarbij is ammoniak de meest bepalende factor voor transport-, ruimte- en veiligheidsvraagstukken, vanwege de toxische eigenschappen en de rol in conversie naar gasvormige waterstof. Methanol sluit daarentegen grotendeels aan bij bestaande logistieke ketens en kent een relatief beheersbaar ruimtelijk en veiligheidsprofiel.

De studie bevestigt dat watergebonden transport de meest logische modaliteit blijft voor bulkstromen, met spoor als strategische corridor voor internationale doorvoer. Wegvervoer vervult een aanvullende, fijnmazige functie. Binnen de gehanteerde scenario's tot 2035 blijft het transportsysteem in functionele zin robuust, maar bij hogere volumes verschuift de aandacht naar cumulatie van risico's binnen havenclusters en langs corridors. Niet één installatie of stroom, maar de samenloop van meerdere activiteiten binnen een beperkt gebied is doorslaggevend.

De rol van Nederland als doorvoer- en conversieland richting Duitsland blijkt nadrukkelijk geen gegeven. Gevoeligheidsanalyses tonen aan dat keuzes over conversielocatie en importcorridors grote gevolgen hebben voor importvolumes, doorvoer, benodigde kraakcapaciteit en ruimtelijke druk. Tegelijkertijd zijn de geprojecteerde volumes richting 2035 onvoldoende om de aanleg van specifieke nieuwe infrastructuur, zoals een ammoniakleiding, zelfstandig te onderbouwen. De waterstofbackbone kan daarentegen, onder randvoorwaarden, worden beschouwd als een no-regret-component die flexibiliteit biedt bij uiteenlopende ontwikkelpaden.

Samenvattend wijst de studie op een fase van bijstelling en vertraging ten opzichte van eerdere verwachtingen, zonder dat er sprake is van fundamenteel afstel. De ontwikkeling van waterstofdragers bevindt zich tot 2035 in een leer- en opschaaftase, waarbij onzekerheden groot blijven. De structurele keuzes die in deze periode worden gemaakt over infrastructuur, ruimtelijke inpassing en internationale positionering zijn bepalend voor de rol van waterstof en waterstofdragers in het energiesysteem richting 2050.

5.2 Positionering studie

De volumestudie uit 2023 ging uit van een context waarin de Europese en nationale waterstofambities zich in een opwaartse lijn bevonden, mede onder invloed van REPowerEU en de verwachte aanscherping van RFNBO-doelstellingen. In die studie werden relatief hoge volumescenario's verkend, waarbij (waterstof)dragers een substantiële rol speelden in de verduurzaming van industrie en internationale energieroutes.

Sindsdien is de context ingrijpend veranderd. De oorlog in Oekraïne heeft geleid tot prioritering van leveringszekerheid, langere inzet van bestaande aardgasinfrastructuur en daardoor vertraging in de herbestemming van leidingen voor waterstoftransport. Ook infrastructuurletrajecten, zoals de uitrol van de landelijke waterstofbackbone en discussies rondom aanvullende verbindingen (zoals een ammoniakleiding), zijn beïnvloed door veranderde geopolitieke en economische omstandigheden.

Daarnaast is gebleken dat de technologische rijpheid van grootschalige elektrolyse en conversie-installaties minder vergevorderd is dan aanvankelijk verondersteld. Opschaling vraagt meer leer- en ontwikkeltijd dan eerder werd ingeschat. Projecten van onder meer industriële spelers bevinden zich in verschillende fasen van ontwikkeling, maar grootschalige uitrol is sterk afhankelijk van kostenreductie, marktvrage en stabiele randvoorwaarden. Ook subsidiemechanismen, waaronder IPCEI-middelen en nationale instrumenten, blijken in de praktijk niet altijd toereikend om de investeringskloof te overbruggen, mede door stijgende energie-, project- en kapitaalkosten.

Het resultaat is dat de in deze studie berekende volumes in de meeste scenario's lager uitvallen dan in 2023 werd voorzien. Dit moet niet worden geïnterpreteerd als een fundamenteel afstel van de waterstofontwikkeling, maar als een bijstelling

op basis van actuele inzichten. De ambities uit 2023 bleken in meerdere opzichten torenhoog, terwijl de praktijk laat zien dat kosten, technologie en marktontwikkeling een gematigder groeipad ondersteunen.

Hierbij kan ‘vertraging’ concreter worden geduid als het achterblijven bij eerdere studies, beleidsdoelen en/of marktverwachtingen. Voor de periode tot 2035 geldt dat een tragere opschaling en transitie naar duurzame waterstof(dragers) niet automatisch impliceert dat nationale klimaatdoelen onhaalbaar worden. Waterstof is één van de mogelijke routes richting klimaatneutraliteit, maar niet de enige. De relatie tot het behalen van de klimaatdoelen in 2050 is daarmee niet lineair.

Tegelijkertijd wijzen recente verkenningen van onder meer het PBL²⁷ erop dat vertraging in de opschaling van duurzame energiedragers, waaronder waterstof, de haalbaarheid van nationale klimaatdoelen nadrukkelijk onder druk kan zetten en in bepaalde scenario's zelfs als onwaarschijnlijk kwalificeert, met name wanneer alternatieve reductieroutes niet tijdig of in voldoende mate worden gerealiseerd.

Voor de doorkijk na 2035 zijn drie ontwikkelrichtingen te onderscheiden, die de bandbreedte van mogelijke systeemontwikkelingen illustreren:

- Status quo: beperkte groei van waterstof en waterstofdragers, waarbij klimaatdoelen mogelijk niet of slechts gedeeltelijk worden gehaald.
- Stijgende lijn: sterke opschaling van waterstofketens na 2035, waarmee klimaatdoelen worden gehaald met een substantiële rol voor waterstof.
- Krimp zet door: beperkte rol voor waterstof, waarbij klimaatdoelen worden gehaald door structurele industriële krimp of verschuiving van productie naar het buitenland.

Deze scenario's onderstrepen dat de periode tot 2035 vooral wordt gekenmerkt door leer- en opschalfases, waarin onzekerheden rond technologie, kosten en vraagontwikkeling groot blijven. Na 2035 worden structurele keuzes over infrastructuur, industrie en Europese positionering die de komende jaren gemaakt worden, bepalend voor het uiteindelijke systeembeeld.

5.3 Blik op de nabije toekomst

De analyse van volumes en ketens laat zien dat waterstofdragers geen homogene categorie vormen. Verschillen in fysisch-chemische eigenschappen, ketenfunctie en technologisch rijpheid leiden tot uiteenlopende implicaties voor transport, conversie en ruimtelijke inpassing. De huidige volumeverdeling richting 2035 moet daarom worden begrepen als een momentopname binnen een dynamisch landschap waarin technologische, economische en geopolitieke factoren een rol spelen.

Methanol wordt in deze studie meegenomen als e-methanol, maar is in strikte zin geen waterstofdrager die primair wordt ingezet om waterstof vrij te maken voor eindgebruik. Het is daarom van belang om terminologisch onderscheid te maken tussen methanol als waterstofdrager en methanol als eindproduct. In de gehanteerde scenario's wordt methanol hoofdzakelijk beschouwd als eindproduct met eigen marktdynamiek, waarbij waterstof een input vormt in het productieproces. Dit onderscheid is relevant voor de interpretatie van volumes en voor de ruimtelijke en logistieke implicaties van deze stromen.

Ammoniak fungeert in meerdere scenario's als een robuuste waterstofdrager. De beschikbaarheid van stikstof, de bestaande infrastructuurervaring en de relatieve eenvoud van grootschalig transport maken ammoniak aantrekkelijk voor internationale handel. Daarnaast is ammoniak relevant als potentiële energiedrager in de zeevaart en als grondstof in de chemische industrie.

Vloeibare waterstof (LH₂) biedt, wanneer het doel is om waterstof als molecuul te transporteren, energetische voordelen ten opzichte van chemische dragers die eerst moeten worden omgezet naar gasvormige waterstof omdat de conversiestap van vloeibare naar gasvormige waterstof nauwelijks energie vereist. Daarnaast heeft het als bijkomend voordeel dat na vergassing de zuiverheid van de gasvormige waterstof hoog genoeg is om meteen het netwerk in te gaan. De technologie bevindt zich echter nog in ontwikkeling. In de uitgewerkte scenario's tot 2035 spelen volumes vloeibare waterstof een beperkte rol. Verder in de toekomst kan dit veranderen, afhankelijk van technologische doorbraken, kostenontwikkeling en internationale standaardisatie.

LOHC's en andere alternatieve dragers bevinden zich in een eerdere fase van technologische ontwikkeling. De logistieke

²⁷ Zie Klimaat- en Energieverkenning 2024 [hier](#).

keten is complexer, mede door aanvullende conversiestappen en specifieke materiaalvereisten. Hierdoor spelen deze opties een beperkte rol. Dat neemt niet weg dat verdere innovatie en marktontwikkeling tot verschuivingen kunnen leiden. Het technologisch landschap rondom waterstofdragers is in beweging en wordt beïnvloed door internationale ontwikkelingen, kostenreductie en veranderende regelgeving.

In aanvulling op de besproken waterstofdragers verdient ook **e-methaan** aandacht vanwege de mogelijke wisselwerking met de overige dragers. Opschaling voor 2035 wordt niet realistisch geacht omdat het aantal aangekondigde projecten achter blijft, er nog geen intentie en stimulering is in Nederland en

Duitsland om e-methaan op grote schaal te importeren en het afhankelijk is van zowel grootschalige aanwezigheid van groene waterstof en geconcentreerde CO₂ stromen. Op langere termijn kan e-methaan relevant worden als energiedrager binnen de bestaande gasinfrastructuur. Het concurreert daarbij primair met ammoniak in toepassingen waar dragers worden ingezet voor energie- of verwarmingsdoeleinden en eerst worden geconverteerd naar waterstofgas. De overlap met methanol is beperkter, omdat methanol vooral als grondstof voor synthetische brandstoffen, zoals e-SAF, wordt gebruikt. Hiermee wordt zichtbaar dat moleculaire keuzes systeem- en marktgedreven zijn en kunnen doorwerken in infrastructuur en positionering.

Tabel 8 **Overzicht en duiding operationele inzet en infrastructuurimplicaties van waterstofdragers.**

Product	Rol	Technologische rijpheid	Operationele inzet 2035	Infrastructuurimplicatie
Methanol	Eindproduct	Hoog	✓	Geen – integratie in bestaande keten
Ammoniak	Eindproduct en energiedrager	Hoog	✓	Geen – integratie in bestaande keten
LH₂	Energiedrager	In ontwikkeling	✗	Gespecialiseerde terminals nodig
LOHC	Energiedrager	In ontwikkeling	✗	Nieuwe ketens nodig
E-methaan	Eindproduct en energiedrager	In ontwikkeling	✗	Geen – integratie in bestaande ketens

5.4 Structurele systeemvraagstukken richting 2050

Naast de analyse van volumes, infrastructuur en modaliteiten werpt deze studie een bredere reflectie op structurele systeemontwikkelingen richting 2050. Specifieke industriële en maatschappelijke keuzes zijn een politiek vraagstuk waar deze studie niet op reflecteert. Wel wordt inzichtelijk gemaakt hoe veranderende randvoorwaarden fundamenteel kunnen doorwerken in de vraag naar waterstof(dragers) en in de positionering van Nederland binnen het Europese energiesysteem. De ontwikkeling van waterstofketens staat daarbij niet op zichzelf, maar is direct afhankelijk van bredere keuzes over industriële structuur, energievoorziening en strategische positionering.

De Nederlandse industrie heeft zich historisch ontwikkeld op basis van drie samenhangende factoren: toegang tot relatief goedkoop aardgas, een gunstige geografische ligging met directe toegang tot zeehavens en achterland, en een goed ontwikkelde infrastructuur met sterke verbindingen naar buurlanden. Van deze drie pijlers is de beschikbaarheid van goedkoop aardgas sinds 2022 structureel weggefallen.

De stijging en volatiliteit van energieprijzen hebben geleid tot heroverweging van investeringsbeslissingen door industriële partijen. Structureel hogere energiekosten verslechteren de internationale concurrentiepositie van energie-intensieve sectoren en beperken de bereidheid om in kapitaalintensieve waterstofketens te investeren. Dit werkt door in de verwachte volumes van waterstof(dragers).

Tegelijkertijd blijven de industriële cluster rond de Noordzeehavens (dat wil zeggen North Sea Ports, Port of Rotterdam en Port of Amsterdam) significante voordelen bieden, onder andere vanwege onderlinge afhankelijkheden in grondstoffenstromen, infrastructuur en logistiek. Dit zorgt voor schaalvoordelen en ketenintegratie die niet eenvoudig te repliceren zijn. Verder kan clustervorming ook in de veranderende energiecontext de vraag naar waterstof(dragers) ondersteunen, mits randvoorwaarden toereikend blijven. Hierdoor is de vraag naar waterstof(dragers) niet alleen afhankelijk van technologie en infrastructuur, maar ook van bredere economische en strategische keuzes. De vraag is echter of deze voordelen opwegen tegen structureel hogere energiekosten en strengere randvoorwaarden. Zonder voldoende voorspelbaarheid in beleid en vergunningverlening neemt de investeringsbereidheid af en blijven volumes achter bij eerdere verwachtingen.

De rol van Nederland als productie-, import- en doorvoerland voor waterstofdragers is sterk verweven met Europese ontwikkelingen. De mate waarin Nederland een knooppuntfunctie kan vervullen, hangt samen met binnenlandse industriële vraag, de snelheid van infrastructuurontwikkeling en vraag (inclusief afstemming) in buurlanden.

Duitsland is van oudsher het buurland met potentieel de belangrijkste afzetmarkt. Tegelijkertijd heeft onzekerheid over de timing van de realisatie van Nederlandse infrastructuurprojecten ertoe geleid dat Duitsland alternatieve routes en importopties verkent. Daarbij wordt onder meer gekeken naar een noordelijke corridor richting Denemarken, een westelijke corridor via België, import via Duitse zeehavens en een zuidwestelijke verbinding richting Frankrijk en verder. Deze diversificatie van opties verkleint de vanzelfsprekendheid van een exclusieve Nederlandse doorvoerrol.

De positie van Nederland als doorvoerland is daarmee niet uitsluitend een functie van geografische ligging, maar in toenemende mate afhankelijk van de voortgang van binnenlandse projecten en de mate waarin deze aansluiten op de vraagontwikkeling elders in Europa. Achterblijvende realisatie vergroot het risico dat Nederland niet wordt gekozen als primaire corridor, met directe consequenties voor toekomstige volumes waterstof(dragers).

5.5 Gevolgen en toekomstige keuzes

De ontwikkeling van infrastructuur vormt een belangrijke randvoorwaarde voor de rol van waterstofdragers in het toekomstige energiesysteem. Investeringsvinden echter plaats in een context van aanzienlijke onzekerheid over volumes, timing en ruimtelijke spreiding van vraag en aanbod. Landelijke waterstofinfrastructuur, zoals de waterstofbackbone van Gasunie, kan worden beschouwd als een structurele enabler en noodzakelijke voorwaarde voor schaalvergroting. De analyse in deze studie laat zien dat ook bij gematigde volumes een netwerk voor gasvormige waterstoftransport vanuit systeemoptiek logisch blijft. Het creëert flexibiliteit en verbindt regionale initiatieven en internationale corridors in samenhang.

Tegelijkertijd werken onzekerheid en vertraging direct door in marktverwachtingen en investeringsbeslissingen. De vertraging van grensoverschrijdende verbindingen beïnvloedt bijvoorbeeld de strategische keuzes van Duitse partijen, die hun importopties diversifiëren en niet uitsluitend op één corridor inzetten. De relatie tussen infrastructuur en marktontwikkeling is daarmee wederkerig: zonder infrastructuur ontbreekt de fysieke basis voor grootschalige productie, import en gebruik van waterstof, maar infrastructuur alleen garandeert geen volumegroei. Investeringsbereidheid hangt tevens samen met energieprijzen, internationale concurrentiepositie, industriële strategieën en beleidsstabiliteit. Deze spanning is kenmerkend voor transitieprocessen, waarin infrastructuur deels anticiperend moet worden ontwikkeld, terwijl de uiteindelijke vraag zich nog moet uitkristalliseren.

Voor ammoniak geldt dat de volumes richting 2035 in deze studie onvoldoende onderbouwing bieden voor de aanleg van een aparte ammoniakleiding. De geprojecteerde stromen kunnen binnen de gehanteerde bandbreedtes met bestaande transportmodaliteiten worden afgehandeld. Dit sluit een dergelijke leiding op langere termijn niet uit, maar maakt deze afhankelijk van substantiële volumegroei en duidelijke industriële vraag. Voor het netwerk voor gasvormige waterstof ligt dit anders. Onder randvoorwaarden, zoals beheersbare financieringsrisico's en een voorspelbare tariefstructuur, kan dit netwerk wél als no-regret-component worden aangemerkt, omdat het flexibiliteit en systeemwaarde biedt bij uiteenlopende ontwikkelpaden.

De analyse van transportmodaliteiten, ruimtegebruik en omgevingsveiligheid onderstreept dat de impact van waterstof(dragers) sterk samenhangt met schaal en tempo

van volumegroei. Binnen de scenario's tot 2035 blijven de volumes overwegend binnen een bandbreedte waarin het bestaande systeem robuust functioneert. De stromen concentreren zich daarbij tussen zeehavens en industriële clusters in het achterland, zoals Chemelot en het Ruhrgebied. Historische vervoerspatronen bieden richting, maar toekomstige modaliteitskeuzes worden mede bepaald door economische, logistieke en bestuurlijke afwegingen.

Vervoer over water biedt relatief meer fysieke ruimte en veiligheidsruimte dan spoor, terwijl spoorcorridors sneller zichtbaar worden in termen van groepsrisico en maatschappelijke gevoeligheid. Bij hogere volumes ligt een groter aandeel via water daarom voor de hand, mits logistiek passend. De ruimtelijke impact concentreert zich vooral in haven- en industrieclusters, waar installaties met verhoogd risicoprofiel op afstand van bebouwing worden gesitueerd. De omvang van veiligheidscontouren wordt daarbij in belangrijke mate bepaald door opslagvolumes en installatieontwerp, waardoor schaal en configuratie bepalend zijn voor de uiteindelijke risicoruimte en inpassingsmogelijkheden.

Bijlage 1. Technische uitgangspunten

RFNBO-verplichting transport

Vanuit de RED III wordt lidstaten opgedragen om een RFNBO-verplichting voor brandstofleveranciers aan de transportsector in te stellen. In Nederland is net als in de RED III de verplichting voor het gebruik van RFNBO's 1% van de totale energievraag. Dit komt met dubbelstellingen neer op ongeveer 5 PJ met subdoelen voor land, binnenvaart, zeevaart en luchtvaart. De verplichting voor de luchtvaart is ook vastgesteld door de ReFuelEU aviation. Deze legt verplichtingen op voor het gebruik van RFNBO's voor alle lidstaten²⁸. In de kamerbrief van 14 juli 2025 is het doel voor land verhoogd van 2 PJ naar 5,6 PJ. Vervolgens is door een aangenomen motie²⁹ daarop nog een subdoel voor directe inzet van waterstof op land opgenomen van 2 PJ.

Tabel 9 RFNBO-doelstellingen voor transport in Nederland 2030. Oorspronkelijke verplichting en de verplichtingen na ophogingen.

RFNBO-verplichtingen transport 2030	Oorspronkelijk	Na ophoging
Land	2 PJ	7,6 PJ
Binnenvaart	0,22 PJ	0,2 PJ
Zeevaart	1,72 PJ	1,7 PJ
Luchtvaart	1,1 PJ	1,1 PJ
Totaal subdoelen	5,04 PJ	10,6 PJ

Doorvertaling naar 2035

Voor 2035 zijn er nog geen verplichtingen voor RFNBO's in het transport vastgesteld in de RED III, en ook niet in Nederlandse wetgeving. Wel is er in de ReFuelEU aviation een verplichting van 5% ten opzichte van 0,7% (of 1,2% gemiddeld) voor het gebruik van directe inzet van e-SAF vastgesteld in 2035.

De Duitse overheid heeft tot 2040 verplichtingen opgelegd voor het gebruik van RFNBO's in het transport. Dit komt neer op 2,5% voor 2035 zonder dubbelstellingen. Alleen de dubbelstellingen voor luchtvaart zijn van kracht vanuit de ReFuel EU Aviation.

Voor 2035 is de volgende aanpak gekozen:

Aanname voor het 'status Quo'- en 'krimp zet door'-scenario dat Nederland eenzelfde doel voor 2035 neerlegt als in

Duitsland. In Nederland is er nu wel dubbelstelling in het 'status quo'- en krimp zet door' scenario, we gaan er in deze scenario's van uit dat dit doorzet. Dit betekent effectief dat de verplichtingen schalen met een factor 2,5. De enige uitzondering is dat de ophogingen van het oorspronkelijke doel voor land niet worden meegeschaald. Dit betekent dat de oorspronkelijke 2 PJ op land geschaald wordt naar 5 PJ, daarbovenop komt de ophoging van 5,6 PJ. Voor het 'stijgende lijn'-scenario gaan we er vanuit dat die dubbelstelling er niet is en dit schaal met een factor 5.

Tabel 10 Gehanteerde RFNBO-verplichtingen voor transport in de scenario's voor Nederland.

Jaar	2030	2035 - Stijgende lijn	2035 - Status quo en krimp zet door
Land	7,6 PJ	15,6 PJ	10,6 PJ
Binnenvaart	0,2 PJ	1,1 PJ	0,6 PJ
Zeevaart	1,7 PJ	8,6 PJ	4,3 PJ
Luchtvaart	1,1 PJ	5,5 PJ	5,5 PJ
Totaal	10,6 PJ	30,8 PJ	21,0 PJ

Duitsland

In Duitsland zijn er al verplichtingen voor het gebruik van RFNBO's in het transport voor 2030 en 2035. In 2030 is de verplichting 1,2%, in 2035 is deze verplichting 2,5% van het totale energieverbruik. Voor de luchtvaart en zeevaart telt een dubbelstelling van een factor 1,5 waardoor de verplichting effectief op 0,8% neerkomt in 2030 en 1,67% in 2035 voor deze sectoren. Voor de vertaling van percentages naar hoeveelheden energie is gebruikgemaakt van data van Eurostat voor transportbrandstoffen.

Tabel 11 Gehanteerde RFNBO-verplichtingen voor transport in Duitsland.

Jaar	2030	2035
Land	25,0 PJ	52,1 PJ
Binnenvaart	0,12 PJ	0,25 PJ
Zeevaart	0,4 PJ	0,9 PJ
Luchtvaart	3,1 PJ	12,9 PJ
Totaal	28,6 PJ	66,1 PJ

²⁸ TNO: Een raffinageroute toekomstwaarde voor groene waterstof in Nederland

²⁹ Aangenomen motie over ophoging RFNBO doel voor land met 2 PJ direct inzet

	Algemene toelichting	2030	2035 - Status Quo	2035 - Stijgende lijn	2035 - Krimp zet door	
TRANSPORT	RNFBO-verplichting	Zie bijlage RNFBO-verplichtingen transport (bijlage 1)				
	Invulling RNFBO-verplichting land	Alleen het subdoel voor directe inzet (2PJ) wordt ingevuld met gasvormige waterstof. Deze toepassing is relatief duur, en daarom wordt er naar verwachting niet meer ingezet dan de verplichting. Dit uitgangspunt is voor alle varianten hetzelfde.	Verplichting: 7,6 PJ, waarvan 2 PJ directe inzet. (zie bijlage 1). De 5,6 PJ wordt voor 80% ingevuld met de raffinageroute en voor 20% methanol bijgemengd. De raffinageroute is een kosteneffectieve methode om aan de land doelstelling te voldoen. Desondanks kan het zijn dat een deel van de verplichting wordt ingevuld door het bijmengen van goedkope geïmporteerde e-methanol	Verplichting: 10,6 PJ, waarvan 2 PJ directe inzet. (zie bijlage 1). De 8,6 PJ wordt voor 80% ingevuld met de raffinageroute en voor 20% methanol bijgemengd. De raffinageroute is een kosteneffectieve methode om aan de land doelstelling te voldoen. Desondanks kan het zijn dat een deel van de verplichting wordt ingevuld door het bijmengen van goedkope geïmporteerde e-methanol	Ingeschatte verplichting: 15,6 PJ, waarvan 2 PJ directe inzet. (zie bijlage 1) Van de 13,6 PJ van de verplichting op land wordt 10% ingezet via het bijmengen van e-methanol in fossiele brandstoffen. In dit scenario wordt uitgegaan van een competitievere raffinageroute dan in de andere scenario's	Verplichting: 10,6 PJ, waarvan 2 PJ directe inzet. (Zie bijlage 1). rdt voor 20% ingevuld met de raffinageroute en voor 80% methanol bijgemengd. In dit scenario verwachten we dat de kosten van groene waterstof dusdanig hoog uitvallen dat het bijmengen van geïmporteerde e-methanol goedkoper is. Er kan maar een bepaalde mate bijgemengd worden en daarom wordt er ook waterstof in de raffinageroute gebruikt om aan de verplichting te voldoen.
	Invulling RNFBO-verplichting binnenvaart	Vanwege de relatief hoge NOx emissies bij ammoniakverbranding is aangenomen dat ammoniak niet als brandstof wordt ingezet in de binnenvaart. De uitrol voor (e-)methanol voor de binnenvaart als brandstof moet nog op gang komen en daarom wordt dit verhoudingsgewijs laag ingeschat.	Raffinage route 40%, directe inzet H ₂ 50%, e-methanol bunkeren 10%	In het status quo scenario is de verwachting dat er meer schepen op (e-) methanol zullen varen en dit aandeel toeneemt t.o.v. directe inzet.	Door de gunstige prijs van waterstof is het uitgangspunt in dit scenario dat 50% van de verplichting ingevuld wordt met de raffinage route en 40% directe inzet. 10% wordt ingevuld met e-methanol (uit import).	Door de hoge kosten van waterstofproductie in Nederland wordt er in verhouding veel geïmporteerde e-methanol gebruikt om aan de verplichting te voldoen. Raffinageroute 30%, directe inzet H ₂ 20%, e-methanol 50%.
	Invulling RNFBO-verplichting zeevaart	Directe inzet van waterstof is niet geschikt voor de omvang en afstand die zeeschepen afleggen. Om aan de RNFBO-verplichting te kunnen voldoen kan er ingezet worden op e-methanol, e-ammoniak, of het kopen van certificaten uit de raffinageroute.	In 2030 zijn schepen varend op methanol en ammoniak beperkt beschikbaar. Daarom is het uitgangspunt dat de helft van de verplichting wordt ingevuld via de raffinageroute. De ontwikkeling van methanol aandrijvingen lijkt verder gevorderd met de eerste schepen die al op methanol varen. Ammoniak schepen bevinden zich nog in de pilot fase. Daarom is het uitgangspunt dat e-ammoniak 10% van de verplichting invult en e-methanol 40%. ³⁰	Ten opzichte van 2030 groeit de vloot van zero emissie schepen waardoor nog maar 40% van de verplichting ingevuld wordt via de raffinageroute. Het aandeel ammoniakschepen neemt iets verder toe tot 20% van de totale verplichting, e-methanol is goed voor 40% van de totale verplichting.	In het stijgende lijn scenario liggen de productiekosten voor groene waterstof lager dan in het "status quo" scenario. Dat resulteert in een competitievere raffinageroute die 50% van de verplichting invult. E-methanol voorziet in 30% van de behoefte en ammoniak 20%.	Door de hoge kosten van waterstof is de raffinageroute niet competitief ten opzichte van de import van e-ammoniak en e-methanol waardoor slechts 10% van de verplichting wordt ingevuld met de raffinageroute, in volumes ongeveer gelijk aan 2030. 50% van de verplichting wordt ingevuld met e-methanol, 20% met e-ammoniak.
	Invulling RNFBO-verplichting luchtvaart	Naar verwachting zal directe inzet in de luchtvaart verwaarloosbaar klein zijn. Op dit moment zijn er nog enkel pilots met kleine vliegtuigen. Voor 2030 zijn toestellen nog niet geschikt. Voor 2035 zou de techniek verder zijn maar blijft de inzet beperkt tot kleine toestellen en korte vluchten. De volumes directe inzet zullen daarmee verwaarloosbaar zijn. Daarom wordt de volledige RNFBO-verplichting ingevuld met e-SAF	In 2030 kan naar verwachting de volledige vraag in Nederland geproduceerd worden als er 1 e-saf plant operationeel is. De benodigde e-methanol wordt geïmporteed.	Door concurrentie uit het buitenland wordt de helft van de e-fuels in dit scenario geïmporteed en 50% in Nederland geproduceerd. De benodigde e-methanol wordt geïmporteed.	Door het gunstigere vestigingsklimaat wordt er meer e-SAF in Nederland geproduceerd en wordt 20% geïmporteed. De benodigde e-methanol dient wel geïmporteed te worden.	Door de hoge kosten van waterstof en een ongunstig vestigingsklimaat voor industrie in Nederland wordt het merendeel van de e-SAF geproduceerd en blijft het volume lokale productie ongeveer gelijk aan 2030, wat resulteert in 20% van de verplichting.
	E-fuel productie	De Methanol-to-Jet (MtJ) route lijkt de meest aantrekkelijke route te zijn (t.o.v. Fischer Tropsch) voor de productie van e-SAF. De meeste aangekondigde initiatieven zijn gebaseerd op deze route. Om synthetische kerosine te maken is er synthetische methanol en CO ₂ als grondstof nodig. In het proces is ook waterstof benodigd maar naar verwachting weinig ten opzichte van methanol. Het voordeel van de MtJ route is dat de selectiviteit van het proces hoog is. Dit betekent dat de fractie van het gewenste product relatief hoog is (tot 90%). Bij het Fischer Tropsch proces is de selectiviteit maximaal 60%, wat betekent dat er ook andere brandstoffen zoals synthetische diesel geproduceerd wordt. Daarom is aangenomen dat de productie in Nederland plaatsvindt met de MtJ route. Uitgangspunt is dat voor de invulling van de verplichting voor 80% e-methanol benodigd is en 20% waterstof. Het proces is 90% selectief, wat betekent dat voor elke PJ e-kerosine er ook 1/9e PJ synthetische diesel geproduceerd wordt.				
	Raffinageroute	Met de "Raffinageroute" wordt bedoeld het inzetten van groene waterstof als vervanging van fossiele waterstof in raffinageprocessen voor de productie van conventionele transportbrandstoffen zoals benzine, diesel en kerosine. Binnen RED III mag de waterstof die zo in de raffinaderij wordt gebruikt, onder voorwaarden worden meegeteld als RNFBO-inzet voor de transportsector. In Nederland wordt dit technisch vertaald naar RARE-eenheden (raffinage-reductie-eenheden) die ontstaan door inzet van hernieuwbare waterstof in raffinaderijen en die worden gebruikt om aan de RNFBO-subverplichting te voldoen.				
	E-methanol bijmengen	Het bijmengen van e-methanol bij fossiele brandstoffen, zoals nu ook gebeurt met het bijmengen van ethanol bij benzine kan een kosteneffectieve methode zijn om te voldoen aan de RNFBO verplichting als e-methanol goedkoop geïmporteed kan worden. Omdat E-10 benzine ten minste 8,5% (vol) biobrandstof moet bevatten en minimaal 7,5% (vol) ethanol moet bevatten, en het zuurstofgehalte niet te hoog mag worden is er een bovengrens (2,3% vol) aan de hoeveelheid e-methanol die nog bijgemengd kan worden. Dit is ongeveer 108 ktpa e-methanol per jaar. Bij de terminals kan e-methanol bijgemengd worden om de brandstoffen te vergroenen. Via deze route telt het aandeel e-methanol mee voor de RNFBO verplichting. Als de kosten voor productie van waterstof hoog liggen verwachten we dat deze optie met geïmporteerde e-methanol relatief aantrekkelijker wordt ten opzichte van de raffinageroute. In het Krimp zet door scenario verwachten we daarom een grotere verhouding bijmenging van e-methanol.				

30 <https://www.spglobal.com/energy/en/news-research/latest-news/agriculture/032125-methanol-holds-edge-over-ammonia-as-green-marine-fuel-alternative-in-near-term-proman>

	Algemene toelichting	2030	2035 - Status Quo	2035 - Stijgende lijn	2035 - Krimp zet door	
INDUSTRIE	RFNBO-verplichting	Vanuit de RED III is er een lidstaatverplichting voor het gebruik van RFNBO's ter vervanging van fossiele waterstof. De lidstaatverplichting is vastgesteld op 42% voor 2030 en 60% voor 2035. Bijna alle waterstof wordt momenteel in de industrie gebruikt. De Nederlandse overheid heeft er voor gekozen om een industrieverplichting van 4% in 2030 op te leggen aan industriële bedrijven die fossiele waterstof gebruiken. Dit betekent dat 4% van de grondslag ingevuld moet worden door RFNBO's. In 2035 stijgt dit naar 9,9%.	In 2030 is de wettelijke verplichting 4% RFNBO van het huidige waterstofverbruik.	In 2035 is de wettelijke verplichting 9,9% RFNBO van het huidige waterstofverbruik.		
	Chemische industrie	Mogelijke vraag naar RFNBO waterstof als grondstof voor bioplastics en soortgelijke toepassingen is op korte termijn verwaarloosbaar en is dus niet gekwantificeerd in deze studie. De circulariteitsverplichtingen kunnen namelijk ook worden ingevuld met recyclaat. In 2030 is er ruim voldoende recyclaat beschikbaar om aan deze verplichtingen te voldoen. Verder ontbreken momenteel concrete beleidskaders voor het gebruik van biograndstoffen, zo blijkt uit CE Delft (2024) - Kennisbasis biograndstoffen.	In 2030 wordt uitgegaan van het voortbestaan van de huidige ketens met een gelijk productievolume. Groene waterstof vervangt grijze waterstof om aan de verplichting te kunnen voldoen.	Het status-quo-scenario veronderstelt het voortbestaan van de huidige ketens, maar een afname van het productievolume met 20% als gevolg van de aanhoudende verslechtering van de marktomstandigheden. Groene waterstof vervangt grijze waterstof om aan de verplichting te kunnen voldoen.	Het Stijgende Lijn-scenario veronderstelt vergroening van ketens, en met behoud van het huidige productievolume. Groene waterstof vervangt grijze waterstof om aan 80% de verplichting te kunnen voldoen. De overige 20% wordt ingevuld door het vervangen van grijze methanol met e-methanol.	Het Krimp zet door-scenario gaat uit van het verplaatsen van een deel van bestaande ketens naar het buitenland, waardoor het eindgebruik van waterstof in de chemische industrie met 50% afneemt ten opzichte van het huidige verbruik. Om aan de verplichting te voldoen wordt grijze waterstof vervangen door groene waterstof.
	Staalproductie	Omdat er geen waterstof gebruikt wordt in de sector is er geen RFNBO-verplichting. Het gebruik van waterstof in DRI-installaties is wel een effectieve manier om de staalproductie te vergroenen. Waterstof is op dit moment echter te duur om dit kosteneffectief te doen. Tata Steel heeft plannen voor een DRI-installatie in combinatie met een Electronic Arc Furnace (EAF) die 2,5 MT groen staal kunnen produceren. Deze DRI kan gebruiken maken van aardgas, biogas en waterstof.	Er zijn naar verwachting in 2030 geen installaties die waterstof kunnen gebruiken voor de productie van staal.	In dit scenario wordt er vanuit gegaan dat Tata Steel aardgas of biogas in de DRI-installatie zal gebruiken en geen waterstof.	Tata Steel zal alleen waterstof gebruiken als het financieel aantrekkelijk is. Alleen in het Stijgende lijn scenario gaan we ervanuit dat er tot 20% groene waterstof gebruikt wordt. Uitgaande van 60kg waterstof per ton staal resulteert dit in een waterstofvraag van 30 ktpa.	In dit scenario wordt er vanuit gegaan dat Tata Steel aardgas of biogas in de DRI-installatie zal gebruiken en geen waterstof.
	Ammoniak & Kunstmest	Vooralsnog is ammoniak voor kunstmestproductie voor 60% uitgesloten uit de RFNBO-verplichting. Tijdens interviews is gebleken dat het vervangen van grijze waterstof voor groene waterstof bij ammoniakproductie te duur is. E-ammoniak importeren is goedkoper dan lokale productie. Daarom verwachten we niet dat e-ammoniak in Nederland en Duitsland geproduceerd zal worden. Daarom zal aan de verplichting worden voldaan middels het direct importeren van e-ammoniak. Dit vervangt de import of productie van ammoniak op basis van fossiele brandstoffen.	De vrijstelling van 60% leidt tot een effectieve verplichting van 1,6% in 2030. Dit zal worden ingevuld via import van e-ammoniak. Het productievolume blijft ongewijzigd.	Uitgangspunt is dat de vrijstelling ook in 2035 nog actief is en leidt tot een effectieve verplichting van 3,96% in 2035. Dit zal worden ingevuld via import van e-ammoniak. Het productievolume neemt af met 20%, in lijn met de huidige trend waarin de productievolumes geleidelijk afnemen.	Uitgangspunt is dat de vrijstelling ook in 2035 nog actief is en leidt tot een effectieve verplichting van 3,96% in 2035. Dit zal worden ingevuld via import van e-ammoniak. Het productievolume blijft ongewijzigd.	Uitgangspunt is dat de vrijstelling ook in 2035 nog actief is en leidt tot een effectieve verplichting van 3,96% in 2035. Dit zal worden ingevuld via import van e-ammoniak. Het productievolume neemt af met 50%, in lijn met de huidige trend waarin de productievolumes geleidelijk afnemen.
	Overige gebruikers industrie	Ook de overige sectoren waarin waterstof wordt gebruikt zijn onderhevig aan de RFNBO-verplichting voor de industrie (4% in 2030, 9,9% in 2035).	4% van het huidige waterstofverbruik in overige industrieën levert een vraag van 1 ktpa op	9,9% van het huidige waterstofverbruik in overige industrieën levert een vraag van 2 ktpa op	9,9% van het huidige waterstofverbruik in overige industrieën levert een vraag van 2 ktpa op.	9,9% van het huidige waterstofverbruik in overige industrieën levert een vraag van 2 ktpa op
	Warmtevraag industrie	Er wordt geen significante aanvullende vraag verwacht. Er zijn geen verplichtingen voor het gebruik van RFNBO's voor warmte. Alleen in het stijgende lijn scenario wordt aangenomen dat er aanvullende vraag is vanuit Cluster 6 bedrijven die mogelijk niet over andere decarbonisatie opties beschikken en met aanvullende beleid wel gebruik kunnen maken van RFNBO's.	Geen significante aanvullende vraag	Geen significante aanvullende vraag	Volgens CES Cluster 6 is de beoogde waterstofvraag vanuit deze industrie 2,2 TWh (66 ktpa gasvormige waterstof) in 2030. Wegens vertraging van infrastructuur en het uitblijven van investeringsbeslissingen wordt aangenomen dat dit potentieel alleen gerealiseerd wordt in het Stijgende lijn scenario, in 2035. Mogelijk komt er ook een vraag aan synthetische waterstofdragers op gang, maar dit is niet meegenomen vanwege de kleine schaal.	Geen significante aanvullende vraag
	Vraagsubsidie	STIHWI subsidie: Inwerkingtreding: 1 januari 2027. Looptijd: 4-8 jaar. Beschikbaar bedrag: € 662 miljoen. Uitgangspunt is een looptijd van 8 jaar (tot 2035) en een gemiddelde subsidie van € 3,50 per kg H ₂ . Dit resulteert in gemiddeld circa 24 ktpa aan extra vraag. Mogelijk zal dit in de eerste jaren wat lager uitvallen en later wat hoger. Vanwege lange contractperiodes en voor simpliciteit hanteren we een constante vraag van 24 ktpa per jaar.	24 ktpa, zoals uitgelegd in de algemene toelichting	24 ktpa, zoals uitgelegd in de algemene toelichting	De vraagsubsidie is niet apart opgenomen in dit scenario. De 24 ktpa is verwerkt in de waterstof vraag voor warmteopassing in (cluster 6) industrie en de staalindustrie.	24 ktpa, zoals uitgelegd in de algemene toelichting

	Algemene toelichting	2030	2035 - Status Quo	2035 - Stijgende lijn	2035 - Krimp zet door	
OVERIGE SECTOREN	Elektriciteitsproductie	Gascentrales kunnen met aanpassingen 'H ₂ -ready' worden gemaakt, waardoor waterstof kan worden bijgestookt, of aardgas volledig vervangen. De Maxima centrale in Flevoland is koploper op dit gebied.	Wegens o.a. een vertraagde infrastructuur, een te hoge waterstofprijs, en technische beperkingen bij energiecentrales wordt hier geen waterstofvraag verwacht.	In het Horizon Aanvoer scenario (2030) van Netbeheer Nederland is een waterstofvraag van 2 TWh vanuit elektriciteitscentrales opgenomen. In de andere scenario's van Netbeheer Nederland is geen waterstofvraag vanuit centrales. In deze studie wordt aangenomen dat de 2 TWh waterstofvraag enkel wordt gerealiseerd in het Stijgende lijn scenario in 2035. Omdat er nog geen beleid is voor het gebruik van waterstof in elektriciteitscentrales is het uitgangspunt dat 50% van de vraag met 50% RFNBO waterstof ingevuld wordt. Dit resulteert in een gasvormige RFNBO waterstofvraag van 30 ktpa.	Wegens o.a. een vertraagde infrastructuur, een te hoge waterstofprijs, en technische beperkingen bij energiecentrales wordt hier geen waterstofvraag verwacht.	
	Bijmengen gasnet	Voor deze toepassing bestaat geen RFNBO-verplichting, daarnaast zijn er geen initiatieven in Nederland voor het bijmengen van waterstof in het aardgasnetwerk en lijkt het vrijwillig gebruik voorlopig te duur.				
	Warmte gebouwde omgeving	Voor deze toepassing bestaat geen RFNBO-verplichting. Er bestaat ook nog geen beleid of concrete plannen.				
PRODUCTIE, IMPORT EN EXPORT	Elektrolyse	Bij het bepalen van de geproduceerde volumes door binnenlandse elektrolyse zijn de volgende aannames gehanteerd: een elektriciteitsverbruik van 51 kWh per kilogram H ₂ , 4.800 vollasturen per jaar, en daarmee een productiecapaciteit van 94,1 ktpa H ₂ per GW elektrolysevermogen. Deze gegevens zijn gebaseerd op de TNO-studie over de raffinageroute ³¹ .	Het elektrolyse doel van de Nederlandse overheid voor 2030 is 1GW. De projectie voor 2030 in deze studie is gebaseerd op projecten met FID en op projecten die OWE-subsidie hebben ontvangen. Al deze projecten komen samen op ongeveer 1,15 GW uit. Uit de projecten die subsidie ontvangen nemen we aan dat ongeveer 150 MW van de circa 750 MW niet gerealiseerd zal worden. Daarmee bedraagt het totale elektrolysevermogen voor 2030 circa 1 GW. Ook wordt rekening gehouden met het feit dat 65% van de productie van het ELYgator project naar België wordt getransporteerd.	In het Status quo-scenario blijft significante opschaling uit en groeit het de elektrolysecapaciteit slechts matig tot 1,75 GW, de helft van het elektrolyse vermogen in het stijgende lijn scenario.	Het doel van de Nederlandse overheid voor 2035 is 3-4 GW aan elektrolysecapaciteit. In het Stijgende lijn-scenario wordt aangenomen dat dit doel wordt behaald en is daarom 3,5 GW elektrolysecapaciteit opgenomen.	In het Krimp zet door-scenario verwachten we vrijwel geen additionele elektrolysecapaciteit ten opzichte van 2030. De reden is dat de productiekosten van waterstof dan te hoog blijven, waardoor hoogwaardige e-producten zoals e-methanol, e-SAF en e-ammoniak worden geïmporteerd. De resterende vraag naar gasvormige waterstof in Nederland verandert nauwelijks ten opzichte van 2030 en wordt ingevuld met binnenlandse elektrolyse, waardoor de capaciteit in dit scenario uitkomt op circa 1,25 GW.
	Conversie naar gasvormig	Omdat er val ervaring is met het vervoeren en opslaan van ammoniak en ook de eerste ammoniak krakers gebouwd worden is het uitgangspunt in alle scenario's dat voor conversie naar gasvormige waterstof ammoniak gebruikt wordt. Er zijn ook signalen van andere vergoedere initiatieven zoals een terminal voor LH ₂ in NZKG. Daarom is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om een beeld te krijgen van de volumes als de verdeling van dragers voor conversie anders uitpakt.				
	Productie dragers	Er vindt geen productie van e-methanol en e-ammoniak in Nederland plaats omdat dit niet kosten effectief is.				
Import-verwachting	De volumes aan geïmporteerde waterstofdragers worden gestuurd door twee factoren: (1) de vraag naar waterstofdragers voor eindgebruik en (2) de vraag naar dragers die moeten worden omgezet naar gasvormige waterstof. In alle scenario's gebeurt die conversie via ammoniak, zie de toelichting 'Conversie naar gasvormig'.					
DUITSLAND	Algemeen	Tenzij anders vermeld (zoals onderstaande kolommen) worden dezelfde uitgangspunten als voor Nederland gehanteerd.				
	RFNBO-verplichting transport	Voor de invulling van de verplichting worden dezelfde aannames als voor Nederland gehanteerd.				
	RFNBO-verplichting Industrie	Voor de Duitse industrie bestaan, naast de Europese RFNBO doelen, geen nationale RFNBO-verplichtingen voor de industrie. In de studie is daarom voor de industrie dezelfde (relatief lage) RFNBO-verplichting aangenomen als in Nederland: 4% van het huidige verbruik in 2030, en 9,9% in 2035. Dit is in lijn met het feit dat de Duitse overheid plannen heeft om blauwe waterstof hetzelfde te behandelen als RFNBO waterstof. ³²	In 2030 is de vraag in de basis 4% RFNBO ten opzicht van het huidige waterstofverbruik. Daarbovenop komt nog additionele vraag uit de staalsector.	In 2035 is de vraag in de basis 9,9% RFNBO van het huidige waterstofverbruik. Daarbovenop kan additionele vraag komen per scenario		
Chemische industrie		Zelfde aannames als in Nederland	Zelfde aannames als in Nederland	Dezelfde aannames als in Nederland worden gehanteerd. De ondergrens van 9,9% RFNBO-verplichting wordt echter overschreven door de Duitse prognose van Fraunhofer (2025) – Hintergrundszenarien zur Festlegung des Hochlaufentgelts im Wasserstoff-Kennnetz. Hier wordt uitgegaan van een waterstofvraag in de chemiesector van 1,2 TWh in 2030 en ongeveer 3 TWh in 2035. Dit komt overeen met een vraag van circa 90 ktpa waterstofequivalenten, waarbij, net als in Nederland, wordt aangenomen dat 80% gasvormig is en 20% in de vorm van methanol.	Zelfde aannames als in Nederland	

31 <https://open.overheid.nl/documenten/2703d8dc-f33b-48f5-845c-ab6346c9d0c6/file>32 bron: <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energiewende-effizient-machen.html>

	Algemene toelichting	2030	2035 - Status Quo	2035 - Stijgende lijn	2035 - Krimp zet door	
DUITSLAND	Staalproductie	Ook de staalindustrie in Duitsland valt niet onder Europese RFNBO doelen, wegens het ontbreken van huidig waterstofverbruik. Duitsland heeft grote ambities om de sector te vergroenen. Dit kan door steenkool gestookte hoogovens te vervangen door DRI installaties. De DRI installaties kunnen met aardgas of met waterstof gebruikt worden. Wegens de hoge prijzen van RFNBO waterstof is het vaak nog onduidelijk of deze installaties gebruik gaan maken van aardgas, RFNBO waterstof of blauwe waterstof voor staalproductie.	1e fase Salzgitter (bron) Bouw DRI installatie die op aardgas of waterstof kan draaien. Combinatie met 9 ktpa eigen productie. Uitgangspunt: 9 ktpa vraag RFNBO H ₂ . https://eurometal.net/salzgitter-delays-salcos-hydrogen-steel-project-by-three-years/	In het Status quo scenario wordt uitgegaan van 66 ktpa RFNBO waterstofvraag vanuit de Duitse staalindustrie. Dit is de helft van de in 2030 verwachte waterstofvraag afkomstig uit het Budget+ scenario in deze Fraunhofer-studie ³³ . De conservatieve aanpak vloeit voort uit het feit dat de Fraunhofer-studie geen onderscheid maakt tussen RFNBO en blauwe waterstof. Een aanzienlijk deel van Fraunhofer's verwachting kan daarom mogelijk worden ingevuld met blauwe waterstof.	Volgens Fraunhofer ³⁴ bedraagt de totale potentiële waterstofvraag vanuit de Duitse staalindustrie, ongeacht het jaartal, ongeveer 56 TWh (1,7 miljoen ton). In het Stijgende Lijn-scenario wordt ervan uitgegaan dat 20% van deze potentie wordt gerealiseerd. Dit komt in volume overeen met de Fase 1 van Salzgitter staal Thyssenkrupp die volledig op waterstof draaien.	In het Krimp zet door-scenario wordt geen toename van de waterstofvraag ten opzichte van 2030 verwacht. Direct Reduced Iron (DRI) op basis van aardgas of op basis van blauwe waterstof speelt hier een grotere rol.
	Additionele vraag industrie	Additionele waterstofvraag vanuit de industrie in Duitsland valt niet onder Europese RFNBO doelen, wegens het ontbreken van huidig waterstofverbruik. Voor Duitsland geldt de aanname wel dat het volume dat in Nederland door de STIHWI subsidie tot stand zou komen ook hier aan de vraag wordt toegevoegd.	Geen additionele waterstofvraag naast het volume dat met een vergelijkbare vraagsubsidie tot stand zou kunnen komen. De waterstofmarkt is nog niet dusdanig ontwikkeld dat er vrijwillig wordt overgestapt naar RFNBO waterstof(dragers).		Volgens Fraunhofer ³⁵ bedraagt de totale potentiële waterstofvraag vanuit overige industrieën zonder huidige waterstofvraag, ongeacht het jaartal, ongeveer 91 TWh (2,2 miljoen ton per jaar). In het Stijgende Lijn-scenario wordt ervan uitgegaan dat 10% van deze potentie wordt gerealiseerd in de vorm van RFNBO's in 2035. Dit resulteert in 226 ktpa waterstofequivalenten. Aangenomen wordt dat 80% gasvormig zijn en 20% in de vorm van ammoniak.	Geen additionele waterstofvraag naast het volume dat met een vergelijkbare vraagsubsidie tot stand zou kunnen komen. De waterstofmarkt is nog niet dusdanig ontwikkeld dat er vrijwillig wordt overgestapt naar RFNBO waterstof(dragers).
	Elektriciteitsproductie	Voor een concurrerend Duits energiesysteem worden gascentrales met een waterstofswitch als belangrijk gezien in aanloop naar de uitfasering van kernenergie en de afbouw van kolencentrales tot 2038. De omschakeling naar waterstof zal echter, zonder aanvullende beleidsinstrumenten, pas plaatsvinden wanneer de gecombineerde prijs van aardgas en CO ₂ -uitstoot hoger wordt dan de prijs van waterstof. Hierdoor wordt verwacht dat het gebruik in deze sector pas significant groeit vanaf 2035. Fraunhofer (2025) - Hintergrundszenarien zur Festlegung des Hochlaufentgelts im Wasserstoff-Kernnetz	Zelfde aannames als in Nederland	Zelfde aannames als in Nederland	Wegens aanvullende beleidsinstrumenten wordt het gebruik van waterstof in elektriciteitscentrales financieel haalbaar. In ewi (2025) - Energiewende. Effizient. Machen. wordt in exploratieve scenario's uitgegaan van een waterstofvraag in de elektriciteitssector tussen 0 en 20 TWh. In het Stijgende Lijn scenario wordt daarom uitgegaan van een gasvormige waterstofvraag van 10 TWh, waarvan de helft (150 ktpa) RFNBO.	Zelfde aannames als in Nederland
	Elektrolyse	Bij de omrekening van geïnstalleerde elektrolyse capaciteit [GW] naar waterstofproductie [ktpa] zijn dezelfde aannames als in Nederland gehanteerd.	Volgens een recente (2026) analyse van de Universiteit van Keulen ³⁶ is momenteel 181 MW aan elektrolysecapaciteit geïnstalleerd in Duitsland. Daarnaast is 1,3 GW aan capaciteit in aanbouw of heeft een investeringsbeslissing genomen. Hierdoor kan in 2027 een operationele capaciteit van 1,5 GW worden verwacht. Op basis hiervan gaat deze studie in de projectie voor 2030 uit van een elektrolysecapaciteit van 2 GW.	In het Status quo-scenario wordt het huidige tempo van opschaling van elektrolyse voortgezet, waarmee wordt aangenomen dat de capaciteit naar ongeveer 4 GW in 2035 groeit. Dit is de helft van het Stijgende lijn scenario, dezelfde schaling als in Nederland.	In het Stijgende Lijn-scenario wordt uitgegaan van een elektrolysecapaciteit van circa 8 GW, ongeveer in lijn met exploratieve scenario's van Fraunhofer. ³⁷	In het Krimp zet door-scenario vindt slechts een beperkte opschaling van elektrolyse plaats. Aangenomen wordt dat de capaciteit in 2035 uitkomt op circa 3 GW
	Import dragers	De volumes aan geïmporteerde waterstofdragers worden gestuurd door twee factoren: (1) de vraag naar waterstofdragers voor eindgebruik en (2) de vraag naar dragers die moeten worden omgezet naar gasvormige waterstof. In alle scenario's gebeurt die conversie via ammoniak, zie de toelichting 'Conversie naar gasvormig'.	Alle gasvormige tekorten worden ingevuld met conversie van ammoniak. De benodigde ammoniak voor conversie wordt voor 50% geïmporteerd door Duitse havens, en gebruikt in krakers in die havengebieden. De Duits havens importeren ook zelf de bunkerbrandstoffen. De overige dragers worden voor 80% via Nederland geïmporteerd, en 20% door andere buurlanden voor Duitsland.	In elk 2035 scenario geldt de aanname dat het Duitse binnenlandse tekort aan gasvormige (RFNBO) waterstof voor 30% wordt ingevuld via conversie van geïmporteerde ammoniak, de andere 70% wordt geïmporteerd via buisleidingen. De benodigde ammoniak voor conversie wordt voor 50% geïmporteerd door Duitse havens, en gebruikt in krakers in die havengebieden. De Duits havens importeren ook zelf de bunkerbrandstoffen. De overige dragers worden voor 80% via Nederland geïmporteerd, en 20% door andere buurlanden voor Duitsland.		
	Import pijpleiding (gasvormig)	In de meest recente plannen voor de Europese waterstofinfrastructuur (ehb.eu) zijn meerdere grensovergangen met Duitsland opgenomen. Duitsland heeft daardoor diverse opties voor de import van gasvormige waterstof via pijpleidingen, niet alleen via Nederland, maar ook via andere buurlanden.	In 2030 wordt nog geen import via buisleidingen verwacht omdat de infrastructuur nog niet op grote schaal aanwezig is.	In elk 2035 scenario zijn de geïmporteerde volumes voor gasvormige waterstof gebaseerd op de aanname dat het Duitse binnenlandse tekort aan gasvormige (RFNBO) waterstof voor 70% wordt ingevuld via import van gasvormige waterstof via pijpleiding. Van de totale geïmporteerde gasvormige waterstof wordt aangenomen dat één derde via Nederland binnenkomt, en twee derden via andere buurlanden. De relatief beperkte rol van Nederland is het gevolg van verträgen in de DRC, waardoor Duitsland zijn focus deels heeft verlegd naar Denemarken, Spanje en Portugal		

33 <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/29abeba8-6422-44ff-8f43-6f94f31e5f59/content>

34 <https://isi.pages.fraunhofer.de/psphp/>

35 <https://isi.pages.fraunhofer.de/psphp/>

36 <https://www.ewi.uni-koeln.de/en/publications/developments-in-the-ramp-up-of-electrolysis-in-germany/>

37 <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/29abeba8-6422-44ff-8f43-6f94f31e5f59/content>

