

Rapport | 5 april 2023

Verkenning effecten duurzame energiedragers



**HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.**

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00
info@rhdhv.com
royalhaskoningdhv.com

In samenwerking met:

Studio Gear Up

studio Gear Up B.V.
Cruquiusweg 111 A
1019 AG Amsterdam,
the Netherlands
+31 20 2117205
email: info@studiogearup.com

Titel document: Verkenning effecten duurzame energiedragers

Referentie: Energiedragers Provincie Noord-Holland

Status: Draft

Datum: 5 april 2023

Projectnaam: Energiedragers N-H

Projectnummer: BI7995

Auteur(s):

Opgesteld door:

Gecontroleerd door:

Datum: 5 april 2023

Goedgekeurd door:

Datum/paraaf:

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever. Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en studio Gear Up B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.



1 Managementsamenvatting

Naast elektriciteit en warmte zijn duurzame brandstoffen belangrijke energiedragers in de transitie naar een klimaatneutrale samenleving in Noord-Holland. Passend beleid is nodig voor deze brandstoffen. Daarvoor is inzicht in de consequenties van duurzame brandstoffen voor Noord-Holland nodig. Een verkenning is uitgevoerd leidend tot een uitspraak onder welke voorwaarden duurzame brandstoffen wel en niet wenselijk zijn binnen de Noord-Hollandse context.

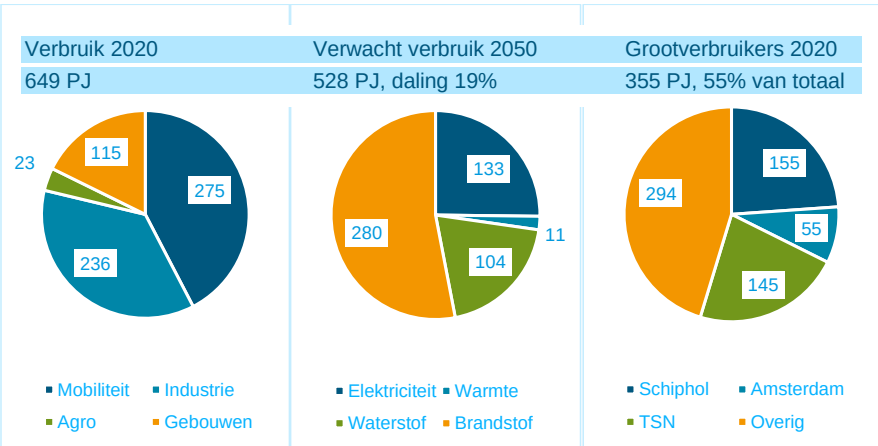
Noord-Holland wil bijdragen aan het behalen van het nationale klimaatdoel in 2030, dat is 55% CO₂ reductie ten opzichte van 1990, en heeft als ambitie in 2050 klimaatneutraal te zijn. Veel aandacht gaat tot nu toe uit naar elektriciteit, warmtetransitie en waterstof. Maar hoe zit het met de andere energiedragers? In welke mate hebben wij deze nodig en hoe kunnen wij ervoor zorgen dat inzet op een wenselijke en verantwoorde manier gebeurt? Onderstaande tabel geeft aan over welke energiedragers het gaat en wat naar verwachting hun relevantie is in 2030 en 2050.

Brandstofsoort	Tot 2030	Richting 2050
Waterstof	Demo	Grootschalig
Biobased gas: biogas, groen gas, bioLNG	Grootschalig	Grootschalig
Biobased vast: afval houtsnippers, pellets	Grootschalig	Grootschalig
Biobased vloeistof: biodiesel, bioethanol	Bijmenging	Grootschalig
Synthetische brandstoffen, E-fuel	Pilot	Grootschalig
Anorganische brandstoffen, ammoniak etc.	Verkenkend	Onbekend

Waterstof is brandstof en grondstof tegelijk. Het aanbod van wind offshore elektriciteit en de grootschalige vraag naar waterstof van vooral Tata Steel Nederland maakt dat in Noord-Holland een **waterstofeconomie** tot ontwikkeling kan komen. Waterstof is samen met koolstof uit een duurzame kringloop de bouwsteen voor **synthetische brandstoffen**, ook wel E-fuel genoemd omdat voor de productie elektriciteit nodig is. Deze E-fuel gaat op termijn de rol van de **vloeibare biobrandstoffen** deels overnemen. De vloeibare biobrandstoffen zijn de ‘drop in’ brandstof voor de fossiele kerosine, diesel en benzine. Waar het kan wordt vervoer elektrisch, maar brandstoffen blijven nodig, zeker in de luchtvaart en zwaar transport over water en land. **Vaste biomassa** en **biogas**, met daarvan afgeleide energiedragers zoals groen gas en bioLNG, worden een onderdeel van de **biobased economie** waarbij de grondstof zich beperkt tot residuen die niet bruikbaar zijn in voedsel of productketen. Het zijn gangbare toepassingen die op termijn wellicht in omvang gaan afnemen omdat het aanbod van biomassa en biogas afneemt.

Energieverbruik Noord-Holland nu en in 2050

Noord-Holland is een energie intensieve provincie. Niet alleen in het directe verbruik van energie maar ook door de rol van de Amsterdamse haven op het gebied van bunkerbrandstof voor zee- en binnenvaart, diesel en benzine en door Schiphol. De diagrammen typeren de Noord-Hollandse energiehuishouding, nu en naar verwachting in 2050.



- Energiehuishouding in Noord-Holland in drie taartdiagrammen (waarden in PJ):
- Mobiliteit en industrie zijn de grootste verbruikers in Noord-Holland, situatie 2020;
 - In 2050 spelen brandstoffen en waterstof een grote rol in de energiehuishouding;
 - Schiphol, Amsterdam bunkerhaven en Tata Steel zijn de grootverbruikers in 2020.

CO₂-reductie doelstellingen en de rol van duurzame brandstoffen

Duurzame brandstoffen zijn hard nodig om doelen op korte en lange termijn te halen, met alleen duurzame warmte en elektriciteit redden wij het niet. De CO₂-impact-analyse van Berenschot aangevuld door analyse van studio Gear Up maakt duidelijk dat de CO₂-reductie achterblijft in licht van het landelijke 55% doel. Een gat van 9 Mton in 2030 resteert als ook in Noord-Holland het nationale reductiedoel van 55% wordt gehanteerd.

Het vullen van dit gat is mogelijk, maar dit vereist wel meer aandacht voor energiebesparing, CO₂ verwijdering uit rookgassen gevolgd door opslag en/of nuttige toepassing (CCS, CCU) en de inzet van hernieuwbare brandstoffen in vooral de duurzame mobiliteit. De rol van de hernieuwbare brandstoffen laat zich samenvatten als omvangrijk in de mobiliteit en industrie en beperkt in de gebouwde omgeving en agrarische sector. Waar bij de industrie Tata Steel Nederland de drijvende kracht is voor de ontwikkeling van de waterstofeconomie, is de mobiliteit de drijvende kracht voor de ontwikkeling van brandstoffen die samenhangen met de ontwikkeling van de biobased economy. Daarbij gaat het vooral om Schiphol met bio-kerosine en de Amsterdamse haven met vrachtvervoer over water en weg met biodiesel, beide energiedragers worden op termijn aangevuld met synthetische brandstoffen.

Beleidskader voor duurzame brandstoffen in de EU en NL

Duurzame inzet van brandstoffen is verantwoord mogelijk via Europees en Nederlands beleidskader dat nog steeds volop in ontwikkeling is. Het provinciale beleidskader kan hierop aansluiten met voor Noord-Holland van belang zijnde beleidsaspecten. Door de EU met daarop aansluitend de nationale overheid is in de loop der jaren een beleidsraamwerk ontwikkeld dat duidelijk maakt wat de doelen richting 2030 en daarna zijn in de transitie van fossiele naar hernieuwbare energiedragers. Dit beleidsraamwerk is gevolgd door regelgeving om zo de mogelijk negatieve impact van energiedragers op de voedselketen, onze natuur en ons milieu te voorkomen. De verdere ontwikkeling van energiedragers in Noord-Holland, zowel de productie als het verbruik, zal plaatsvinden binnen deze kaders en heeft consequenties voor de energievoorziening in alle sectoren, waaronder sinds kort ook luchtvaart en zeevaart. Juist deze twee sectoren zijn vanuit maatschappelijk en economisch belang relevant voor de provincie Noord-Holland en rechtvaardigt specifieke beleidsaandacht.

Verantwoord gebruik van duurzame brandstoffen in Noord-Holland

Om de klimaat en energietransitie doelen richting 2030 en daarna te kunnen halen zijn alle beschouwde hernieuwbare brandstoffen nodig zijn. Dus niet alleen waterstof, maar ook synthetische brandstoffen zoals synthetische kerosine en biobased brandstoffen. De opgave is zo groot dat wij niet de luxe hebben om een bepaalde brandstof terzijde te leggen. Met het EU en het Nederlandse beleids- en wetgevend kader is het fundament aanwezig om dit op een duurzame wijze te doen met een minimale negatieve impact op milieu, mens, flora en fauna. Monitoring, handhaving en zo nodig bijstelling zijn daarbij onontbeerlijk om ervoor te zorgen dat de praktijk aansluit bij het beleid. De analyse van de energiedragerketens en hun impact maakt duidelijk, mits gestuurd wordt op voor de provincie relevante aandachtspunten en mits een zo hoogwaardig mogelijk gebruik van de hernieuwbare brandstoffen wordt nagestreefd, er voor iedere hernieuwbare brandstof

een rol is weggelegd in de Noord-Hollandse energievoorziening. Ontmoedigen is dan niet nodig, wel kritisch volgen en sturen op minimale impact van initiatieven, inclusief de keten waar zij een onderdeel vanuit maken. Dus gericht stimuleren met een set van randvoorwaarden die maken dat 'state of the art' wordt toegepast in techniek en ketenbeheer.

Ruimte en duurzame energiedragers, de noodzaak van import

Ruimte is de sleutelfactor in de transitie naar duurzame energiedragers, en juist ruimte is een schaars goed. De transitie van fossiele naar hernieuwbare energiedragers gaat gepaard met een toenemend beroep op ruimte, vooral bovengronds, maar ook ondergronds. Er is ruimte nodig voor de productie van duurzame elektriciteit die op zijn beurt nodig is om de duurzame brandstoffen te produceren. Er is ruimte nodig voor de onttrekking van CO₂ uit de atmosfeer via biologische en technische routes om daarmee de duurzame koolstof (C) te verkrijgen die nodig is voor de 'bouw' van koolstofhoudende brandstoffen. Tot slot vraagt ook de biobased economy om ruimte voor productie, op- en overslag.

De beschikbaarheid van ruimte in Noord-Holland en in bredere zin in Nederland, inclusief de Noordzee, zal in belangrijke mate bepalen wat wij zelf kunnen produceren en wat geïmporteerd moet worden. De schaal waarop in Nederland energiedragers worden verbruikt, bewerkt en doorgevoerd maakt dat de import van energiedragers en de daarvoor benodigde grondstoffen vrijwel onontkoombaar is. Hierbij moet bedacht worden dat ook import ruimte vergt in de vorm van opslag, overslag, bewerking en doorvoer.

Impact van energiedragers in eindgebruik en in de keten

Gevraagd is om, gegeven criteria die voor de provincie Noord-Holland belangrijk zijn, vast te stellen welke energiedragers ontmoedigd moeten worden in het gebruik en welke juist gestimuleerd moeten worden in de komende jaren. De analyse van de impact van energiedragers op de zeven door de provincie aangedragen thema's maakt duidelijk dat de impact niet alleen wordt bepaald door het gebruik van de energiedrager sec, maar juist ook door de keten die hieraan voorafgaat. Deze ketens kunnen op vele manieren zijn uitgevoerd. Zo kunnen er, voor eenzelfde energiedrager, ketens zijn met een hoge impact maar ook met een lage impact.

Sturen op aandachtspunten in de keten en eindverbruik

Uit de impact analyse van de waterstofketen, de keten van synthetische kerosine en de ketens van vaste, vloeibare en gasvormige biomassa, tezamen hernieuwbare brandstoffen genoemd, wordt duidelijk dat er in iedere keten aandachtspunten zijn die het verschil maken tussen lage of hoge impact, tussen gewenst of niet gewenst en dus tussen

stimuleren of ontmoedigen. Het zijn deze aandachtspunten waarop de provincie zal moeten anticiperen met passend beleid om de transitie naar hernieuwbare brandstoffen met succes te doorlopen. De provincie Noord-Holland kan hierin een voorloper zijn omdat juist in deze provincie het aandeel van brandstoffen in de totale energiemix het grootst is als gevolg van een omvangrijke mobiliteits- en industriesector.

Wenselijkheid van energiedragers

Hernieuwbare brandstoffen zijn hoogwaardige energiedragers. Toepassing is wenselijk in die situaties waarin er geen alternatief voorhanden zijn of mogelijk is in de vorm van een hernieuwbare warmtebron of hernieuwbare elektriciteit.

De wenselijkheid naar energiedrager vanuit het perspectief klimaat en energiedoelstellingen provincie Noord-Holland en de voortgang in het behalen doelen is in onderstaande tabel weergegeven, daarbij is onderscheid gemaakt in wenselijk (Sti.: stimuleren), neutraal (Fac.: faciliteren) en niet wenselijk (Ont: ontmoedigen). In algemene zin geldt daarbij dat de energiedragers alleen ingezet worden als aantoonbaar duidelijk is dat dit niet zinvol met duurzame warmte of duurzame elektriciteit kan.

Energiedrager	Sti.	Fac.	Ont.	Opmerking
Waterstof H ₂ Groen H ₂ Blauw (fossiel met CCS) H ₂ Grijs (fossiel)	X	X	X	Alleen hoogwaardige toepassingen Eindbeeld: H ₂ uit duurzame E Overgangsfase naar groene H ₂
Vloeibaar biobased Bio-diesel Bio-ethanol Bio-kerosine	X X X			Toepassing in vervoer Hoger bijmeng% 2030 gewenst Hoger bijmeng% 2030 gewenst Hoger bijmeng% 2030 gewenst
Gasvormig biobased Biogas Groengas		X X		Alleen hoogwaardige toepassingen Toepassing op productielocatie Toepassing in industrie, vervoer
Vast biobased Houtachtige biomassa		X		Alleen toepassingen waar geen alternatief voorhanden
Synthetisch, e-fuel Synthetische kerosine	X			Brandstof uit duurzame E, C, H ₂ Aanvullend op bio-kerosine
Anorganische brandstof Ammoniak Overig		X X		Toepassing in zeevaart, op termijn Toepassing nader te bepalen
E: elektriciteit C: koolstof H ₂ : waterstof CCS: Carbon Capture storage, opslag CO ₂				

De kwalificatie van de wenselijkheid zoals vermeld in de tabel geldt onder de voorwaarden dat aan de vigerende duurzaamheidscriteria wordt voldaan en 'state of the art' technologie wordt toegepast zodat de impact op de omgeving minimaal is.

2 Inleiding

De energietransitie maakt dat wij overstappen op het gebruik van duurzame energiedragers. Verkend is welke energiedragers dit zijn en welke effecten ze hebben over de hele productieketen en op de leefomgeving in Noord-Holland. Om zo beleidsvorming rond de inzet energiedragers in Noord-Holland mogelijk te maken.

De EU heeft voor 2050 een klimaat neutrale én emissievrije economie als doelstelling. Nederland heeft deze doelstellingen overgenomen. Dit betekent dat de netto uitstoot van broeikasgassen tot nul moet worden gereduceerd en dat onze economie overgaat van lineair naar circulair om zo kringlopen te sluiten en emissies tot een minimum te beperken. Deze doelstellingen hebben een grote impact op onze energievoorziening en daarmee op het gebruik van energiedragers. Tot nu toe gaat de meeste aandacht uit naar elektriciteit en warmte. De Regionale Energie Strategieën en Transitievisies Warmte bij gemeenten zijn daar voorbeelden van.

De aandacht voor energiedragers die bekend zijn onder de naam brandstoffen is daarentegen beperkt. Een groot deel van het huidige energieverbruik, ongeveer 80%, bestaat uit brandstoffen. Deze brandstoffen zijn nu nog voor het overgrote deel van fossiele oorsprong en dus niet duurzaam. Denk hierbij aan het gebruik van aardgas in de gebouwde omgeving en industrie en aan het gebruik van vloeibare brandstoffen in verkeer en vervoer over weg, water en door de lucht. Ook vaste brandstoffen, zoals de inzet van kolen bij de productie van staal, vragen om een duurzaam alternatief.

De provincie Noord-Holland staat voor een integrale benadering van de klimaat- en energietransitie. Ze wil de overgang van fossiele brandstoffen naar duurzame energiedragers stimuleren, waarbij de mogelijke negatieve effecten met gericht beleid worden tegengaan.

De brandstoffentransitie is een actueel onderwerp voor de provincie Noord-Holland. Inwoners, bedrijven maar ook statenleden komen met vragen, analyses en argumenten over de mogelijke positieve of negatieve gevolgen van verschillende alternatieve brandstoffen naar de provincie toe. Provinciale Staten hebben daarom op 4 april 2022 een motie aangenomen waarin ze Gedeputeerde Staten oproepen de inzet van schadelijke (bio)brandstoffen tegen te gaan. Dit heeft mede geleid tot deze verkenning waarbij de effecten van verschillende brandstoffen die worden gezien als beoogde vervangers voor fossiele brandstoffen in kaart zijn gebracht. Dit op thema's die voor de provincie Noord-Holland belangrijk zijn. Zo wordt een inhoudelijke basis gelegd voor het sturen van de brandstoftransitie in de provincie Noord-Holland.

De relevantie van de verkenning naar duurzame brandstoffen is groot omdat het gebruik van fossiele brandstoffen in Noord-Holland omvangrijk en divers is. Zo herbergt

Amsterdam momenteel de grootste benzine- en dieselhaven van de wereld en beschikt de haven over een grote capaciteit voor brandstofopslag. Schiphol is de grootste luchthaven van het land en daarmee bepalend voor het gebruik van kerosine. Tata Steel Nederland is een grootverbruiker van kolen, energiedrager en grondstof voor de productie van staal. De activiteiten van deze en andere actoren die in Noord-Holland actief zijn maken dat Noord-Holland beeldbepalend is voor de wijze waarop de brandstoffen-transitie in Nederland ingevuld gaat worden. Ten opzichte van elektriciteit en warmte is voor deze brandstoffen een beleidsmatige inhaalslag gewenst.

De transitie biedt kansen. De haven speelt al een belangrijke rol in het vormgeven van het energiesysteem van de toekomst. Het energiesysteem voor Schiphol kan een aanjager zijn voor de transitie van fossiele naar hernieuwbare energiedragers. Tata Steel Nederland ontwikkeld plannen om versneld over te stappen op waterstof als de belangrijkste energiedrager. In de provincie Noord-Holland vinden belangrijke ontwikkelingen plaats, bijvoorbeeld in het innovatiecluster superkritische waterstofvergassing in Alkmaar en in het TNO-biomassalab in Petten, waar innovaties en kennis worden ontwikkeld voor partijen die wereldwijd actief zijn in de koolstoftransitie van fossiel naar inzet van hernieuwbare koolstof.

De onderzoeksvraag

De hoofdvraag die beantwoord wordt is:

Welke effecten hebben duurzame energiedragers over hun levenscyclus op de leefomgeving in Noord-Holland en daarbuiten op gezondheid, natuur, milieu?

Het uiteindelijke doel is om met de antwoorden basisinformatie aan te leveren die aangeeft waarom en hoe beleidsontwikkeling vanwege maatschappelijke opgaven nodig is om zo de transitie naar duurzame energiedragers in goede banen te leiden. Dit beleid kan bijvoorbeeld bestaan uit randvoorwaarden en/of stellingname over de wenselijkheid van bepaalde energiedragers in relatie tot productie en/of toepassing in de provincie Noord-Holland.

Om de hoofdvraag te beantwoorden worden achtereenvolgend de volgende deelvragen beantwoord:

1. Welke energiedragers zijn in de toekomst relevant voor de provincie Noord-Holland?

Dit op basis van een prognose van de energiehuishouding Noord-Holland 2030 en een indicatie voor 2050. Deze analyse maakt duidelijk wat de behoefte aan energiedragers is per sector naar omvang en aard. Zo wordt duidelijk wat met grote waarschijnlijkheid de relevante energiedragers voor de toekomst zijn in de Noord-Hollandse context.

2. Wat zijn de mogelijke en meest prominente productieketens van de toekomstige energiedragers?

Een energiedrager heeft vaak één of meerdere productieketens. Deze productieketens zijn in kaart gebracht met een indicatie van de meest waarschijnlijke ketens en welke sectoren ze bedienen. Ook is inzichtelijk gemaakt welke dwarsverbanden er tussen productieketens bestaan, welke ketenvarianten er zijn en wat naar verwachting dominante ketens richting 2050 worden.

3. Wat zijn de nationale en Europese doelstellingen en het beleidsraamwerk met betrekking tot duurzaamheid en circulariteit in relatie tot de energiedragers?

De provincie Noord-Holland opereert binnen een beleids- en wetcontext op Europees en daaraan gekoppeld nationaal niveau. Dit kader, inclusief de verwachte ontwikkelingen in de komende jaren, vormt de basis voor het ontwikkelen van eigen aanvullend beleid. Zo wordt nadere invulling van het gebruik van duurzame energiedragers en de daarmee samenhangende effecten mogelijk die aansluit bij thema's en gewenste ontwikkelingen die juist voor Noord-Holland relevant zijn.

4. Hoe scoren de energiedragers qua positieve en negatieve impact?

Wij presenteren een analyse van de producties ketens op basis van zeven voor de provincie Noord-Holland relevante thema's. Per relevante energiedrager wordt informatie gepresenteerd over deze thema's met aandachtspunten in relatie tot beleid. Voor zover kwantitatieve informatie per thema en per energiedrager is achterhaald is deze vastgelegd in een achtergronddocument. Op basis van de informatie wordt duidelijk welke energiedragers belangrijk zijn richting 2030 en daarna en wat aandachtspunten zijn bij de verdere ontwikkeling.

5. Welke energiedragers moet de provincie stimuleren of ontmoedigen?

We sluiten af met een beleidsadvisering met uitspraak over wenselijkheid per energiedrager (stimuleren, faciliteren of ontmoedigen), dit in relatie tot hun toepassing en hun keten. Op basis hiervan wordt gerichte beleidsontwikkeling door de provincie mogelijk..

3 De energiehuishouding in 2030 en 2050

Dit hoofdstuk beschrijft de energiehuishouding van de provincie Noord-Holland en maakt een raming van het energieverbruik per sector in 2030 en 2050. Zo wordt de behoefte aan energiedragers en daarmee de omvang van de transitie duidelijk. Om te beginnen is het gat tussen bestaande maatregelen en de doelstelling van 55% broeikasgasreductie in 2030 geanalyseerd. Vervolgens is voor de grootste sectoren de huidige energiehuishouding in Noord-Holland beschreven. De energiehuishouding voor deze sectoren wordt geëxtrapoleerd naar 2030, en er wordt ook een indicatie gegeven van de trends en ambities voor de eindsituatie rond 2050.

3.1 Gapanalyse en belangrijkste sectoren

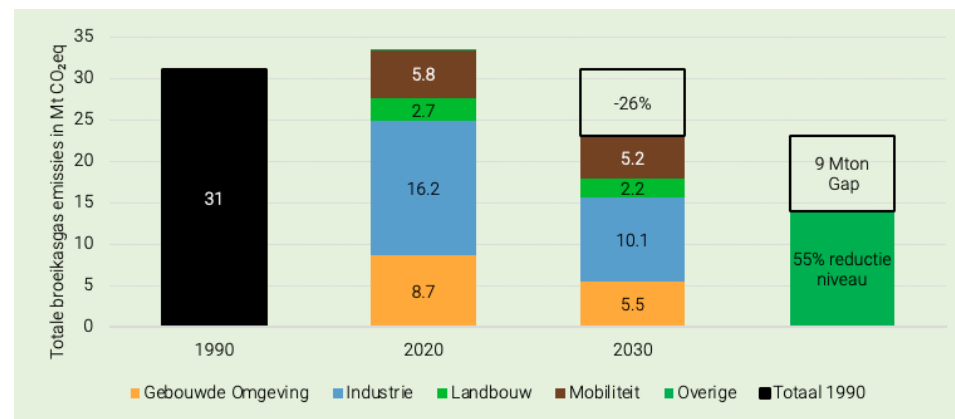
In juli 2021 publiceerde de Europese Commissie een reeks wetgevingsvoorstellen voor "Delivering the European Green New Deal, ook bekend als 'Fit-for-55'. Het wetgevingspakket heeft tot doel om tegen 2030 in de hele EU 55% minder broeikasgassen¹ uit te stoten dan in 1990. Sinds de publicatie ervan vinden besprekingen plaats tussen het Europees Parlement, de Europese Raad en de Europese Commissie om deze voorstellen uit te voeren. De Nederlandse overheid heeft in juni 2022 deze ambitie vertaald naar het beleidsprogramma Klimaat² wat zich tot doel stelt om een 60% CO₂-reductie te bereiken in 2030 om zo zicht te bieden op klimaatneutraliteit in 2050.

Om het Europese doel te vertalen naar waar de Provincie Noord-Holland staat heeft Berenschot in 2022 een analyse uitgevoerd. Uit Berenschots rapport "CO₂-impactanalyse Noord-Holland" blijkt dat de huidige beleidsmaatregelen ontoereikend zijn om de reductiedoelstelling van 55% te halen in de Provincie Noord-Holland. In plaats daarvan wordt verwacht dat met het huidige beleid 8 Mton (26%) reductie wordt bereikt, zie figuur 1. Een gat van 9 Mton CO₂-equivalent in 2030 resteert. De emissiereductie-inspanning zou ruim verdubbeld moeten worden om de doelstelling van 55% broeikasgasreductie te halen en daarmee het gat tot nul te reduceren.

Berenschot onderzocht verder aanvullende maatregelen die de provincie Noord-Holland kan nemen om het gat van 9 Mton te dichten, dit op basis van de Cluster Energie Strategie (CES) van het Noordzeekanaalgebied (NZKG). De voorgestelde maatregelen samen zorgen voor een reductie van ongeveer 2 Mton CO₂ extra, dus 10 Mton (33%) reductie in totaal. Zelfs na toepassing van deze aanvullende maatregelen moet de provincie nog 7 Mton CO₂ reduceren om op 55% reductie uit te komen in 2030 ten opzichte van de CO₂ uitstoot in 1990.

¹ De belangrijkste broeikasgassen zijn CO₂, CH₄ (methaan) en N₂O (lachgas). De nadruk in deze verkenning ligt op de reductie van de CO₂-emissie door de transitie van fossiele energiedragers naar duurzame energiedragers. De emissie van lang cyclische CO₂-emissie wordt gereduceerd.

Waar Berenschot zich richtte op maatregelen die binnen de verantwoordelijkheden van de provincie Noord-Holland liggen, hebben wij ervoor gekozen om de emissiebronnen breder te onderzoeken om het te analyseren. Deze aanpak maakt het mogelijk om maatregelen te vinden die het gat kunnen dichten om zo in 2030 een reductie van 55% te behalen. Zelfs als deze maatregelen buiten de bevoegdheid van de provincie vallen, kunnen ze nog steeds nuttige inzichten opleveren voor gesprekken van de provincie met de nationale overheid. Het gaat daarbij vooral om de versnelling van de transitie naar duurzame brandstoffen en het perspectief die dit kan bieden op het halen van de 2030 doelstelling in lijn met EU-beleid.



Figuur 1. Resultaten van de CO₂-impactanalyse door Berenschot. Met het vastgestelde en het huidige beleid zal de provincie 26% minder CO₂ uitstoten in 2030 dan in 1990. Om de Fit-for-55 doelstellingen te kunnen halen blijft er een gat over van 9 miljoen ton CO₂ (Berenschot, 2022)

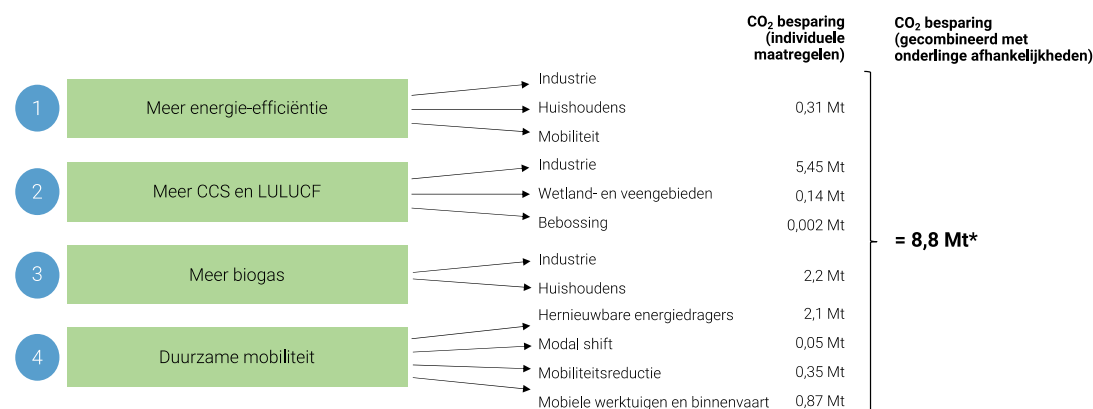
² Kabinet presenteert beleidsprogramma Klimaat | Nieuwsbericht | Rijksoverheid.nl



Voortgaand op de resultaten van de Berenschot studie zijn vier belangrijke CO₂-besparingsroutes vastgesteld:

1. Meer energie-efficiëntie waardoor vraag naar energie afneemt
2. Meer koolstofafvang en -opslag³ en verandering van landgebruik
3. Meer biogas als vervanger van aardgas
4. Versnelling overgang naar duurzame mobiliteit.

Al deze maatregelen kunnen verder worden onderverdeeld in subcategorieën (bijvoorbeeld energie-efficiëntie in industrie, huishoudens, mobiliteit, etc.), zoals blijkt uit figuur 2. Het CO₂-besparingspotentieel van elke maatregel is berekend. Daarbij is van het Energy Transition Model (ETM-model) van Quintel en KEV 2021 data gebruik gemaakt, net zoals in het Berenschot onderzoek. De vier maatregelen maken in potentie een additionele besparing mogelijk van netto 8,8 Mton CO₂. Dit is meer dan het gat dat door Berenschot uiteindelijk is vastgesteld om aan de Fit-for-55-ambities te voldoen.



* Sommige maatregelen zijn afhankelijk van elkaar en daardoor kan de CO₂ besparing niet altijd worden opgeteld

Figuur 2. Verkenning van additionele CO₂-besparingsmaatregelen en de effecten daarvan op de CO₂-uitstoot van de provincie Noord-Holland. Bron: Analyse studio Gear Up op basis van het Energy Transition Model (ETM) van Quintel. CCS, biogas en duurzame mobiliteit bieden de grootste mogelijkheden

³ Koolstof afvang en opslag. Engels: Carbon Capture and Storage, CCS. Verandering van landgebruik. Engels: Land-use, land-use change and forestry, LULUCF. Beide leiden tot verlaging CO₂-emissie.

Kanttekening is dat de totale CO₂-besparing niet gelijk is aan de som van alle individuele maatregelen. Dit komt doordat sommige maatregelen elkaar beïnvloeden. Zo zal het effect van de overschakeling van aardgas naar biogas in huishoudens kleiner zijn als de huishoudens ook tegelijkertijd veel energie-efficiënter worden. Dit effect is meegenomen in de resulterende 8,8 Mton CO₂ besparing.

Het additionele CO₂-besparingspotentieel in figuur 2 laat zien dat twee soorten maatregelen het grootste besparingspotentieel bieden: de afvang en opslag van CO₂ in de industrie en het versneld introduceren van hernieuwbare energiedragers in de industrie, huishoudens en mobiliteit.

De analyse is voortgezet door specifiek aandacht te besteden aan de belangrijke sectoren mobiliteit, industrie, agro en huishoudens. Welk mogelijkheden bieden de toekomstige energiedragers in deze sectoren om CO₂-doelen te halen?

3.2 Mobiliteit

Volgens de analyse van Berenschot stoot de mobiliteitssector op het grondgebied van de provincie Noord-Holland in 2020 ongeveer 5,8 Mton CO₂⁴ uit. Onder het huidige en vastgestelde beleid vermindert deze uitstoot slechts tot 5,2 Mton CO₂ in 2030. Hogere ambities op het gebied van elektrificatie en duurzame energiedragers kunnen hogere CO₂-emissie reducties opleveren, ook in sectoren buiten het grondgebied van de provincie, zoals de zeevaart en de luchtvaart. Het effect van deze maatregelen op alle belangrijke subsectoren van de mobiliteit is onderzocht. Ook het terugdringen van de omvang van mobiliteit is nodig om zo de energievraag in mobiliteit te laten dalen.

Wegverkeer

De huidige energiehuishouding van het wegverkeer in Noord-Holland is afgeleid vanuit de nationale cijfers van de Nederlandse Emissieautoriteit (NEa). Hiervoor is aangenomen dat het aantal voertuigen recht evenredig is met het brandstofverbruik. In 2019 is 69 PJ aan energie verbruikt in het wagenpark van Noord-Holland. Hiervan is 53% fossiele diesel, 38% benzine en 1,5% gas (Regionale Klimaatmonitor, 2020).

⁴ Zonder rekening te houden met de effecten van COVID, omdat deze niet zijn meegenomen in het ETM-model.

Het resterende energieverbruik van het Noord-Hollandse wegverkeer is afkomstig van de volgende hernieuwbare bronnen:

- 4,4% is biogene dieselvangers, waarvan 3,4% FAME en 1,1% HVO⁵
- 2,4% is biobenzine, waarvan 2,2% ethanol en 0,2% bionafta
- 0,4% is groengas
- 0,3% is batterij-elektrisch.

Voor een projectie van de energiehuishouding van het wegverkeer in Noord-Holland is gebruik gemaakt van het energie- en vervoersmodel (studio Gear Up, 2021). Dit model houdt rekening met beleidsmaatregelen op zowel Europees als landelijk niveau. Figuur 3 presenteert de resultaten van deze projectie.

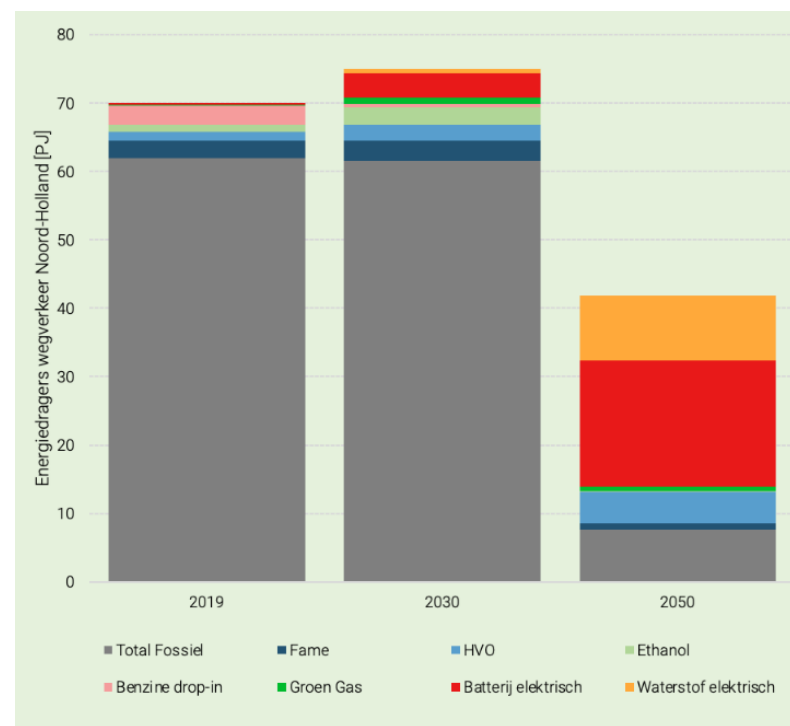
Wegverkeer Noord-Holland 2030

In 2030 verwachten we dat het energieverbruik stijgt vanwege een groeiend wagenpark. In totaal zal ongeveer 75 PJ verbruikt worden in Noord-Holland. Hiervan is 32% diesel, 41% benzine en 6% gas. Daarnaast zijn 7% biogene dieselvangers, waarvan 4% FAME en 3% HVO. 7% is hernieuwbare benzine, waarvan 3,3% ethanol en 6,6% bionafta. Groengas heeft in 2030 een aandeel van 1% en batterij- en waterstof-elektrisch hebben respectievelijk een aandeel van 4,8% en 0,7%. In vergelijking met de Klimaat en Energie Verkenning 2022 van PBL is de energiebehoefte van het studio Gear Up model hoger, met een ongeveer 12% hoger diesel- en 47% hoger benzineverbruik. Aangezien het onderliggende model van de KEV niet openbaar is, kon de oorzaak van deze verschillen niet verder worden onderzocht.

Wegverkeer Noord-Holland 2050

In 2050 daalt naar verwachting het verbruik aan energie vanwege een stagnerend wagenpark⁶ en efficiëntere motoren.. In totaal zal in Noord-Holland naar verwachting 42 PJ energie worden verbruikt in het wagenpark. Hiervan is 22% biodiesel, waarvan 4% FAME en 18% HVO. 2,7% is biobenzine, waarvan 0,4% ethanol en 2,3% bionafta. Groengas heeft een aandeel van 9,4% en batterij- en waterstof elektrisch heeft een aandeel van respectievelijk 44% en 22%. Deze cijfers laten zien dat wagenpark voor het grootste gedeelte elektrisch zal zijn. Ook zullen biobrandstoffen naar verwachting een rol spelen als energiedrager.

⁵ FAME: Fatty Acid Methyl Ester. In het Nederlands betekent dit vetzuur methyl ester. HVO: Hydrotreated Vegetable Oil.



Figuur 3. Projectie energiedragers in het wegvervoer in de provincie Noord-Holland. Bron: studio Gear Up analyse op basis van EU Reference Scenario 2020, CBS en Fit-for-55 beleidspakket

Uit deze cijfers blijkt dat tot 2030 de volumes hernieuwbare energiedragers alleen de groei van de wegsector compenseren. Zij verdringen de volumes fossiele brandstoffen in 2030 nog niet. Naar verwachting zullen elektrificatie, brandstofcellen met waterstof als brandstof en hernieuwbare energiedragers de hoeveelheid fossiele brandstoffen in de periode tussen 2030 en 2050 echter drastisch verminderen.

Luchtvaart

In 2019 bedroeg de energievraag van de luchtvaart in Nederland ongeveer 168 PJ, waarvan zo goed als 100% fossiele kerosine was. Het gaat om een volume van 3,82

⁶ Het wagenpark zal naar verwachting stagneren omdat de bevolking niet meer groeit en de auto-markt steeds meer verzadigd raakt.

Mton kerosine. Het aandeel van het in Noord-Holland gelegen Schiphol in het totale kerosineverbruik is bij gebrek aan nadere gegevens niet bekend. De verwachting is dat dit ruim boven de 90% ligt, indicatie 155 PJ. Daarom richten wij ons op het totale nationale kerosineverbruik.

De projectie van de energiehuishouding van de luchtvaart is op basis van de ReFuelEU luchtvaartmandaten, Luchtvaartnota 2022, en op mogelijke technologische ontwikkelingen in alternatieve aandrijvingen berekend. De resultaten van de projecten zijn gepresenteerd in figuur 4. In hoofdstuk 4 is het beleid rondom ReFuelEU Luchtvaart en de nationale Luchtvaartnota verder uitgewerkt.

Luchtvaart Nederland 2030

Tot 2030 verwachten wij nog geen veranderingen in alternatieve aandrijving zoals waterstof- en batterij elektrische vliegtuigmotoren. Wel zal de totale energievraag stijgen naar ongeveer 178 PJ. Ervan uitgaande dat de ambities van de luchtvaartnota behaald worden is 86% hiervan fossiele kerosine en 14% duurzame luchtvaartbrandstof (in het Engels: Sustainable Aviation Fuel, kortweg SAF). Daarnaast verplicht ReFuelEU luchtvaart dat 0,7% van de totale energievraag een hernieuwbare synthetische luchtvaartbrandstof is (Engels: e-fuel).

Belangrijkste ontwikkelingen binnen de luchtvaartsector:

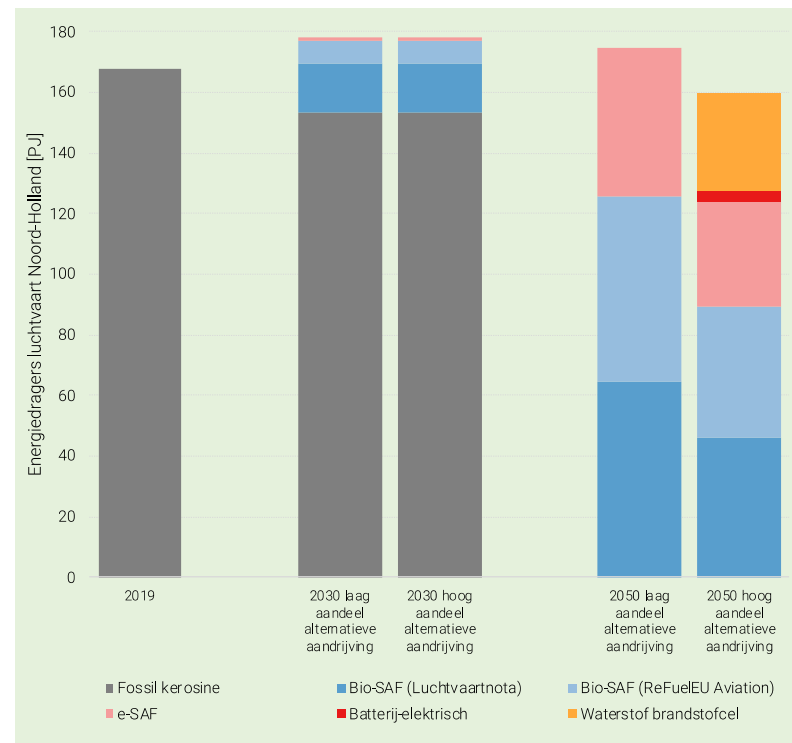
- Nederlandse ambities en EU-mandaten rondom SAF-brandstoffen
- Elektrisch taxiën
- Inzet van elektriciteit en waterstof voor kort afstandsvluchten.

Luchtvaart Nederland 2050

Vanwege onzekerheid in de technologische ontwikkelingen van alternatieve aandrijfsystemen gaan wij in 2050 uit van twee scenario's. Het eerste is een scenario met een laag aandeel alternatieve aandrijfsystemen. In dit scenario vliegen er alleen vliegtuigen met conventionele verbrandingsmotoren. Het tweede scenario betreft het scenario met een hoog aandeel alternatieve aandrijfsystemen. In dit scenario gaan wij uit van een hoge ingroei van batterij- en waterstof elektrische vliegtuigen op basis van de projecties van het ATAG (2021) - Waypoint 2050 rapport.

Bij het scenario met een laag aandeel alternatieve aandrijfsystemen is in 2050 de totale energievraag ongeveer 174 PJ. Op basis van de ambitie van de Luchtvaartnota is 100% hiervan SAF, waarvan 28% een e-fuel moet zijn volgens de mandaten van ReFuelEU luchtvaart. In het scenario met een hoog aandeel alternatieve aandrijfsystemen ligt de totale energievraag in 2050 met ongeveer 159 PJ lager vanwege een efficiëntere vloot.

Hiervan is 56% een bio-SAF, 22% e-fuel, 2% batterij elektrisch aangedreven, en 20% waterstof elektrisch aangedreven.

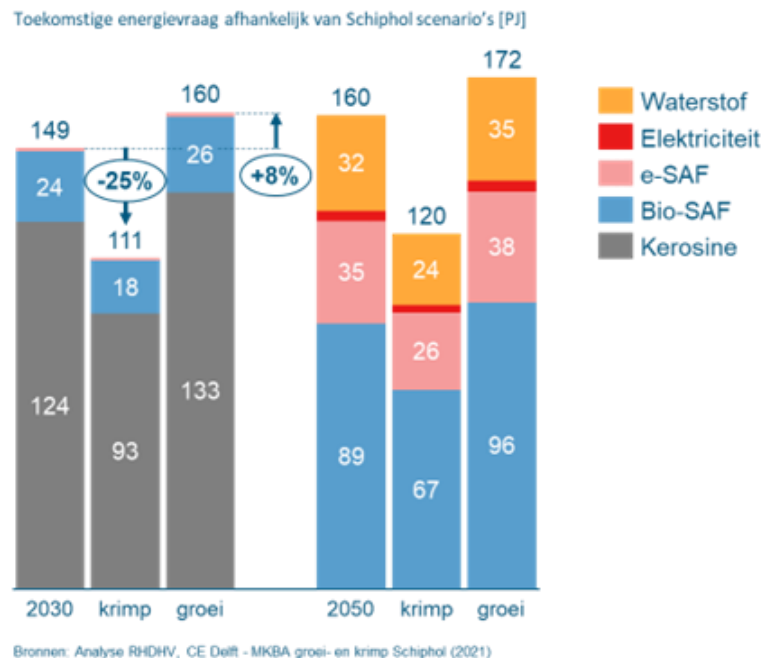


Figuur 4. Projectie energiedragers in de luchtvaart in Nederland. Bron: studio Gear Up (2022) – Hernieuwbare waterstof voor luchtvaartbrandstoffen in Nederland

Uit deze cijfers blijkt dat tot 2030 de volumes hernieuwbare energiedragers het aandeel fossiele brandstoffen verlaagt, ondanks een stijging in de totale energievraag. Voor 2050 is er nog veel onzekerheid over de technologische ontwikkeling, maar naar verwachting zal de werkelijkheid ergens tussen beide scenario's in liggen. Wel is duidelijk dat de luchtvaartsector een grote vraagsector naar volumes hernieuwbare brandstoffen in de Provincie Noord-Holland zal zijn, groter dan de andere vormen van mobiliteit.

Schiphol scenario's: groei of krimp

Schiphol heeft ook te maken met mogelijke alternatieve scenario's, namelijk groeien of krimpen, zie figuur 5. In het groeiscenario zal Schiphol uitbreiden tot 540.000 vluchten per jaar in 2050 volgens de Luchtvaartnota. In het krimpscenario zal het beperkt blijven tot 375.000 vluchten per jaar in 2050. Het referentiescenario is 500.000 vluchten per jaar. Krimp kan leiden tot een daling van de energievraag Schiphol met 38 PJ in 2030 of 40 PJ in 2050 (-25%). Groei kan leiden tot een toename van de energievraag met 11 PJ in 2030 en 12 PJ in 2050 (+8%). De onderverdeling naar energiedragers gebruikt is gebaseerd op de analyse van studio Gear Up voor 2030 en 2050 zoals weergegeven in figuur 4.



Figuur 5. Invloed van krimp en groei op de ontwikkeling van de energievraag Schiphol richting 2050.
Bron: RHDHV en CE Delft – MKBA groei- en krimp Schiphol (2021)

Zeevaart

Met ongeveer 74,8 Mton goederen per jaar is de Amsterdamse haven de op één na grootste haven van Nederland en verreweg de grootste haven van de provincie Noord-Holland. Aangezien het Havenbedrijf Amsterdam de verkoop van bunkervolumes niet bijhoudt, leiden we de cijfers af van andere publiekelijke beschikbare gegevens. Op basis van de 'bunkering sales' in de haven van Rotterdam werd vastgesteld dat Rotterdam in 2021 ongeveer 407 PJ van het totaal van ongeveer 478 PJ verkocht (Eurostat energy balances). Aangenomen wordt dat de resterende 71 PJ worden gebunkerd volgens de vrachtaandelen per jaar van alle andere grote Nederlandse havens. Volgens deze benadering bunkerde de Amsterdamse haven, met een vrachtaandeel van ongeveer 70% van alle Nederlandse havens naast Rotterdam, ongeveer 49 PJ aan brandstoffen voor de zeevaart in 2021. Deze waarde is aanzienlijk groter dan de waarde van 5,6 PJ die de Regionale Klimaatmonitor aangeeft voor Noord-Holland. Waar wij het totale bunkervolume beschouwen beperkt de Regionale Klimaatmonitor zich tot het volume dat te relateren is aan het verbruik in Noord-Holland.

Voor de prognoses en de aandelen van de brandstoftypes is de 'Sustainable and Smart Mobility Strategy' (2020) van de Europese Commissie geraadpleegd, die de resultaten van de onderliggende modellering van de Fit-for-55-beleidsscenario's laat zien. Deze informatie over aandelen is gecombineerd met de energievoorspellingen van de Nederlandse maritieme sector uit het EU Reference scenario 2020. Hiermee zijn de totale energiehoeveelheden per energiedrager berekend. Deze berekeningen gaan ervan uit dat de gemiddelde ontwikkeling van de Europese zeevloot en de gemiddelde groei van de Nederlandse maritieme sector, zoals aangenomen in de Europese beleidsscenario's, ook in de haven van Amsterdam zal plaatsvinden.

Zeevaart Noord-Holland 2030

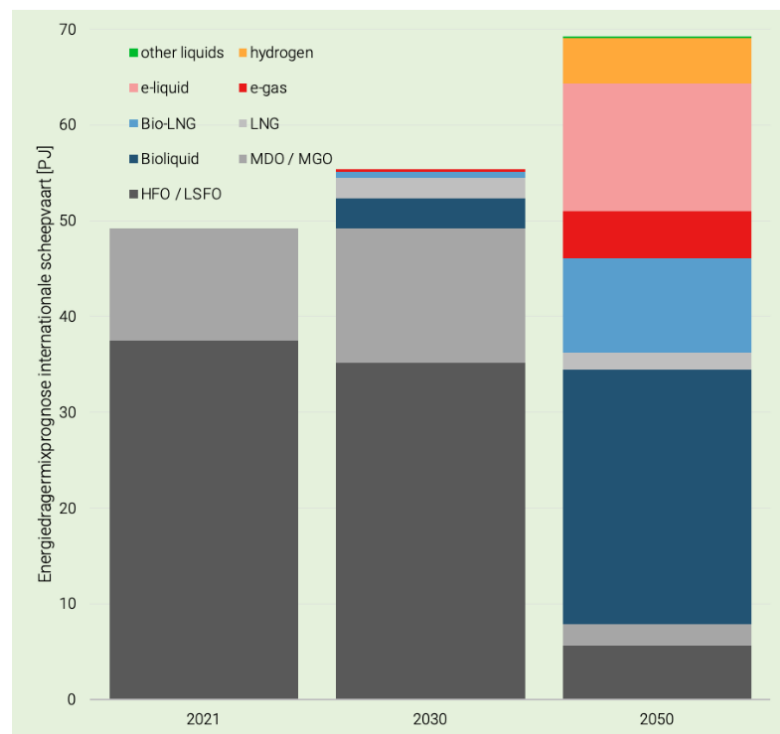
Zoals uit figuur 6 blijkt, zal de maritieme sector in de provincie Noord-Holland naar verwachting groeien van ongeveer 49 PJ in 2021 tot ongeveer 55 PJ in 2030.

Het wordt duidelijk dat de sector naar verwachting zijn verbruik van fossiele brandstoffen pas vanaf 2030 daadwerkelijk zal kunnen verminderen. De groei van de vraag tussen 2021 en 2030 wordt echter vooral ingevuld door alternatieve energiedragers, zoals vloeibare biobrandstoffen, LNG en bioLNG.

Zeevaart Noord-Holland 2050

Tegen 2050 zal het energieverbruik naar verwachting verder toenemen tot 69 PJ. Het aandeel fossiele brandstoffen is dan aanzienlijk afgenomen. Daarvoor in de plaats komt een brede mix van hernieuwbare brandstofopties. Deze opties zijn vooral vloeibare

biobrandstoffen, gevolgd door vloeibare e-brandstoffen (zoals bijvoorbeeld ammoniak), maar ook bioLNG, e-gas en waterstof. In tegenstelling tot onze voorspellingen verwacht het IEA in zijn 'World Energy Outlook 2022' een grotere rol van ammoniak tot 45% in de scheepvaart tegen 2050, waarbij bio-energie en waterstof elk nog eens 20% bijdragen. De verschillen zijn het gevolg van de grote onzekerheid over de transformatie van de scheepvaartsector van fossiele naar hernieuwbare brandstoffen.



Figuur 6. Projectie energiedragers in de maritieme sector in de provincie Noord-Holland. Bron: studio Gear Up analyse op basis van EU Reference scenario 2020, Europese Commissie (2020) – Sustainable and Smart Mobility Strategy en Havenbedrijf Rotterdam Bunker Sales

Uit de door de Europese Commissie verwachte ontwikkelingen in de maritieme sector blijkt dat de mix van energiedragers tussen nu en 2050 drastisch zal diversifiëren. Net als bij de ontwikkelingen in het wegvervoer zijn de extra volumes hernieuwbare brandstoffen in 2030 echter niet voldoende om de verwachte stijging van verbruik in fossiele brandstoffen te doen verminderen.

Binnenvaart

De huidige cijfers van de energiedragers van de binnenvaart in Noord-Holland zijn berekend op basis van cijfers van het energie transitie model (ETM) en het CBS.

In 2021 is naar schatting 5,9 PJ aan energie gebunkerd in Provincie Noord-Holland, dit betreft fossiele diesel. De Regionale Klimaatmonitor geeft aan dat het Noord-Hollands verbruik 1,1 PJ bedraagt.

Voor een projectie van de energiedragers is gebruik gemaakt van het 'Assessment of technologies in view of zero-emission IWT edition 2' (2021) rapport van DST-EICB. In dit rapport is onderscheid gemaakt tussen het scenario met een laag en een hoog aandeel alternatieve aandrijving. Zie voor de resultaten figuur 7.

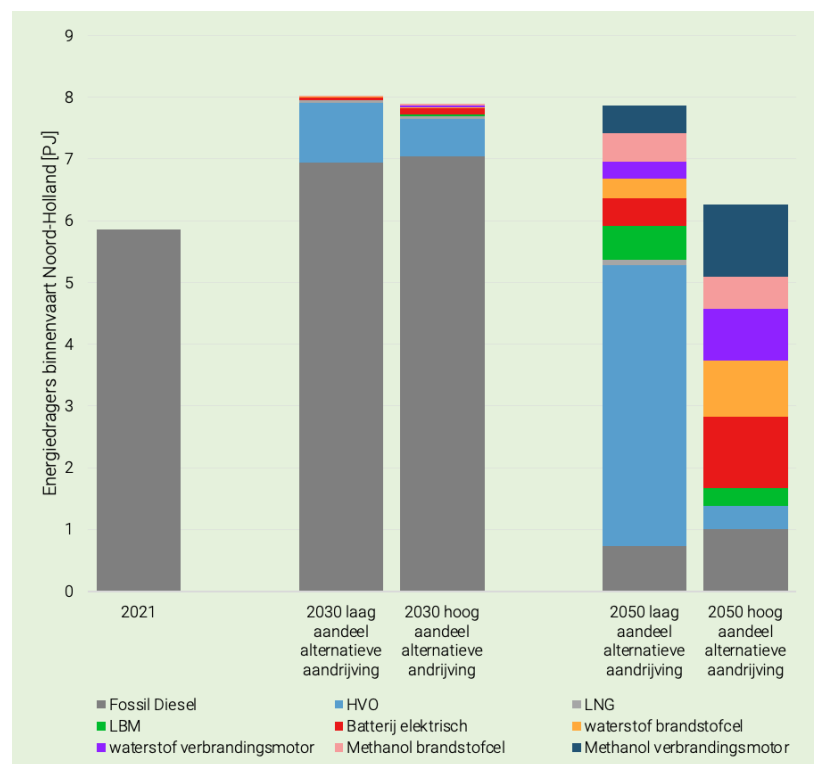
Binnenvaart Noord-Holland 2030

In 2030 groeit het totale bunkervolume voor binnenvaart in Noord-Holland naar ongeveer 8 PJ. Hiervan is in het scenario met een laag aandeel van alternatieve aandrijving 87% fossiele diesel en 12% biogene dieselvangers, bijvoorbeeld in de vorm van de synthetische hernieuwbare diesel HVO. De overige energiedragers hebben gezamenlijk een aandeel van 1%. Vanwege het korte tijdsbestek tussen nu en 2030 is het scenario met een hoog aandeel alternatieve aandrijving voor 2030 niet veel anders.

Binnenvaart Noord-Holland 2050

In het scenario met een laag aandeel alternatieve aandrijving is in 2050 het energieverbruik in de binnenvaart naar schatting 7,9 PJ. Hiervan is 9% fossiele diesel, 58% synthetische hernieuwbare diesel zoals HVO, 1% LNG en 7% Liquefied Biomethane (LBM). Ook zullen naar verwachting elektrisch aangedreven vaartuigen in de vloot komen. Het aandeel van batterij-, waterstof en methanol elektrisch vaartuigen is respectievelijk 6%, 4% en 6%. In het scenario met een hoog aandeel alternatieve aandrijving ligt in 2050 de totale verbruikte energie vanwege een efficiëntere vloot lager met 6,3 PJ. Hiervan is 16% fossiele diesel, 6% HVO en 5% LBM. Batterij-, waterstof en methanol elektrische vaartuigen hebben in dit scenario een aandeel van respectievelijk 19%, 15% en 8%.

Hoewel voor de prognoses van de binnenvaart en de maritieme sector twee verschillende bronnen worden gebruikt, kunnen vergelijkbare conclusies worden getrokken: Verwacht wordt dat de vraag naar fossiele brandstoffen tussen nu en 2030 met meer dan 1 PJ zal toenemen. Voor de binnenvaart wordt een drastische diversificatie verwacht van de mix van energiedragers die een rol spelen in de energietransitie van de sector. Waterstof en elektriciteit spelen, zelfs in het scenario met een groot aandeel alternatieve aandrijving, in de binnenvaart slechts beperkte een rol van ongeveer 33% tegen het jaar 2050.



Figuur 7. Projectie energiedragers in de binnenvaart in de provincie Noord-Holland. Bron: studio Gear Up analyse op basis van EU Reference Scenario 2020, CBS en DST-EICB (2021) 'Assessment of technologies in view of zero-emission IWT'

Mobiele werktuigen

In 2021 publiceerde TNO een rapport over de effecten op de lokale emissies van mobiele machines 'AUB (AdBlue verbruik, Uren, en Brandstofverbruik): een robuuste schatting van NO_x en NH₃ uitstoot van mobiele werktuigen'. Op basis van dit rapport hebben wij voor Nederland de energievraag van mobiele werktuigen voor 2020 vastgesteld. Het aandeel van de landbouw in Noord-Holland ten opzichte van de totale landbouw in Nederland is ongeveer 18%. Voor de bouw heeft Noord-Holland een aandeel van 14%. Op basis van deze percentages hebben wij de energievraag van mobiele werktuigen in de provincie Noord-Holland bepaald.

In 2020 verbruikten mobiele werktuigen in Noord-Holland ongeveer 6 PJ. Hiervan was ongeveer 5,6 PJ diesel, 0,2 PJ benzine en 0,2 PJ LPG. De hoeveelheid hernieuwbare brandstoffen achten wij verwaarloosbaar. Gegevens over de vooruitzichten van de sector mobiele werktuigen zijn schaars. Bij gebrek aan gegevens zijn de ontwikkelingen geschat door studio Gear Up.

De volgende aannames zijn gebruikt om de ontwikkelingen te schatten:

- Aangezien benzine- en LPG-motoren worden gebruikt voor toepassingen met een laag vermogen, is aangenomen dat deze typen motoren in 2030 als eerste zullen zijn geëlektrificeerd
- Voorts zal klein materieel zoals bladblazers en grasmaaiers sneller worden geëlektrificeerd dan landbouwtrekkers en grote bouwmachines. Hieronder vallen ook kleine generatoren die door accu's zullen worden vervangen
- Een klein deel van de toepassingen met hoog vermogen en generatoren zal in 2030 overschakelen op brandstofcellen
- Het aandeel van hernieuwbare brandstof in 2030 komt overeen met de ontwikkelingen in de vervoerssector
- Aangenomen wordt dat in 2050 een groot deel van de apparatuur (ongeveer 40%) geëlektrificeerd zal zijn
- Een groot deel van de toepassingen met hoog vermogen wordt verondersteld te worden aangedreven door brandstofcellen (16% van het totaal)
- Deze aandrijflijnen leiden tot een vermindering van de energievraag in 2050
- De resterende energievraag wordt ingevuld met 100% hernieuwbare brandstof
- Aangenomen is dat de vraag in de bouw en de landbouw door intensificatie van 2020 tot 2030 met 5% en van 2020 tot 2050 met 10% zal toenemen.

Hoewel deze veronderstellingen tot een plausibel scenario leiden, zie voor resultaten figuur 8, moet worden opgemerkt dat wij ons niet uitspreken over de vraag of dit scenario het meest waarschijnlijke is. Het geeft een indicatie. Verder onderzoek is nodig om een grondiger aanpak te ontwikkelen om de ontwikkelingen in de sector mobiele werktuigen in te schatten. Voor het doel van deze studie en gezien het feit dat deze sector een kleine bijdrage levert aan de totale energiehuishouding van de Provincie Noord-Holland, worden deze veronderstellingen echter voldoende geacht om de toekomstige ontwikkelingen te ramen.

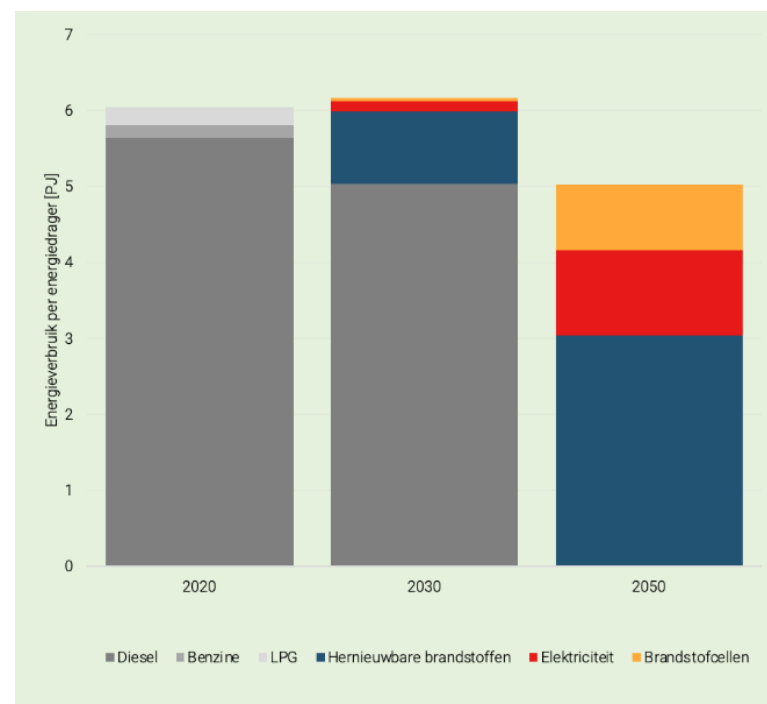
Mobiele werktuigen Noord-Holland 2030

Op basis van bovenstaande aannames verwachten we dat het energieverbruik van de sector van 2020 tot 2030 licht zal groeien (met ongeveer 0,1 PJ). Ongeveer 2% van de energievraag in 2030 bestaat uit elektriciteit, terwijl 1% uit brandstofcellen die waterstof of methanol als brandstof gebruiken bestaat. Hernieuwbare brandstoffen hebben een aandeel van ongeveer 16% in de totale energievraag in 2030.

Mobiele werktuigen Noord-Holland 2050

Zodra richting 2050 een groter aandeel elektrificatie en brandstofcellen wordt bereikt, daalt het energieverbruik van de sector tot ongeveer 5 PJ. Ongeveer 22% van de energievraag in 2050 wordt gedekt door elektriciteit, terwijl 17% wordt gedekt door brandstofcellen. De rest wordt gedekt door hernieuwbare brandstoffen.

Aangezien mobiele werktuigen vaak machines met een hoog vermogen zijn, kan hun vraag naar elektriciteit op beperkingen stuiten van de beschikbare capaciteit van het elektriciteitsnet. Als de elektrificatie van de gebouwde omgeving, het wegvervoer en de industrie sneller opschaaft dan het net kan dragen, kan het raadzaam zijn de voorkeur te geven aan 'off-grid' oplossingen voor mobiele werktuigen, vooral in de periode tot 2030. De provincie Noord-Holland is, als organisatie en als opdrachtgever van veel bouwprojecten, in een goede positie om deze sector te beïnvloeden. Mogelijke 'off-grid' oplossingen zijn het gebruik van brandstofcellen, wat zich overigens niet beperkt tot waterstof als energiedrager, maar waarbij ook methanol of mierenzuur ingezet kan worden. Het is momenteel onduidelijk of de meeste hernieuwbare brandstoffen in deze sector al dan niet 'drop-in' zullen zijn (zoals hernieuwbare diesel). Andere, niet 'drop-in' opties, zoals hernieuwbare methanol, kunnen een aanzienlijke vermindering van de NO_x- en fijnstof-emissies opleveren⁷.



Figuur 8. Projectie energiedragers in mobiele werktuigen in de provincie Noord-Holland. Bron: studio Gear Up analyse op basis van TNO (2021) – AUB (AdBlue verbruik, Uren, en Brandstofverbruik): een robuuste schatting van NO_x en NH₃ uitstoot van mobiele werktuigen

Tussen-conclusie mobiliteit

Op basis van de prognoses in de subsectoren mobiliteit kan worden vastgesteld dat het effect van het huidige en vastgestelde beleid op de CO₂-reductie beperkt is. In de meeste subsectoren wordt de verwachte groei gecompenseerd door het toegenomen aandeel van hernieuwbare energiebronnen in 2030. Dit leidt tot een nettoresultaat van een gelijkblijvend verbruik van fossiele brandstoffen. Zoals in de gapanalyses is vastgesteld, kan de mobiliteitssector 2,2 miljoen ton CO₂ extra besparen tegen 2030 als een aanzienlijk deel van de voertuigen overschakelt op 'drop-in' hernieuwbare brandstoffen, wat een groot potentieel biedt om bij te dragen tot de klimaatdoelen van de provincie.

⁷ Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (2022) – Energieketens voor CO₂-neutrale mobiliteit

3.3 Industrie

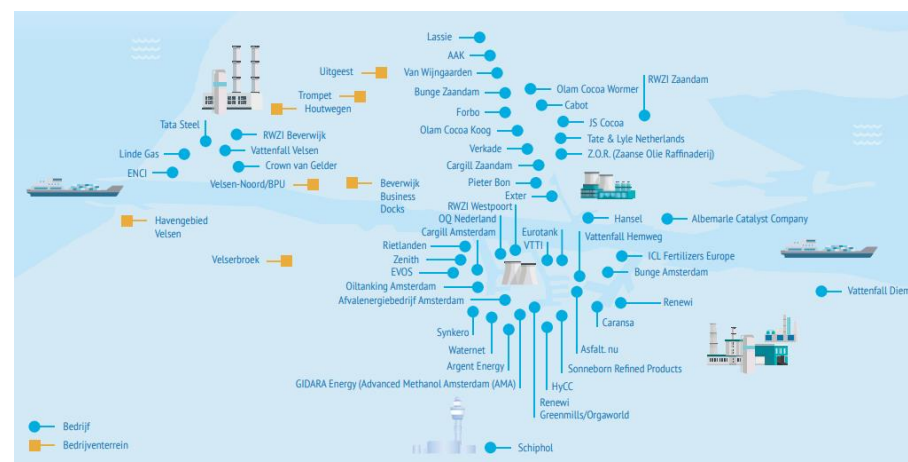
De meeste industriële activiteiten binnen de provincie zijn geconcentreerd in het Noordzeekanaalgebied (NZKG), zie figuur 9. Dit omvat de maakindustrie, op- en overslag van brandstoffen en de productie van elektriciteit in de haven van Amsterdam, tevens de grootste benzinehaven ter wereld en de op drie na grootste haven van West-Europa maakt. Daarnaast is er staalproductie bij Tata Steel Nederland (TSN) in IJmuiden en de voedings- en genotsmiddelenindustrie in de Zaanstreek. Tot slot omvat het gebied diverse andere sectoren zoals papier, energie en asfaltindustrie. In 2019 was de industriële sector binnen Provincie Noord-Holland verantwoordelijk voor 8,8 % van de totale CO₂ uitstoot in Nederland (16 Mton aan CO₂-equivalent). Voor deze analyse zal het NKZG en zijn cluster energiestrategie (CES) 2.0 dienen als referentiekader voor de industriële sector in de provincie Noord-Holland.

Binnen de industrie zijn momenteel kolen en gas de belangrijkste energiedragers. Gelijktijdig met de forse elektrificatie- en verduurzamingsambitie verwacht NZKG een groei van de energievraag met ruim 15% tot 2030. De vraag naar elektriciteit zal fors toenemen met een factor 3,6. Waterstof wordt ingezet waardoor het een aandeel krijgt van 18% in de totale energiemix. Het elektriciteit aanbod zal een combinatie zijn van grijze en groene stroom. Het waterstof aanbod is naar verwachting een combinatie van grijze, blauwe en groene waterstof⁸ die voornamelijk lokaal wordt geproduceerd in het NZKG en deels wordt geïmporteerd via de haven van Amsterdam.

Belangrijke ontwikkelingen binnen de industrie:

- Efficiëntieverbetering
- Elektrificatie van de industrie
- Waterstof als brandstof.

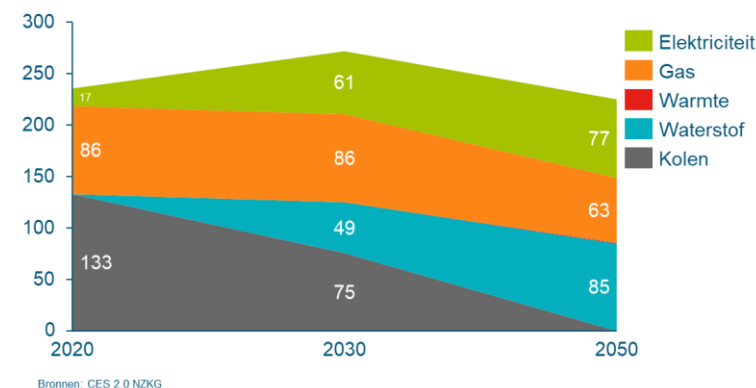
Richting 2050 zullen elektriciteit en waterstof, aangevuld met groengas, de leidende energiedragers zijn, zie figuur 10. Het gebruik van aardgas en steenkool is dan helemaal afgebouwd. De totale energievraag daalt naar een niveau onder dat van 2020.



Figuur 9 Bedrijven die zijn opgenomen in de CES 2.0 Cluster Noordzeekanaalgebied

Binnen het industrie zullen waterstof en elektriciteit in de toekomst de leiding nemen, terwijl gebruik van gas en kolen wordt sterk afgebouwd.

Energimix voor de industriesector in Provincie Noord-Holland richting 2050 (in PJ)



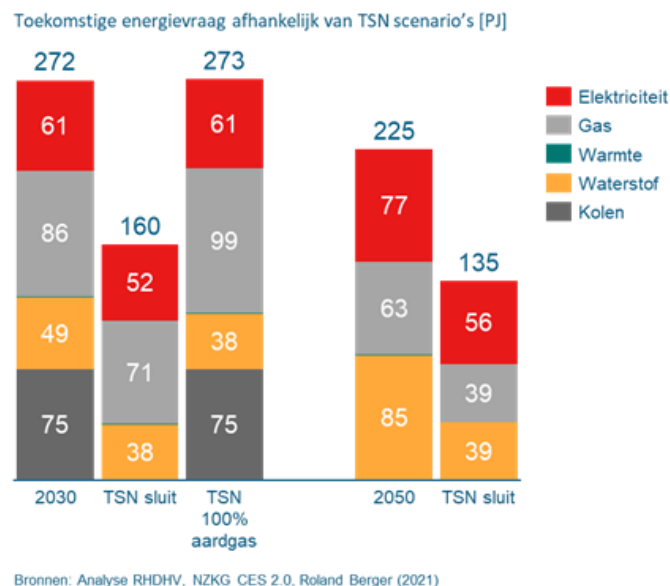
Figuur 10 Verwachte ontwikkeling energie-industrie in Cluster Noordzeekanaalgebied

⁸ *Grijze waterstof: gemaakt uit aardgas of restproduct petrochemie. Blauwe waterstof: van fossiele oorsprong maar waarbij de CO₂ die vrijkomt bij productie wordt afgevangen en opgeslagen. Groene waterstof: gemaakt door elektrolyse met gebruikmaking van hernieuwbare elektriciteit.*

Tata Steel Nederland, de grootste energieverbruiker in NZKG

Met het huidige verbruik van 112 PJ (Roland Berger, 2021) is Tata Steel Nederland (TSN) veruit de grootste energieverbruiker in het NZKG. De ontwikkeling van TSN zal dan ook een significante invloed hebben op de industriële energiemix. Er zijn twee scenario's onderzocht die richting 2030 relevant zijn: sluiting en het volledige aardgas DRI-scenario van TSN. Figuur 11 presenteert de effecten van deze scenario's. Het op grote schaal inzetten van groene waterstof is voorzien na 2030 (Tata Steel, FNV, Roland Berger, november 2021). In de eindsituatie richting 2050 wordt volledig groen staal geproduceerd en zal het elektriciteitsverbruik 6,1 TWh/jaar bedragen. Ook wordt 380 kton/jaar waterstof verbruikt. Om deze energie hoeveelheid te produceren is het equivalent van 5 GW wind offshore capaciteit nodig.

Bij de sluiting van TSN zal de totale energievraag van het Noordzeekanaalgebied in 2030 dalen met 41%. Het gebruik van kolen vindt dan niet meer plaats. In het aardgas scenario wordt ervan uitgegaan dat de infrastructuur voor waterstof pas na 2030 op grote schaal beschikbaar komt. De rol van aardgas in de energiemix neemt af in de periode 2030 tot 2050.



Figuur 11 Impact van Tata Steel Nederland op het energieverbruik in het Noordzeekanaalgebied, 2030 en 2050

3.4 Agrarische sector

De agrarische sector is vooral door de glastuinbouw een belangrijke energieverbruiker in Noord-Holland. Het totale energieverbruik van de agrarische sector heeft een omvang van 23 PJ (Klimaatmonitor, 2021). De provincie kent twee grote tuinbouwclusters ('Greenports'). Greenport Noord-Holland heeft tuinbouw en een sterk zaadveredelingscluster, bloembollenteelt en een grote variëteit aan groenten, aardappelen en fruit. Greenport Aalsmeer is het wereldhandelscentrum voor bloemen en planten met onder andere 's werelds grootste bloemenveiling Royal Flora Holland. In de agrarische sector gaat het vooral om energie voor het verwarmen en verlichten van kassen. Tussen 2010 en 2020 is de inzet van hernieuwbare energiebronnen voortvarend opgepakt:

- Zes aardwarmtebronnen
 - Agriport A7 met drie bronnen
 - Het Grootslag met twee bronnen
 - Heemkerkerduin met een bron
- Biowarmte installaties Agriport A7 en Het Grootslag
- Glastuinbouwgebied Alton op het warmtenet van HVC
- Twee zonnewarmteprojecten.

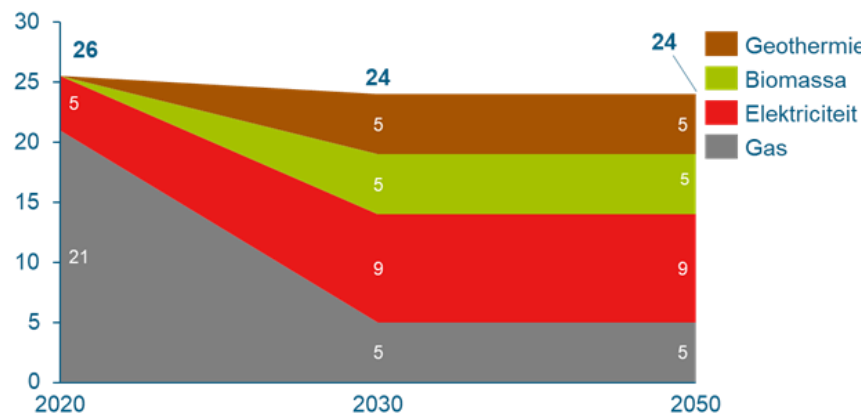
Voor de periode 2020 tot 2030 zijn de volgende plannen bekend:

- Ontwikkeling open warmtenetwerk Greenport Aalsmeer. Met inzet van alle mogelijke warmtebronnen: geothermie, biowarmte, zon-thermische systemen en restwarmte
- Warmtepompen en warmte- en koudeopslag
- Opschaling aardwarmte en hoge temperatuur warmteopslag in Noord-Holland Noord
- Opschaling warmte-koude opslag bij glastuinbouwbedrijven in heel Noord-Holland
- Verzwaring van het elektriciteitsnet in Noord-Holland. Hierdoor is meer inkoop mogelijk van duurzame elektriciteit
- Energiebesparende maatregelen en toepassing van zonne-energie waar mogelijk
- Uitbreiding van het OCAP CO₂-net naar glastuinbouwgebieden Greenport Aalsmeer en aansluiten nieuwe CO₂-bronnen waaronder HVC Alkmaar.

De verwachting is dat hiermee het aardgasverbruik zal worden teruggedrongen, zie figuur 12.

Tegen 2030 zal elektriciteit de belangrijkste energiedrager zijn binnen de agri-sector, hierna zullen de verhoudingen gelijk blijven.

Energiemix voor de agri-sector in Provincie Noord-Holland richting 2050 [PJ]



Bronnen: Analyse RHDHV

Figuur 12 Verwachte ontwikkeling energie agrarische sector Noord-Holland

3.5 Gebouwde omgeving

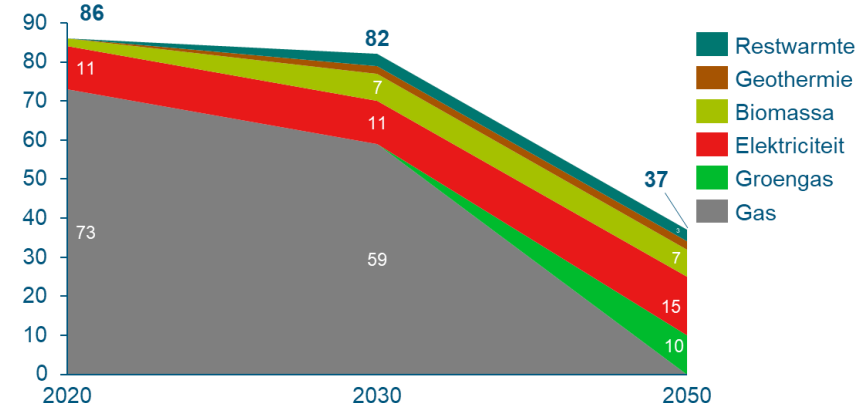
Bij de gebouwde omgeving gaat het vooral om energie voor het verwarmen van woningen en gebouwen. Aardgas is nu nog de belangrijkste brandstof. Het aardgasverbruik hangt vooral af van hoe koud of warm een winter is. Daarnaast is elektriciteit een belangrijke energiedrager voor de gebouwde omgeving. De totale energievraag heeft een omvang van 115 PJ (Regionale Klimaatmonitor, 2021).

Gezien de doelstelling om in Nederland in 2050 geen aardgas meer te gebruiken ten behoeve van verwarming is de verwachting dat de gebouwde omgeving de komende jaren overstapt naar andere warmtebronnen. Na het opstellen van de transitievisies warmte door de gemeenten komt de warmtetransitie langzaam opgang. Het is te verwachten dat een deel van de gebouwen en woningen in de toekomst verwarmd zal worden met elektrisch aangedreven warmtepompen waardoor de elektriciteitsvraag stijgt. Daarnaast zullen er meer warmtenetten gerealiseerd worden die verschillende warmtebronnen, zoals geothermie, aquathermie, restwarmte en biomassa, gebruiken. Voor een heel klein deel van de gebouwen is verwarmen met nieuwe energiedragers lastig, deze zullen in de toekomst misschien met groengas verwarmd worden. De exacte verdeling tussen deze warmteopties is richting 2050 nog onduidelijk. Figuur 13 geeft een

impressie van een mogelijke verdeling. De vraag neemt sterk af, deels door energiebesparing en deels door de overstap naar 'all electric' verwarmen.

Na 2030 zal de energievraag van de gebouwde omgeving significant afnemen, tot bijna 40%. Elektriciteit, groengas en biobrandstoffen zullen hierin een cruciale rol spelen.

Energiemix voor de gebouwde omgeving in Provincie Noord-Holland richting 2050 [PJ]



Bronnen: Analyse RHDHV

Figuur 13 Verwachte ontwikkeling energie in gebouwde omgeving Noord-Holland

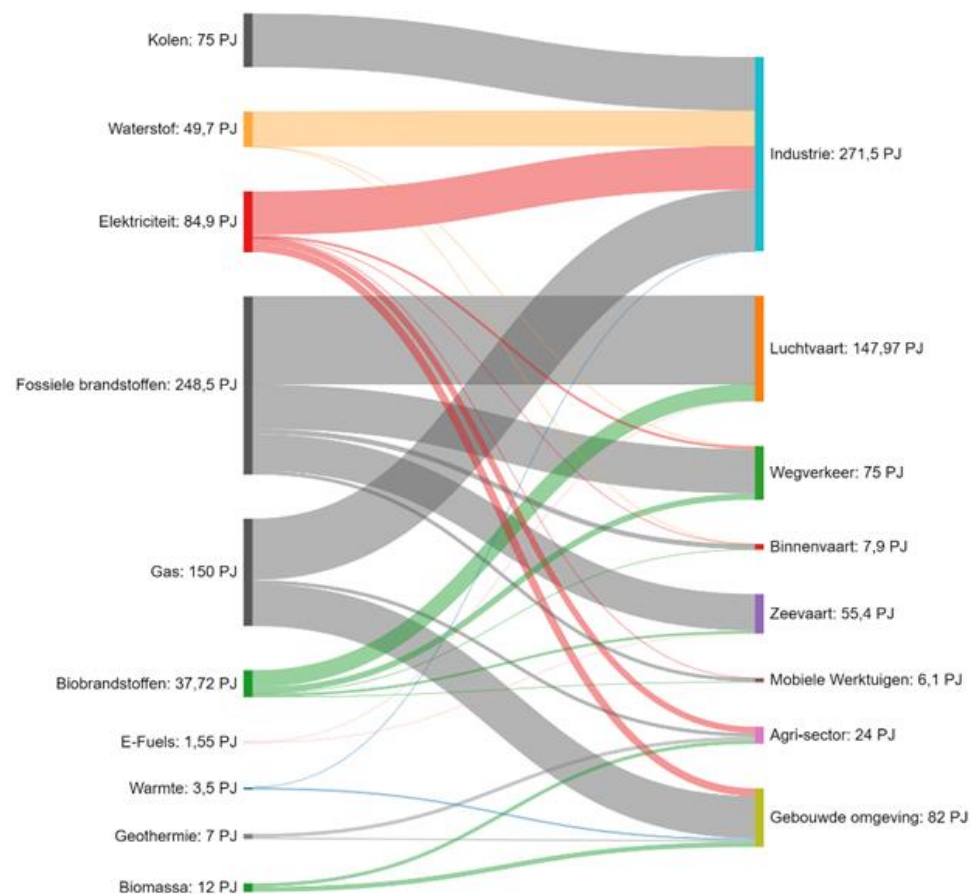
3.6 Totale energiemix Noord-Holland

Als we de sectoren samenbrengen resulteert dit in Sankey diagrammen die laten zien welke energiedragers in welke sectoren gebruikt worden. Figuur 14 presenteert de verwachte verdeling voor 2030. Figuur 15 doet dit voor 2050. Duidelijk is dat binnen de Noord-Hollandse context de industrie en de luchtvaart de twee grootste sectoren zijn. Daarnaast zijn wegverkeer en vervoer over water ook van grote omvang.

In 2030 hebben de fossiele energiedragers (kerosine, kolen, gas en benzine/diesel) nog steeds het grootste aandeel. Elektriciteit, waterstof en hernieuwbare brandstoffen zoals groengas, bio- en synthetische brandstoffen spelen wel een steeds grotere rol.

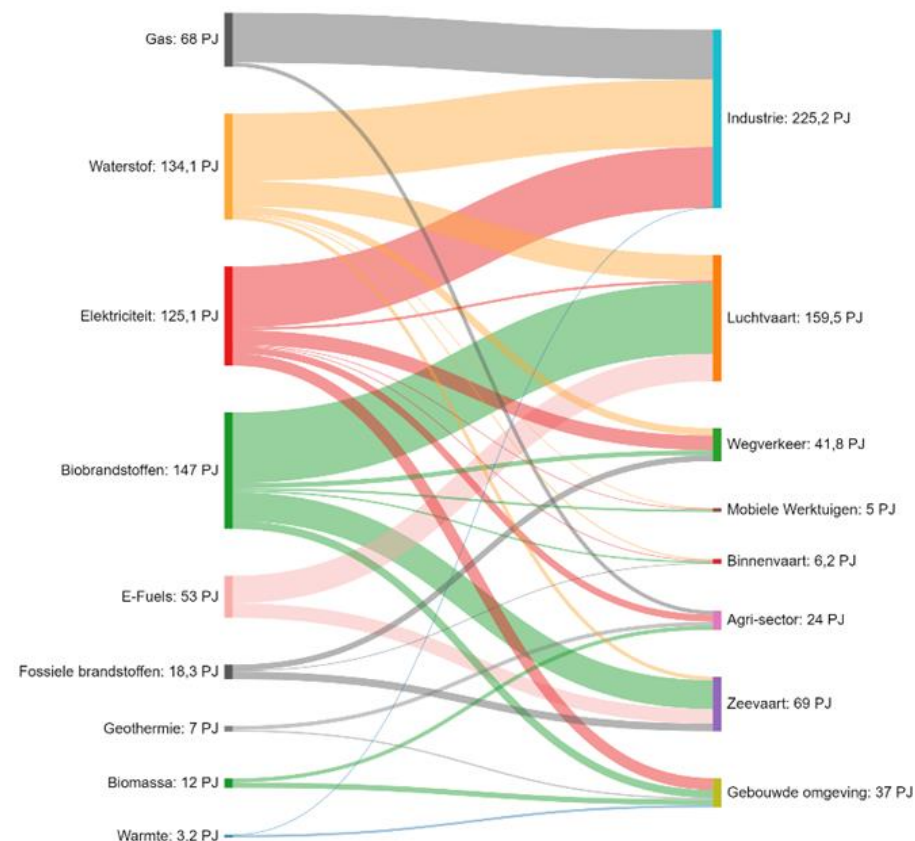
Omvang energiehuishouding Noord-Holland, inclusief luchtvaart en zeevaart:

■ Nu ..	649 PJ
■ 2030 ..	581 PJ
■ 2050	528 PJ.



Figuur 14 Sankey diagram energiedragers naar sectoren Provincie Noord-Holland in 2030 in PJ

Voor de situatie in 2050 is te zien dat meeste fossiele brandstoffen uitgefaseerd zijn. Elektriciteit en waterstof zijn de leidende energiedragers. Daarnaast hebben hernieuwbare brandstoffen (vloeibaar, gasvormig en vast) een significant aandeel in de energiemix. Luchtvaart, zeevaart en de industrie zijn in Noord-Holland de sectoren die bepalend zijn voor de energiedragers die in de toekomst gebruikt worden en de met deze energiedragers samenhangende activiteiten, binnen en buiten de provincie.

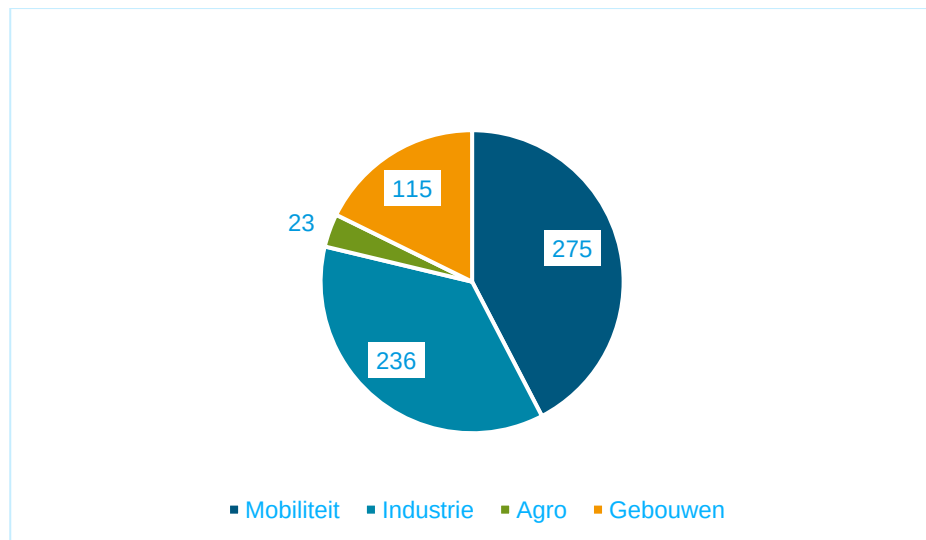


Figuur 15 Sankey diagram energiedragers naar sectoren Provincie Noord-Holland in 2050 in PJ

3.7 Conclusies rol hernieuwbare brandstoffen

Energiehuishouding Noord-Holland is veel omvangrijker dan gedacht

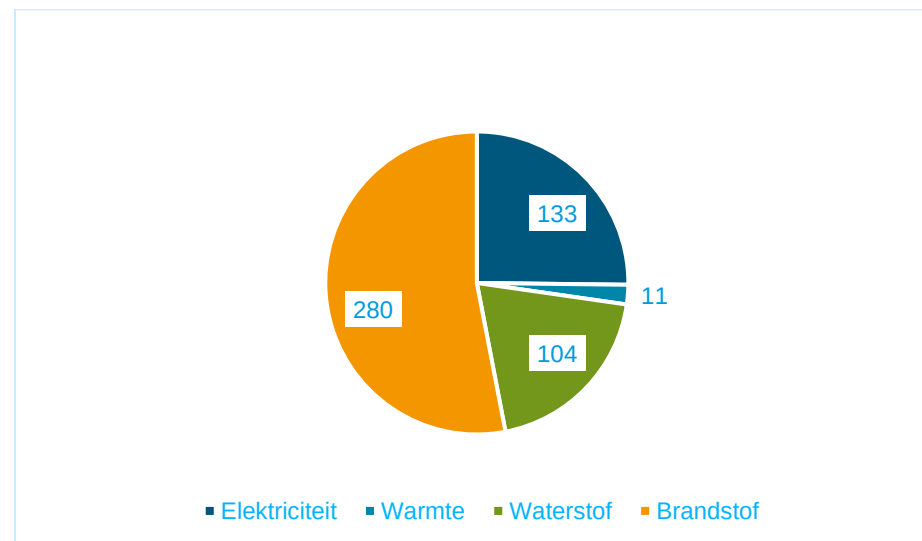
In het gesprek over energiedragers gaat de aandacht de laatste tijd vaak uit naar elektriciteit, warmte en waterstof. Het gaat daarbij vooral om de energietransitie van de gebouwde omgeving en van de industrie. De analyse maakt duidelijk dat dit voor Noord-Holland niet het hele verhaal is. In rapportages over de energiehuishouding, zowel nationaal (Klimaatverkenning, PBL) als regionaal (Regionale Energie Strategie) komt maar een deel van het verhaal aan de orde. Zo wordt de zeevaart (bunkerhaven Amsterdam) en de luchtvaart (Schiphol) buiten beschouwing gelaten en is de impact van Tata Steel Nederland niet terug te vinden in de Regionale Klimaatmonitor. Juist voor Noord-Holland leidt dit tot een onvolledig beeld en daarmee tot een te beperkt zicht op de rol van hernieuwbare brandstoffen in de energietransitie. Waar de Regionale Klimaatmonitor het heeft over een totaal energieverbruik van 247 PJ in 2020 is het feitelijke energieverbruik van het geheel aan energie gerelateerde activiteiten in Noord-Holland met 649 PJ ruim twee keer zo groot. Figuur 16 geeft de verdeling van het verbruik aan over de sectoren.



Figuur 16 Energieverbruik Noord-Holland in 2020 in PJ, inclusief zeevaart, luchtvaart en groot industrie. Het totale verbruik is met 649 PJ aanzienlijk groter dan de 247 PJ uit de Regionale Klimaatmonitor

Energiedragers, dat is meer dan elektriciteit, warmte en waterstof

De nadere analyse van het energiegebruik laat zien dat nu en in de toekomst de energievoorziening in Noord-Holland, naast warmte en elektriciteit, voor een belangrijk deel wordt ingevuld door hernieuwbare brandstoffen, zie figuur 17. Het gaat daarbij niet alleen over waterstof, maar ook in belangrijke mate over andere gasvormige, vloeibare en vaste brandstoffen van biogene of synthetische oorsprong. Voor het maken van deze brandstoffen zijn grondstoffen nodig zoals biomassa en CO₂ en water, maar bij de synthetische brandstoffen ook elektriciteit. Deze brandstoffen zullen voor een deel gemaakt worden in Noord-Holland, maar gezien de omvang van de Noord-Hollandse energiehuishouding is import, inclusief de daarbij behorende infrastructuur onontkoombaar.

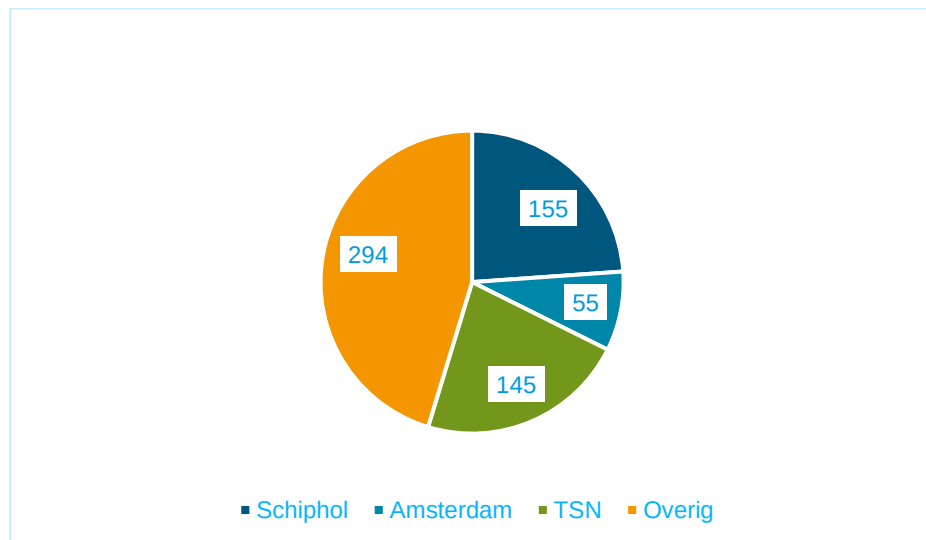


Figuur 17 Verwachte inzet van energiedragers in Noord-Holland in 2050 in PJ, inclusief zeevaart, luchtvaart en groot industrie. Hernieuwbare brandstoffen nemen ruim de helft voor hun rekening. Op een totaal verwacht verbruik van 528 PJ in 2050 is het aandeel van brandstoffen en waterstof tezamen 384 PJ

De energiehuishouding wordt vooral bepaald door drie grote spelers

De grote drie in Noord-Holland in termen van energieverbruik en doorzet zijn Tata Steel Nederland, Schiphol en de haven van Amsterdam. Waar het bij Schiphol gaat om kerosine, gaat het in Amsterdam om bunkerbrandstof voor zee- en binnenvaart. Figuur 18 geeft aan hoe de verhoudingen liggen. De figuur maakt duidelijk dat Schiphol zich qua

energieverbruik kan meten met Tata Steel Nederland, met dit verschil dat bij Schiphol (en in de zee- en binnenvaart) het verbruik onderweg en grotendeels buiten de provincie plaatsvindt terwijl het verbruik van Tata Steel Nederland zich concentreert in Velzen en omgeving.



Figuur 18 Energieverbruik Noord-Holland in 2020 in PJ, verdeelt naar grootverbruikers. In Schiphol en de haven van Amsterdam gaat het om transportbrandstoffen. Bij Tata Steel Nederland (TSN) gaat het vooral om kolen en aardgas. Ruim de helft (355 PJ op 649 PJ) van het energieverbruik in Noord-Holland komt voor rekening van de grote drie

De 'grote drie' van Noord-Holland spelen een cruciale rol in de wijze en snelheid van energietransitie in de provincie. Vele 'spin offs' zijn daarbij mogelijk waar ook andere sectoren van kunnen profiteren. Naast elektriciteit en warmte spelen de duurzame brandstoffen, meer dan in andere provincies, hierin een grote rol.

Gebouwde omgeving, beperkte inzet van duurzame gassen

De warmtetransitie van de gebouwde omgeving staat volop in de belangstelling. Met de Transitievisies Warmte geven gemeenten hoe zij het uitfaseren van aardgas mogelijk achten. Twee routes vallen hierbij op. De zogenaamde 'all electric' route waarbij de warmtepomp woningen en gebouwen gaat verwarmen en de route waarbij gebruik gemaakt wordt van lokaal beschikbare warmte. Warmtebronnen zijn in dit geval o.a.

geothermie, restwarmte en warmte die vrijkomt bij de verbranding van afval en biomassa. Een derde route, de route van het groengas, lijkt op de achtergrond te raken. De route is aantrekkelijk omdat het gebruik maakt van de bestaande gasinfrastructuur. Maar het zicht op voldoende aanbod van groengas, verkregen via het vergisten en vergassen van biomassa, is hoogst onzeker. Waterstof zal de groengas rol in de gebouwde omgeving niet gaan vervullen. Daarvoor is de brandstof te hoogwaardig en te schaars. Waterstof toepassingen in industrie en vervoer krijgen voorrang.

Industrie transitie met elektriciteit en waterstof als energiedragers

Met de publicatie van de Cluster Energie Strategie NZKG en in het bijzonder de voorgenomen transitie van Tata Steel Nederland van kolen via aardgas naar waterstof en elektriciteit als energiedragers wordt duidelijk wat de contouren van de energietransitie zijn en welke energiedragers nodig zijn. Elektrificatie en waterstof zijn de belangrijkste energiedragers. Dit lukt alleen wanneer de ontwikkeling van wind offshore zich kan doorzetten, maar ook door het ontwikkelen van importcapaciteit waterstof.

Transitie mobiliteit met elektriciteit en duurzame brandstoffen

De transitie van de gebouwde omgeving en industrie is niet het hele verhaal, zeker niet in Noord-Holland. De energiestromen die omgaan in verkeer en vervoer, vooral door Schiphol en de rol van de Amsterdamse haven als benzine/diesel en bunkerolie knooppunt, is juist in Noord-Holland van grote omvang zoals figuur 16 ook laat zien.

De transitie in verkeer en vervoer voltrekt zich relatief onopvallend. De groei van het elektrisch vervoer is significant en verloopt boven verwachting. Echter door de bijmengverplichting voor het vervoer over de weg is de omvang van deze vorm van energietransitie hier het grootst.

Dichten 9 Mton CO₂ gat 2030, juist ook met duurzame brandstoffen

Voortgaand op de resultaten van de Berenschot studie, waarin geconstateerd is dat de provincie Noord-Holland een achterstand van 9 Mton CO₂ reductie dreigt op te lopen bij het halen van het 2030 doel, is duidelijk geworden dat hernieuwbare brandstoffen met een belangrijke rol kunnen spelen in het sluiten van dit gat. Een extra CO₂-emissie reductie van ruim 5 Mton wordt mogelijk geacht door meer biogas als vervanger van aardgas in te zetten en door het versnellen van de overgang naar duurzame mobiliteit. Daarnaast kan met het breder toepassen van CO₂-afvangstechnieken het gat verder worden gedicht. Tot slot blijft het zaak om zuinig te zijn met energie door hoge prioriteit te geven aan energie efficiëntie ... want wat je niet verbruikt dat hoeft je ook niet te produceren, preventie is de beste remedie in de transitie van onze energievoorziening.

4 Beleidsraamwerk Nederland en EU

Het beleidsraamwerk NL en EU, maakt duidelijk hoe richting 2030 gestuurd wordt op ketens en energiedragers om tot duurzame ketens te komen en negatieve effecten te beheersen. Het gaat daarbij vooral om brandstoffen die toegepast worden in mobiliteit en industrie. De provincie Noord-Holland kan hier vervolgens aanvullend op acteren om zo de gewenste richting in energietransitie te bereiken.

4.1 Beleidssturing in de EU

Momenteel stuurt de EU het gebruik van hernieuwbare energiedragers vooral via twee verschillende maatregelen: De richtlijn hernieuwbare energie (Renewable Energy Directive, RED) en de brandstofkwaliteitsrichtlijn (Fuel Quality Directive). De hernieuwbare energierichtlijn schrijft minimum- en maximum energieaandelen voor hernieuwbare brandstoffen voor, afhankelijk van hun grondstoffen en hun ketens. De brandstofkwaliteitsrichtlijn schrijft een doel voor vermindering van de broeikasgasintensiteit voor van alle brandstoffen die aan het wegvervoer worden geleverd.

Hernieuwbare energierichtlijn

De hernieuwbare energierichtlijn (2018/2001/EU) is in 2018 gepubliceerd als uitbreiding van de eerste hernieuwbare energierichtlijn (2009/28/EC, kortweg RED I). Daarom krijgt deze nieuwe richtlijn (2018/2001/EU) vaak de bijnaam RED II. Het bestrijkt de periode van 2020 tot 2030. De RED II bevat een streefcijfer voor het aandeel hernieuwbare energie voor zowel de industrie als de mobiliteit.

Voor mobiliteit is het doel 14% hernieuwbare energie als aandeel van het totale energieverbruik in het weg- en spoorvervoer. Biobrandstoffen op basis van voedsel- en voedergewassen worden beperkt tot 7% of het verbruik van de lidstaat in 2020 plus 1 procentpunt, als dat lager is dan de 7%. In Nederland ligt het percentage van inzet voedsel en voeder gebaseerde biobrandstoffen op 1,2%. De lidstaten kunnen vrijwillig voor een lager plafond kiezen en mogen dan het totale streefcijfer van 14% dienovereenkomstig verlagen.

Voor brandstoffen uit afgewerkte frituurolie of afvalvetten (opgenomen in bijlage IX B van RED II) geldt een maximum van 3,4%. De energiehoeveelheden van dit soort brandstoffen die aan de mobiliteitssector worden geleverd, mogen echter dubbel worden geteld. Dit betekent dat het fysieke volume dat aan de markt wordt geleverd maximaal met 1,7% kan meetellen voor de doelstelling.

Grondstoffen voor geavanceerde biobrandstoffen bestaan uit moeilijk te recyclen, niet-eetbare afvalstromen zoals lignocellulose (hout) of huishoudelijk afval. Zij zijn opgenomen in bijlage IX-A van de Europese richtlijn hernieuwbare energie. Brandstoffen uit deze grondstoffen worden door de richtlijn gestimuleerd, aangezien er minimumstreefcijfers voor gelden: in 2022 moet ten minste 0,2 procentpunt van de totale 14% via geavanceerde biobrandstoffen worden gerealiseerd. In 2025 stijgt dit naar minimaal 1 procentpunt. In 2030 moet ten minste 3,5 procentpunt van het streefcijfer voor hernieuwbare energie via geavanceerde biobrandstoffen worden gehaald. Gezien deze cijfers moet echter worden opgemerkt dat ook deze soorten biobrandstoffen dubbel worden geteld (net als de brandstoffen van bijlage IX-B).

Zoals blijkt, is het voor producenten van biobrandstoffen van belang of hun grondstof is opgenomen in bijlage IX A of in bijlage IX B. Als de grondstof in bijlage IX A is opgenomen, wordt deze gestimuleerd, terwijl voor de grondstof in bijlage IX B een maximum van 3,4% geldt. De Europese Commissie heeft onlangs een publieke consultatie gehouden met een wijziging van de grondstoffenlijsten waarbij bijlage IX B aanzienlijk wordt uitgebreid, zodat meer toeleveringsketens een limiet krijgen. Tabel 1 toont de huidige grondstoffenlijsten en hoe deze zullen worden aangepast (in rood) als dit voorstel wordt aangenomen. Een kanttekening hierbij is dat de lidstaten de in deze lijst genoemde grondstoffen nader kunnen specificeren voor hun nationale uitvoering van RED II.

De hernieuwbare energierichtlijn EU RED II stimuleert het gebruik van grondstoffen voor de productie van bio-brandstoffen die als reststromen en/of niet geschikt voor de voedselketen zijn aan te merken. Het gebruik van hoogwaardige grondstoffen voor de inzet als brandstof wordt ontmoedigd.



Tabel 1. Grondstoffenlijst van de hernieuwbare energierichtlijn (2018/2001/EU) in zwart en toevoegingen van de nieuwe concept gedelegeerde handeling in rood.

Annex IX	
Part A ("Advanced") targets: at least 0,2% in 2022, 1% in 2025 and 3,5% in 2030	
- Algae if cultivated on land in ponds or photobioreactors - Biomass fraction of mixed municipal waste but not separated household waste subject to recycling targets - Bio-waste as defined in Article 3(4) of Directive 2008/98/EC from private households subject to separate collection - Biomass fraction of industrial waste not fit for use in the food/feed chain, including material from retail/wholesale and the agro-food and fish and aquaculture industry, excluding feedstocks listed in part B. - Straw - Animal manure and sewage sludge - Palm oil mill effluent and empty palm fruit bunches - Tall oil pitch - Alcohol distillery residues and wastes (fusel oils) not fit for use in the food or feed chain	- Crude glycerin - Bagasse - Grape marcs and wine lees - Nut shells - Husks - Cobs cleaned of kernels of corn - Biomass fraction of wastes and residues from forestry and forest-based industries, i.e. bark, branches, pre-commercial thinnings, leaves, needles, tree tops, saw dust, cutter shavings, black liquor, brown liquor, fiber sludge, lignin and tall oil - Other non-food cellulosic material - Other ligno-cellulosic material [...] except saw logs and veneer logs - Raw methanol from kraft pulping stemming from the production of wood pulp - Non-food crops grown on severely degraded land, not suitable for food and feed crops
Part B (not considered as "advanced") capped to 1,7 % but exemption possible	
- Used Cooking Oil (UCO) - Bakery and confectionary residues and waste not fit for use in the food and feed chain - Drink production residues and waste not fit for use in the food and feed chain - Fruit and vegetable residues and waste not fit for use in the food and feed chain, excluding tails, leaves, stalks and husks - Starchy effluents with less than 20% starch content not fit for use in the food and feed chain - Brewers' Spent Grain not fit for use in the food and feed chain - Liquid whey permeate - Deoiled olive pomace - Damaged crops that are not fit for use in the food or feed chain, excluding substances that have been intentionally modified or contaminated in order to meet this definition	- Animal fats classified as categories 1 and 2 in accordance with Regulation (EC) No 1069/2009 - Municipal wastewater and derivatives other than sewage sludge - Brown grease - Cyanobacteria - Vinasse excluding thin stillage and sugarbeet vinasse - Dextrose ultrafiltration retentate from sugar refining - Intermediate crops, such as catch and cover crops that are grown in areas where due to short vegetation period the production of food and feed crops is limited to one harvest and provided their use does not trigger demand for additional land and provided the soil organic matter content is maintained

Naast biobrandstoffen kunnen ook andere hernieuwbare energiedragers meetellen voor de doelstelling over hernieuwbare energie. Dit zijn hernieuwbare brandstoffen van niet-biologische oorsprong (RFNBO's) en hernieuwbare elektriciteit. RFNBO's tellen hierbij 2,5 maal mee en hernieuwbare elektriciteit telt 4 maal mee in het wegvervoer en 1,5 maal in het spoorvervoer.

Duurzaamheidscriteria voor biobrandstoffen

Elke biobrandstof die in Europa wordt verkocht, ongeacht de geografische oorsprong, moet aan een set van duurzaamheidseisen voldoen om mee te tellen voor de doelstelling over hernieuwbare energie. Voor afval- en residu grondstoffen van landbouwgrond moeten monitoring en management plannen bestaan om negatieve impact op bodemkwaliteit en het gehalte van koolstof in bodem te voorkomen.

Grondstoffen mogen niet afkomstig zijn van land met een hoge biodiversiteitswaarde, dat wil zeggen land dat in of na 2008 de volgende status had:

- Primair bos of bebost land met natuurlijke soorten waar geen duidelijk zichtbare indicatie van menselijk activiteit is waar ecologische processen niet of nauwelijks verstoord zijn

- Bossen en bebost land met hoge biodiversiteitswaarde dat hoge soortenrijkdom kent en niet gedegradeerd is, of dat door de bevoegde autoriteiten als hoog biodiversiteitsland is aangemerkt

- Beschermde natuurgebied via nationale of IUCN-aanwijzing

- Grasland met hoge biodiversiteitswaarde.

Biobrandstoffen van biomassa uit landbouw mogen niet afkomstig zijn van land met een hoge koolstofopslag in de bodem, als het land die status had in januari 2008, ook als het nadien die status niet meer heeft:

- Wetlands

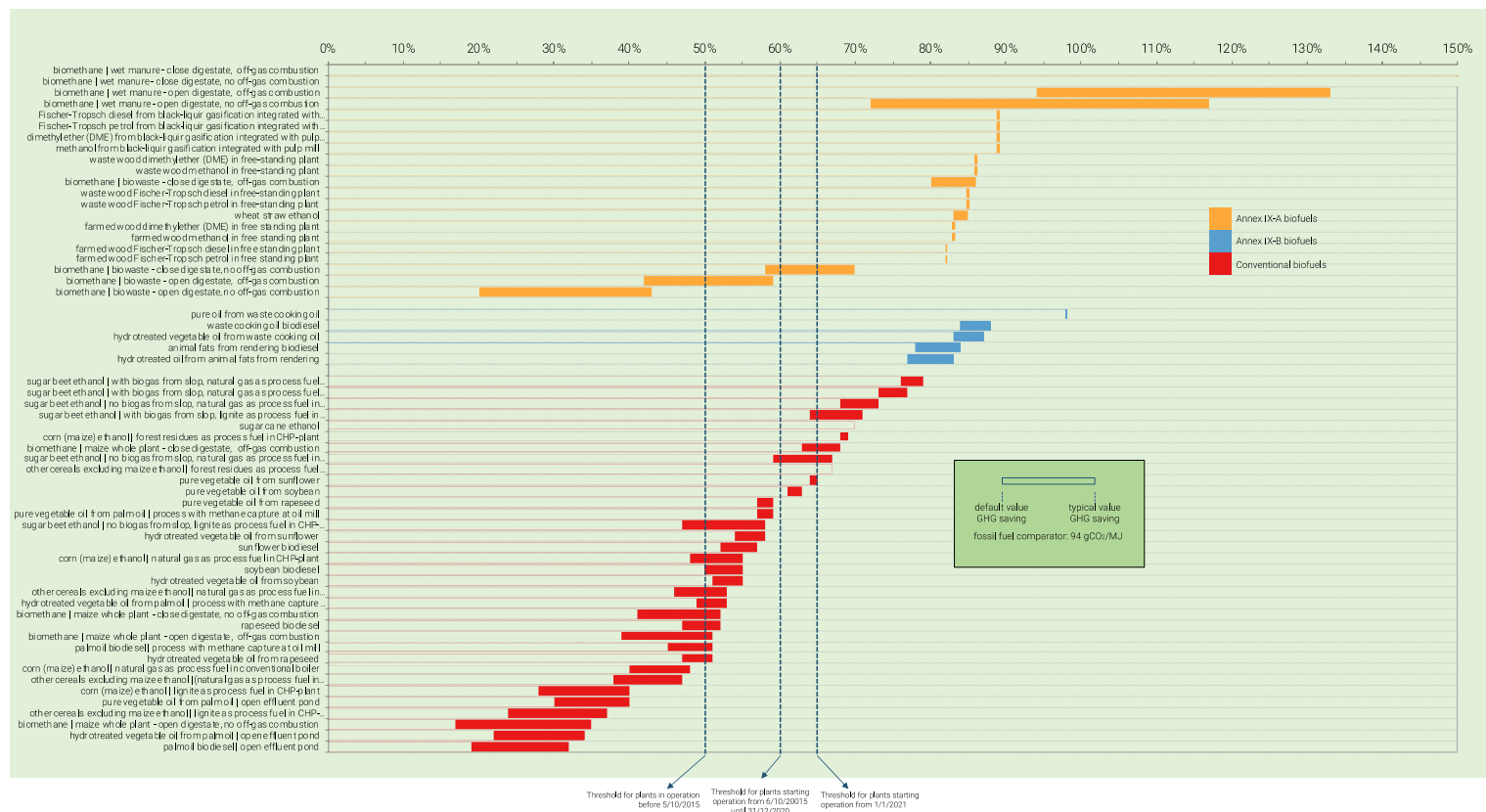
- Continu bebost gebied

- Areaal (> 1 ha) met bomen hoger dan 5 m en een 'canopy cover' tussen 10% en 30%, behalve als bewijs van behoud koolstofvoorraad voor en na statusverandering

- Biobrandstoffen van landbouwbiomassa van grond die in januari 2008 stond aangemerkt als veenland.

Voor gebruik biomassa uit bosgebied moet aan de volgende voorwaarden voldaan:

- Er moet (sub)nationale wet- en regelgeving van toepassing zijn voor het mogen oogsten, voor het herstellen (forest regeneration) van de geoogste arealen, het beschermen van kwetsbare gebieden, behoud van bodemkwaliteit en biodiversiteit bij het oogsten, en dat het oogsten de lange termijn productiecapaciteit van het bos moet behouden dan wel vergroten



Figuur 19. CO₂ drempelwaarden in % op basis van gemiddelde CO₂-emissiereductie van biobrandstofroutes. Hoe hoger de drempelwaarde hoe groter de CO₂-emissiereductie per eenheid energie

- Als er geen (sub)nationale wet- en regelgeving is, dan moeten bovengenoemde punten op 'forest sourcing area level' zijn verzekerd door aanwezigheid van managementsystemen.

Bij biobrandstoffen van biomassa uit bossen moet voldaan zijn aan criteria voor landgebruik, landgebruik verandering en bosbouw (LULUCF).

Verder zijn er minimale CO₂-reductiewaarden voor biobrandstoffen en e-brandstoffen om als hernieuwbaar te worden beschouwd. Deze minimumreductiewaarden worden steeds strenger, afhankelijk van de eerste datum waarop de installatie voor de productie van biobrandstoffen in gebruik is genomen:

- Ten minste 50% voor biobrandstoffen uit installaties in operatie voor 5 oktober 2015
- Ten minste 60% voor biobrandstoffen uit installaties in operatie van 6 oktober 2015 en 31 december 2020
- Ten minste 65% voor biobrandstoffen uit installaties in operatie vanaf 1 januari 2021
- Ten minste 70% voor e-fuels (en hernieuwbaar waterstof) met aantonen additionaliteit van de hernieuwbare elektriciteit.

Om een idee te geven geeft figuur 19 weer wat bij benadering de gemiddelde CO₂-intensiteit is van verschillende biobrandstof-grondstofcombinaties. Sommige routes behalen zogenoemde negatieve emissies, dat betekent dat deze in principe bij dragen aan het onttrekken van CO₂ uit de atmosfeer, de score is dan meer als 100%. Onderaan staan routes benoemd die niet over de drempelwaarde komen en daarmee niet kunnen worden ingezet. De drempelwaarde is op dit moment 65%.

Alle partijen in de keten, vanaf oogst en verzameling tot en met brandstofleverancier die levert aan de markt moet gecertificeerd zijn volgens één van de door de Europese Commissie goedgekeurde certificeringssystemen. Daarbij moeten ze het land van herkomst, het type grondstof en GHG-intensiteit (= CO₂ drempelwaarde) aangeven.

Brandstofkwaliteitsrichtlijn

In de brandstofkwaliteitsrichtlijn (2009/30/EC) is voor 2020 een doelstelling vastgesteld om voor alle brandstoffen die aan de wegvervoersector worden geleverd ten minste 6% broeikasgasreductie te bereiken ('well-to-wheel', dat wil zeggen over de hele keten van

de brandstoffen). Dit kan worden bereikt via hernieuwbare brandstoffen, maar ook via "betere" fossiele brandstoffen zoals LPG en aardgas.

Nederland heeft deze doelstelling in 2020 niet gehaald door de "opt-in" van de maritieme sector, wat betekent dat biobrandstoffen die aan de maritieme sector zijn geleverd niet konden meetellen voor de doelstelling van deze richtlijn. In 2021 is de doelstelling volgens de Nederlandse emissieautoriteit wel gehaald.

Fit-for-55 beleidspakket

Het in juli 2021 door de Europese Commissie gepubliceerde beleidspakket "Fit-for-55" omvat onder andere een reeks voorstellen voor een groter gebruik van hernieuwbare brandstoffen. Zij brengen relevante wijzigingen aan in de richtlijn hernieuwbare energie, maar introduceren ook twee nieuwe verordeningen: ReFuelEU Aviation voor de internationale luchtvaartsector en FuelEU Maritime voor de internationale scheepvaartsector.

Voorstel voor wijzigingen aan de hernieuwbare energierichtlijn

Voorstellen voor nieuwe wijzigingen van de richtlijn hernieuwbare energie, die wij voor het gemak REDIII noemen, sturen aan op minimaal 13% voor de vermindering van de broeikasgasintensiteit. De aansturing op minimaal 14% aandeel hernieuwbare energie in transportbrandstoffen komt daarmee te vervallen. Dat betekent dat hernieuwbare brandstofroutes die een hoge CO₂-emissiereductie bereiken met deze wijze van aansturing beloond gaan worden. Het toepassingsgebied is hierbij verruimd van weg- en spoorvervoer (in REDII) tot alle vervoer in REDIII. Dat betekent voor Nederland dat het volume van bunkers voor zeevaart mee gaan tellen, hetgeen zeer relevant is voor Noord-Holland. De omvang van brandstoffen geleverd aan zeevaart is in Nederland groter dan het brandstofvolume geleverd aan wegverkeer. Er wordt nog gesproken op Europees niveau om landen met een grote scheepvaartsector, zoals Nederland, slechts tot 15% van de maritieme energie-inhoud hoeven mee te tellen. Dit zou de hoeveelheid vereiste hernieuwbare energiedragers drastisch verminderen. Ook is in onderhandeling of lidstaten mogen blijven sturen op een aandeel hernieuwbare energie in plaats van op broeikasgasintensiteit.

Andere relevante wijzigingen zijn de afschaffing van dubbeltellingsfactoren. In plaats daarvan wordt elke brandstof geteld naar zijn fysieke ("reële") energieaandeel. Voorts is de ambitie voor geavanceerde biobrandstoffen van bijlage IX A in 2030 gestegen van 1,75% fysiek tot 2,2% fysiek.

Er is nu een verplichting voor een minimaal energieaandeel van RFNBO's, van 2,6% in 2030. Als reactie op de invasie van Rusland in de Oekraïne heeft de Europese Commissie gereageerd met een hogere ambitie van RFNBO's tot 5,7%. Dit hogere doel werd al goedgekeurd door het Europees Parlement tijdens de besprekingen over de REDIII.

Voor Recycled Carbon Fuels (RCF's) geldt nu ook een verplichting om de uitstoot van broeikasgassen met minimaal 70% te verminderen, zodat zij kunnen meetellen voor de doelstellingen van deze richtlijn. Nederland heeft besloten om deze categorie van circulaire brandstoffen niet mee te nemen.

Ten slotte komen de brandstoffen van bijlage IX B niet in aanmerking voor de stimuleringsfactor van 1,2 voor de zee- en luchtvaart. Deze factor is alleen van toepassing op bijlage IX A en RFNBO's. De wijzigingen zijn samengevat in tabel 2.

Tabel 2. Vergelijking tussen REDII (2018/2001/EU) links en de als onderdeel van Fit-for-55 gewijzigde REDIII rechts. De regels voor transportbrandstoffen worden strenger, de ambitie groter.

Transport issues only	RED II (2018 recast) 2018/2001/EU	Amended RED II (FF55 proposal) 2021/0218 COD
Subtarget transport	Minimum renewable energy share of 14 % in road and rail transport	Minimum GHG intensity reduction of 13 % in all transport
Food and feed crop based biofuels	1 %-point can be added to actual 2020 consumption of food and feed crop based fuels in road and rail, but only to a 7 % maximum. 7 % refer to road and rail final energy consumption. MS can choose to reduce it, and reduce the subtarget in transport accordingly	1 %-point can be added to actual 2020 consumption of food and feed crop based fuels in transport, but only to a 7 % maximum. 7 % refer to all transport final energy consumption. MS can choose to reduce it, and adjust GHG subtarget in transport accordingly (assuming 50% savings of food and feed crop based fuels)
Annex IX A biofuels	Count 2x, energy share at least: • 0.2 % in 2022 = 0.1 % physical • 1 % in 2025 = 0.5 % physical • 3.5 % in 2030 = 1.75 % physical	Physical energy share at least: • 0.2 % in 2022 • 0.5 % in 2025 • 2.2 % in 2030
Annex IX B biofuels	Count 2x, maximum energy share is 3.4 % (= 1.7 % physical) in the subtarget*. MS may apply for exception at the Commission	Maximum energy share is 1.7 % physical*
RFNBOs	No obligation. Must have at least 70 % GHG reduction. Also intermediates (e.g. for production of conventional fuels) count to the subtarget. Delegated act on GHG calculation methodology of RFNBOs to be adopted by Dec 2021 (pending)	Physical energy share at least: • 2.6 % in 2030 Must have at least 70 % GHG reduction. Also intermediates (e.g. for production of conventional fuels) count to the subtarget. Intermediates used for transport fuels cannot count to industry goals
RCFs	MS may choose to include RCFs in their target. No obligation, delegated act on GHG calculation methodology of RCF to be adopted by Dec 2021 (pending)	MS may choose to include RCFs in their target. RCFs may only contribute if they save 70% GHG emissions
Renewable electricity	Counts 4x in road and 1.5x in rail Either average share of ren. electricity in MS is taken from the previous two years, or 100 % if additionality is proven	Counts as 0 g CO ₂ eq/MJ Either average share of ren. electricity in MS is taken from the previous two years, or 100 % if additionality is proven
Aviation and maritime	Counts 1.2x with the exception of food and feed crop based fuels	Counts 1.2x, if Annex IX A or RFNBOs (no more Annex IX B)

ReFuelEU Luchtvaart

De verordening over het waarborgen van een gelijk speelveld voor duurzame luchtvervoer (kortweg: ReFuelEU Luchtvaart) heeft als doel het gebruik van duurzame luchtvaartbrandstoffen (Engels: Sustainable Aviation Fuels, kortweg SAF) door vliegtuigen te vergroten, om zo de klimaatimpact van de sector te beperken. Het voorstel maakt deel

uit van het Europese wetgevingspakket “Fit for 55”, dat de uitstoot van broeikasgassen in de EU tegen 2030 met ten minste 55% moet verminderen. In juli 2021 is het ontwerp-concept van ReFuelEU Luchtvaart gepubliceerd als een voorstel, waarover wordt onderhandeld voordat het juridisch bindende regelgeving wordt.

De ReFuelEU Luchtvaart verordening verplicht brandstofleveranciers om geleidelijk meer geavanceerde biobrandstoffen en hernieuwbare synthetische brandstoffen (kortweg: e-fuels) te leveren aan exploitanten op Europese luchthavens. Het minimum aandeel aan biobrandstof en synthetische brandstof zal als volgt toenemen:

- Vanaf 1 januari 2025, minimum aandeel 2% SAF
- Vanaf 1 januari 2030, minimum aandeel 5% SAF, waarvan minimaal 0,7% e-fuels⁹
- Vanaf 1 januari 2035, minimum aandeel 20% SAF, waarvan minimaal 5% e-fuels
- Vanaf 1 januari 2040, minimum aandeel 32% SAF, waarvan minimaal 8% e-fuels
- Vanaf 1 januari 2045, minimum aandeel 38% SAF, waarvan minimaal 11% e-fuels
- Vanaf 1 januari 2050, minimum aandeel 63% SAF, waarvan minimaal 28% e-fuels.

Duurzame luchtvaartbrandstoffen zijn gedefinieerd als ‘drop-in’ luchtvaartbrandstoffen die de definitie van hernieuwbare brandstoffen van niet biologische oorsprong van de “Renewable Energy Directive (EU 2018/2001, REDII) naleven, geavanceerde biobrandstoffen geproduceerd van grondstoffen zoals land- of bosbouwresten en algen (zoals staat aangegeven in Annex IX A van de REDII), of biobrandstoffen geproduceerd van andere grondstoffen met een ‘duurzaamheid potentieel’, zoals gebruikte kookolie en dierlijke vetten (zoals staat aangegeven in Annex IX B of REDII). Daarnaast moeten biobrandstoffen voldoen aan de duurzaamheid- en broeikasgascriteria in artikel 29(2) tot (7) van de REDII. Ook moeten biobrandstoffen gecertificeerd zijn in overeenstemming met artikel 30 van de REDII. ReFuelEU luchtvaart sluit het gebruik van SAF geproduceerd van voedsel- en voedergewassen uit (artikel 3 van ReFuelEU Luchtvaart).

Tot op heden zijn negen type SAF goedgekeurd volgens de “America Society for testing and Materials” (ASTM) standard. Deze zijn als volgt:

- Fischer-Tropsch synthetic paraffinic kerosene (FT-SPK)
- Synthetic paraffinic kerosene from hydroprocessed esters and fatty acids (HEFA-SPK)
- Synthesized isoparaffins from hydroprocessed fermented sugars (HFS-SIP)

- FT-SPK with added synthesized aromatics from the alkylation of non-petroleum derived light aromatics (SPK/A)
- Alcohol-to-Jet: Isobutanol to aviation fuel (AtJ-SPK)
- Alcohol-to-Jet: Ethanol to aviation fuel (AtJ-SPK)
- Catalytic hydrothermolysis synthesized kerosene (CHJ-SK)
- Hydrocarbon-HEFA using microalgae-based jet fuel (HHC-SPK)
- Co-processing – biocrude used in petroleum refinery processes.

Daarnaast verplicht de ReFuelEU luchtvaartmaatschappijen die vliegen vanaf EU-luchthavens om niet meer te tanken dan nodig voor de vlucht. Dit voorkomt dat maatschappijen meer tanken dan nodig is op luchthavens waar de brandstof goedkoper is, waardoor het vliegtuig zwaarder wordt en meer CO₂-uitstoot.

FuelEU Zeevaart

De verordening over het gebruik van hernieuwbare en koolstofarme brandstoffen in zeevervoer (kortweg: FuelEU Zeevaart) heeft zoals ReFuelEU Luchtvaart als doel het gebruik van duurzame brandstoffen te vergroten. Het voorstel maakt evenals ReFuelEU Luchtvaart deel uit van het Europese wetgevingspakket “Fit for 55”. Definitieve goedkeuring van de ontwerpverordening volgt nog uit de onderhandelingen met het Europese parlement.

De FuelEU Zeevaart verordening verplicht schepen van meer dan 5.000 ton die Europese havens aandoen (vissersschepen uitgezonderd) om de broeikasgasintensiteit geleidelijk te verminderen. Hierdoor zijn scheepvaart exploitanten verplicht om alternatieve brandstoffen te gebruiken om zo te voldoen aan de doelstellingen. Dit kunnen “low-carbon” brandstoffen zoals LNG, “waste-based” biobrandstoffen en hernieuwbare brandstoffen van niet biologische oorsprong (kortweg: RFNBO’s) zijn, zoals bijvoorbeeld groene waterstof of groene ammonia. Daarnaast zijn schepen vanaf 2030 verplicht om stroominstallaties aan wal te gebruiken voor de energie die ze verbruiken als ze aan wal liggen.

De doelstellingen om geleidelijk de broeikasgasintensiteit te verminderen is als volgt:

- -2% vanaf 1 januari 2025
- -6% vanaf 1 januari 2030

⁹ E-fuel: synthetische brandstof die met behulp van duurzame elektriciteit wordt gemaakt.



- -13% vanaf 1 januari 2035
- -26% vanaf 1 januari 2040
- -59% vanaf 1 januari 2045
- -75% vanaf 1 januari 2050.

Duurzame brandstoffen die gebruikt mogen worden om FuelEU Zeevaart na te leven moeten geproduceerd zijn van grondstoffen die in Annex IX A en Annex IX B. Daarnaast mogen “uncategorised” biobrandstoffen gebruikt worden. RFNBO's en hernieuwbare elektriciteit tellen ook mee voor de broeikasgasreductie. Verder mogen “betere” fossiele brandstoffen, zoals LNG en LPG ook meetellen in de broeikasgas reductie doelstellingen. Evenals ReFuelEU Luchtvaart, sluit FuelEU Zeevaart duurzame brandstoffen geproduceerd van voedsel- en voedergrassen uit.

4.2 Beleidssturing in Nederland

De Nederlandse overheid tracht de uitdagingen vanuit de Europese richtlijnen op een kosteneffectieve manier gezamenlijk aan te pakken. Hiervoor is het zogenaamde Energie voor Transportsysteem opgezet, een marktmechanisme waarbij hernieuwbare brandstofeenheden (HBE's) kunnen worden gecreëerd en verhandeld. Door het verzamelen van voldoende HBE's voldoen partijen aan hun verplichting. Om deze handel te faciliteren is bij de Nederlandse Emissieautoriteit (NEa) een register opgezet, het zogenaamde REV (Register Energie Vervoer), waar partijen een rekening hebben met HBE's.

Bedrijven die fysiek hernieuwbare brandstoffen leveren aan de vervoerssector, kunnen dit inboeken. Hiervoor ontvangen ze HBE's, waarbij 1 HBE gelijk staat aan 1 GJ. Wanneer een bedrijf hernieuwbare energie levert aan de vervoerssector wordt een “Bewijs van duurzaamheid” overhandigd aan de NEa. In ruil daarvoor stort de NEa HBE's op de rekening van het bedrijf in het REV. Vanaf dat moment kunnen deze HBE's verhandeld worden aan andere bedrijven.

Om het gebruik van bepaalde grondstoffen of vormen van hernieuwbare energie te bevorderen en anderen juist te ontmoedigen zijn er subdoelstellingen en limieten gesteld. Vanwege deze subdoelstellingen en limieten worden vier verschillende typen HBE's onderscheiden:

- HBE-G: Leveringen van biobrandstoffen die geproduceerd zijn uit bepaalde afvalstromen en residuen genereren HBE-G's. Van deze geavanceerde HBE's hebben bedrijven een minimum aandeel nodig. De grondstoffen die in aanmerking komen voor dit soort HBE's zijn te vinden op de lijst in Annex IX-A van de REDII

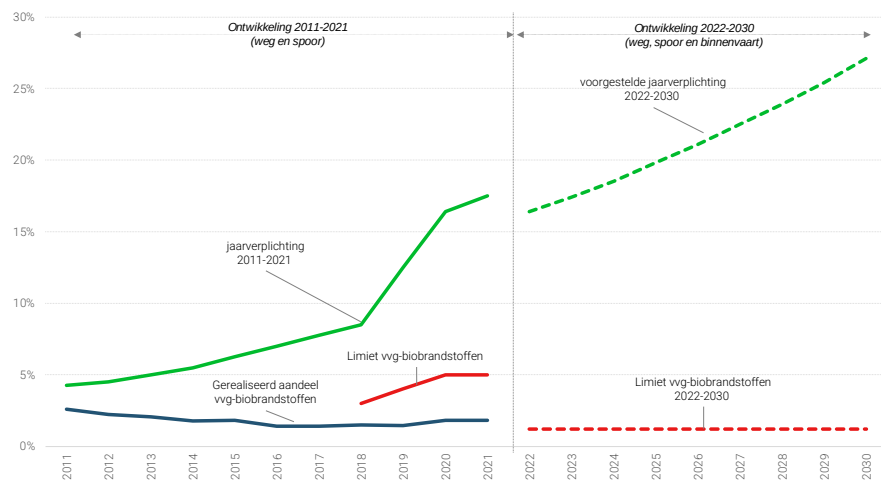
- HBE-C: Conventionele HBE's worden aangemaakt voor leveringen van biobrandstoffen die geproduceerd zijn uit landbouw- en energiegewassen. Aan deze categorie is een maximum gesteld op hoeveel gebruikt mag worden om te voldoen aan de verplichting. Dit soort brandstoffen mag maximaal 1,2 % meetellen voor de jaarlijkse verplichting
- HBE-IXB: Biobrandstof geproduceerd uit gebruikte plantaardige of dierlijke oliën en vetten levert HBE-IXB's op. Deze grondstoffen zijn gespecificeerd in Annex IX-B van de REDII. Ook aan dit type is een maximum gesteld. Dit soort brandstoffen mag maximaal 10% meetellen voor de jaarlijkse verplichting
- HBE-O: Een overige categorie, waar verschillende typen hernieuwbare brandstof binnenvallen, zoals RFNBO's en hernieuwbare elektriciteit. Zulke HBE-O's kunnen volledig naar eigen gelang worden gebruikt voor het voldoen aan de jaarverplichting.

Voor de stimulering van hernieuwbare energie uit de categorieën HBE-G en HBE-IXB zijn dubbeltellingen van kracht. Dit betekent in de praktijk dat voor dat soort leveringen elke GJ hernieuwbare energie 2 HBE's genereert. Er bestaan nog andere vermenigvuldigingsfactoren om bepaalde toepassingen te ontmoedigen of stimuleren. Zo worden voor elke GJ geleverde hernieuwbare elektriciteit zelfs 4 HBE's uitgekeerd en worden leveringen aan internationale luchtvaart en zeevaart respectievelijk met een factor 1,2 en 0,8 vermenigvuldigd.

Op een vast moment in het jaar bekijkt de NEa of de verplichte partij voldoende HBE's op de rekening heeft staan. Vervolgens worden deze afgeschreven en daarmee heeft die partij aan zijn verplichting voldaan. Van de HBE's die niet zijn gebruikt kan een deel worden meegenomen om in het daaropvolgende jaar te worden gebruikt.

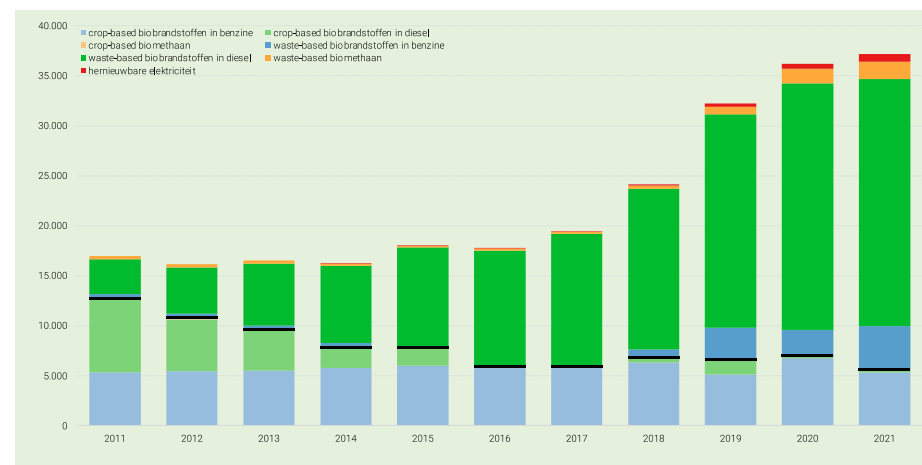
Aandeel biobrandstoffen uit voedsel-en voedergrassen

De vanuit Europese regelgeving opgelegde verplichting tot het hebben van een bepaald procentueel aandeel hernieuwbare energie in de mix ontwikkelt zich door de tijd heen (zie figuur 20). De eerste RED schreef een percentage van 4,25 % in 2011 voor, oplopend tot 17,5% in 2021. Daarbij werd een limiet ingesteld voor brandstoffen uit voedsel- en voedergrassen van 3% in 2018 oplopend tot 5% van de totale mix. Nederland bleef daar ruim onder en het nieuwe maximum vanaf 2022 werd vastgesteld in REDII op het niveau van 2021 (wanneer binnenvaart meegerekend zou worden, dat was in Nederland 1,2%). Het overkoepelende doel ontwikkelde zich wel verder van 16,4% in 2022 tot 27,1% in 2030. Deze ontwikkeling moet dus gerealiseerd worden met andere hernieuwbare brandstoffen dan die uit voedsel-en voedergrassen.



Figuur 20. Ontwikkeling van jaarverplichting en aandeel biobrandstoffen uit voedsel- en voedergewassen in transportbrandstoffen in Nederland

In Figuur 21 is te zien hoe de verdeling van volumes geleverde hernieuwbare brandstoffen zich heeft ontwikkeld tussen 2011 en 2021. Wat hier dus goed te zien is, is dat de inzet van voedsel- en voedergewassen in diesel vrijwel verdwenen is en dat dit veelal vervangen is en nog verder uitgebreid is met biobrandstoffen op basis van afval- en reststromen. De inzet van voedsel- en voedergewassen in benzine is nagenoeg gelijk gebleven, met een geringe toevoeging van de inzet van afval en residuen voor benzine. Verder wordt langzaam zichtbaar dat hernieuwbare elektriciteit en biomethaan uit afval en residuen een rol gaan spelen in de mix.



Figuur 21. Ontwikkeling van de verdeling van volumes geleverde hernieuwbare brandstoffen naar herkomst tussen 2011 en 2021 in Nederland

4.3 Conclusies beleidsraamwerk

Door de EU met daarop aansluitend de nationale overheid is in de loop der jaren een beleidsraamwerk ontwikkeld dat enerzijds duidelijk maakt wat de doelen richting 2030 en daarna zijn in de transitie van fossiele naar hernieuwbare energiedragers. Anderzijds is het beleidsraamwerk gevolgd door regelgeving om de mogelijk negatieve impact van energiedragers op de voedselketen, onze natuur en ons milieu te voorkomen. De verdere ontwikkeling van energiedragers in Noord-Holland, zowel de productie als het verbruik, zal plaatsvinden binnen deze kaders en heeft consequenties voor de toepassingen in alle sectoren, waaronder sinds kort ook luchtvaart en zeevaart.

5 Analyse energiedragers en ketens

Per relevante energiedrager wordt een factsheet gepresenteerd met de meest gangbare productieketens. Hierna worden per energiedrager aandachtspunten voor de inzet binnen Noord-Holland gegeven. Het gaat daarbij om aandachtspunten voor de gehele keten. Zo wordt duidelijk welke energiedragers de voorkeur hebben binnen de Noord-Hollandse context en wat de aandachtspunten zijn richting 2030 en daarna.

5.1 Toekomstige energiedragers Noord-Holland

Uit de energetische-analyse van de verschillende sectoren in hoofdstuk 3 ontstaat een beeld van de voor Noord-Holland belangrijkste energiedragers richting 2030 en daarna:

- In toenemende mate wordt elektrificatie verwacht, zowel de vraag naar als de productie van elektriciteit neemt toe
- De inzet van lokaal beschikbare warmtebronnen neemt toe, vooral voor het verwarmen van de gebouwde omgeving
- Biokerosine (2030) en synthetische kerosine (2050) voor de luchtvaart zijn de belangrijkste vervangers voor fossiele kerosine van dit moment
- Waterstof zal vooral hoogwaardig worden toegepast in de industrie in hoge temperatuurprocessen
- Bijmengen van vloeibare biobrandstoffen in het vervoer over de weg neemt in omvang toe: biodiesel, bioethanol; de 'drop-in' brandstoffen
- Hernieuwbare gasen voor hoogwaardige inzet in industrie en transport: stortgas, biogas, groengas, bioLNG, bioCNG. Gaat tot 2030 om vergisten, nog geen vergassing
- Vaste biomassa wordt ingezet bij warmtenetten en stoom in de industrie
- Nog niet veel genoemd maar wellicht een rol voor anorganische brandstoffen zoals NH₃ en Fe

Een deel van deze energiedragers is nog niet in grote volumes en op commerciële schaal beschikbaar. Wij verwachten mede daarom dat een deel van de energiedragers pas na 2030 een grote rol zal gaan spelen, zoals aangegeven in tabel 3.

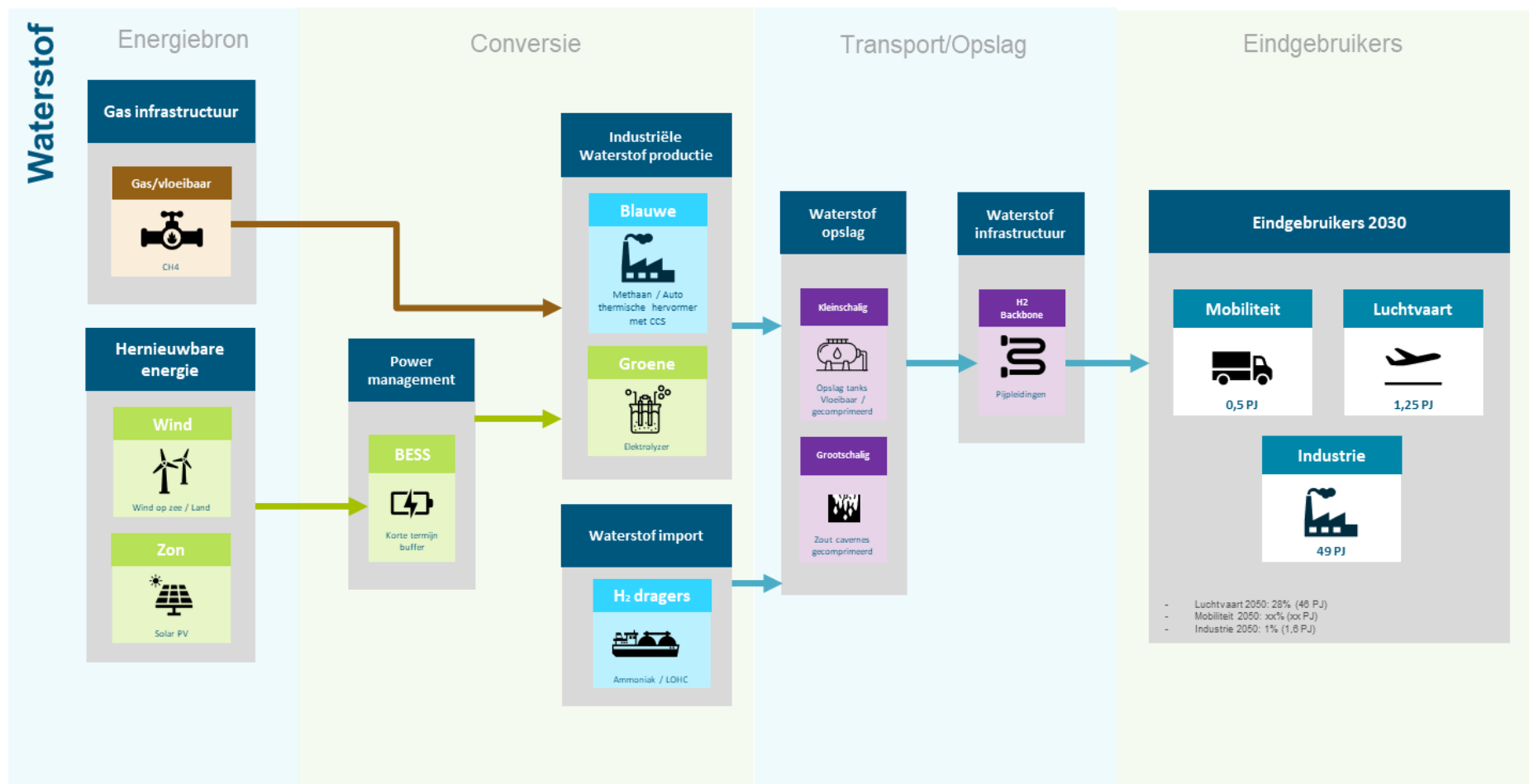
Tabel 3: Relevante energiedragers
Noord-Holland in 2030 en 2050

Hoofdgroepen	Tot 2030	Richting 2050
Gas: Biogas, groengas, BioLNG	X	X ¹⁰
Vast: Afval, houtsnippers en houtpellets	X	X ⁴
Vloeibaar: Biodiesel, Bioethanol	Bijmenging	X ⁴
De nieuwe biobrandstoffen	Pilot en demo	X ⁴
Waterstof	Demo	X
De nieuwe synthetische brandstoffen	Pilot	X
Anorganische brandstoffen zoals NH ₃ , Fe	Verkenkend	X

¹⁰ Ook een connectie met de biobased economy

Waterstof

Er zijn drie routes voor de productie van waterstof: de grijze, blauwe en de groene route. De grijze route gebruikt aardgas (CH_4) of kolen (grijze elektriciteit), de blauwe route gebruikt aardgas en kolen gecombineerd met CCS en de groene route gebruikt hernieuwbare energiebronnen zoals zon en wind. In figuur 22 is de bijbehorende keten van waterstof weergegeven. Daarbij is steeds onderscheid gemaakt in de bron, de productie (conversie), het transport en de opslag en het eindgebruik.



Figuur 22 De keten van waterstof. Op termijn zal waterstof vooral groen geproduceerd worden, dat is met behulp van elektriciteit uit wind en zon

Energiebronnen en grondstoffen, van grijze naar groene waterstof

De grijze en blauwe route maakt waterstof uit aardgas of kolen (grijze stroom), terwijl de groene route met behulp van hernieuwbare elektriciteitsopwekking zoals zon of wind waterstof produceert uit water. De elektriciteit voor de lokale productie van waterstof is afkomstig van land, van zee (wind offshore) of uit import. Omdat de trend in geheel Europa is gericht op meer elektrificatie is structurele groot-schalige import van elektriciteit op termijn niet te verwachten.

Conversieproces, de elektrolyser voor groen en methaan hervormer voor grijs

Het conversieproces van grijze of blauwe waterstof maakt gebruik van een methaan hervormer, ATR-installatie of elektrolyser fabriek (met grijze stroom). Bij blauwe waterstof wordt de CO₂ die vrijkomt in de productieketen afgevangen en opgeslagen (CCS). Groene waterstof wordt uitsluitend geproduceerd in een elektrolyser fabriek met gebruik van groene stroom. De CO₂-uitstoot is hier nihil. De verwachting is dat er waterstof-import zal ontstaan naast lokale productie. In andere gebieden is de zonpotentie hoger waardoor de productie goedkoper is. De verwachting is dat bij import waterstof (of op waterstof gebaseerde energiedragers, zoals ammoniak) per schip uit andere werelddelen zal worden aangevoerd. Niet alleen vanwege de kosten ontstaat import, maar ook vanwege de begrenzingen in Nederland zoals de beperkt beschikbare ruimte voor elektrolyserfabrieken en grenzen aan de groei van de duurzame elektriciteitsproductie. Import maakt een Nederlandse waterstofeconomie mogelijk met naast inzet voor eigen gebruik ook export van grondstoffen die met waterstof gemaakt worden.

Transport en opslag, op lage temperatuur en onder druk

De opslag van waterstof zal voornamelijk cryogeen in opslagtanks in havengebieden plaatsvinden voor kleinschalig opslag en onder druk in zout cavernes voor grootschalig opslag. In de provincie Noord-Holland zal naar verwachting alleen kleinschalig opslag plaatsvinden met name in haven van Den Helder voor geproduceerde groene waterstof uit hernieuwbare offshore bronnen en in de haven van Amsterdam voor de geïmporteerde en industrieel geproduceerde waterstof. De geschikte zout cavernes in Nederland liggen verder in het noorden van de land en dus buiten de grenzen van de provincie. Wellicht is de bestaande gasopslag Bergermeer geschikt te maken voor waterstofopslag. Echter de transport infrastructuur er naartoe zullen grotendeels door de provincie lopen via de zo geheten waterstof backbone van Nederland (waterstof pijpleidingen). Een andere optie is om waterstof te transporteren via de conventionele vervoermiddelen zoals trucks, spoor of binnenvaart naar de afnemers, deels cryogeen op lage temperatuur en deels onder druk.

Noord-Hollands vooruitzicht waterstofketen

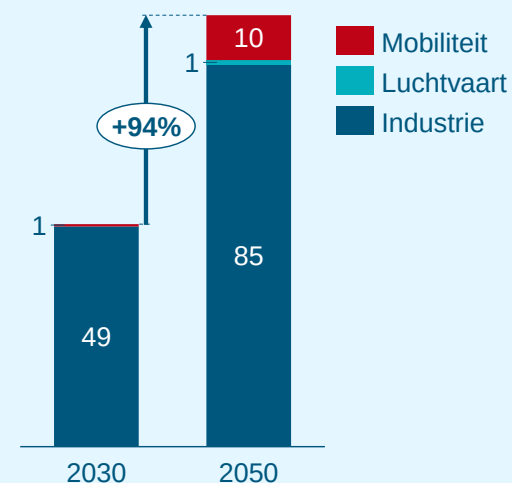
Grote drijfveren voor de ontwikkeling van de waterstofketen zijn het kunnen verwerken van overschotten elektriciteit wind offshore Noordzee en de transformatie van Tata Steel Nederland in een duurzame staalproducent. Voor zover beschikbare ruimte en veiligheid dit toelaat zal de waterstofketen zich dan ook vooral ontwikkelen binnen het bestaande industriële complex van NZKG. Naast productie is, zeker op termijn, de import van waterstof te verwachten.

Eindgebruikers waterstof

Eindgebruikers in de keten zijn vooral de mobiliteit, luchtvaart en industrie. De industrie heeft het grootste aandeel in toekomst, Tata Steel Nederland is daarbij veruit de grootste verbruiker.

De Industrie zal in de toekomst de grootste vraag naar waterstof hebben.

Toekomstige waterstofvraag in Provincie NH [PJ]



Bronnen: Analyse studio Gear Up en RHDHV

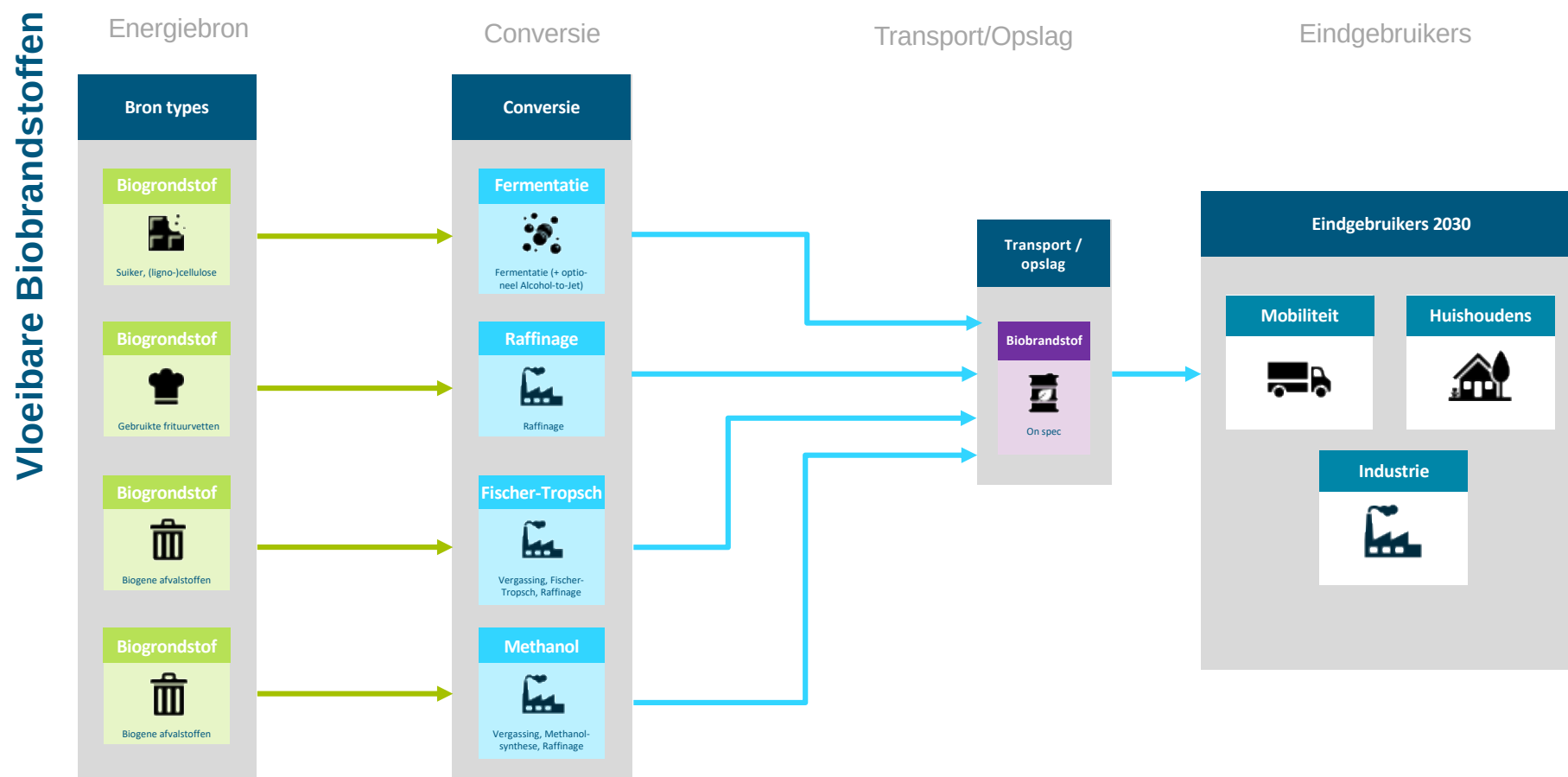
Feedstock voor andere energiedragers

Waterstof (H₂) kan als grondstof dienen voor meerdere energiedragers zoals synthetische brandstoffen, methanol of ammoniak. In een chemisch proces worden dan andere moleculen aan waterstof gebonden. Bijvoorbeeld $\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$.

Met andere woorden, uit de reactie tussen CO₂ en waterstof ontstaan methaan en water.

Vloeibare biobrandstoffen

Vloeibare biobrandstoffen is een verzamelnaam voor vloeibare brandstoffen van biogene oorsprong. Hieronder vallen onder andere biogene dieselvangers zoals fatty acid methyl ester (FAME), hydro treated vegetable oil (HVO) maar ook ethanol en bionafta. Er zijn verschillende productieroutes mogelijk voor biobrandstoffen. Ethanol kan geproduceerd worden door gisting en distillatie van grondstoffen die een voldoende hoeveelheid suiker bevatten (zoals rietsuiker en suikerbiet) of zetmeel (zoals maïs, graan of maniok). Biodiesel wordt geproduceerd door plantaardige olie of dierlijk vet chemisch te combineren met alcohol. De belangrijkste vloeibare biobrandstof routes zijn weergegeven in figuur 23.



Figuur 23: Energieketens van vloeibare biobrandstoffen. Het overgrote deel van de biobrandstoffen wordt toegepast in mobiliteit (luchtvaart, vervoer over de weg en water)

Energiebronnen en grondstoffen

Zoals in hoofdstuk 4 beschreven moeten grondstoffen voor biobrandstoffen aan strenge Europese eisen voldoen. Trends laten zien dat inzet van voedsel- en voedergewassen in biodiesel vrijwel verdwenen is, en dat dit veelal vervangen is en nog verder uitgebreid is met biobrandstoffen op basis van afval- en reststromen. De inzet van voedsel- en voedergewassen in benzine is nagenoeg gelijk gebleven, met een geringe toevoeging van de inzet van afval en residuen voor benzine.

Conversieproces, verschillende processen voor biodiesel en bio-ethanol

Biodiesel is te maken uit plantaardige oliën en dierlijke vetten, zoals oud frituurvet. De oliën en vetten – bij planten wordt de olie er eerst uitgeperst – worden onderworpen aan een reeks chemische reacties. Dat maakt ze minder stroperig waardoor ze dezelfde kwaliteit krijgen als gewone diesel. Bio-ethanol, een alcohol, ontstaat op een heel andere manier en wel door vergisting. Bij vergisting zetten micro-organismen plantensuikers om in alcohol en CO₂, dit met behulp van enzymen. Ethanol is het makkelijkst te verkrijgen uit glucose en zetmeel, waar planten als mais, suikerbiet en suikerriet grotendeels uit bestaan.

Een andere productiemethode is het Fisher-Tropsch proces, het is een vergassingstechniek. Door koolstofhoudende brandstof zuurstofarm te verbranden (partiële oxidatie) ontstaat er koolmonoxide. Als men tijdens dit proces stoom toevoegt en het gas langs een katalysator leidt en daarna het eindproduct zuivert, dan ontstaat er uit het gasmengsel van koolmonoxide en waterstof synthesesgas, ook wel syngas genoemd. Dit proces wordt steam reforming genoemd. Uit syngas kunnen synthetische koolwaterstoffen worden gemaakt die de basis vormen van diesel en andere producten. Onderzocht wordt, in hoeverre het mogelijk is om uit water (H₂O) en CO₂ met behulp van zonne-energie brandstof te maken met behulp van het Fischer-Tropsch proces.

Transport en opslag

Veel vloeibare biobrandstoffen kunnen in het transport en opslagsysteem van fossiele brandstoffen ingepast worden. Het gaat daarbij om transport per tankschip of tankwagen en opslag in tanks.

Noord-Hollands vooruitzicht vloeibare biobrandstof keten

De keten van vloeibare biobrandstoffen zal zich, daar waar het de productie, op- en overslag betreft vooral gaan concentreren in het Amsterdamse havengebied. Het betreft de uitbouw van de ontwikkeling die nu al gaande is gericht op de transformatie van een fossiele naar een duurzame brandstof bunkerhaven. De biobrandstof keten wordt daarbij een onderdeel van een biobased economy waarbij alleen laagwaardige grondstoffen worden gebruikt voor de productie van brandstoffen. Om de productie mogelijk te maken zal import van grondstoffen nodig zijn. Rechtstreekse import van biobrandstoffen zal ook plaatsvinden. De keten zal dan ook naar verwachting internationaal van aard zijn.

Eindgebruikers vloeibare biobrandstoffen

De grootste eindverbruikers van vloeibare biobrandstoffen zijn te vinden in het wegvervoer, luchtvaart en transport over water. Waarbij vervoer over de weg en per spoor elektriciteit een belangrijk aandeel zal hebben als energiedrager, is dit in de luchtvaart en transport over water niet het geval. De vloeibare biobrandstoffen worden voorlopig nog bijgemengd bij de fossiele variant. Dit heet 'drop-in' brandstoffen. Het grote voordeel van deze 'drop-in' brandstoffen is dat ze zonder (grote) aanpassingen gebruikt kunnen worden in de huidige motoren en infrastructuur.

Daarnaast zal de industrie een afnemer zijn. Het gaat dan om hoogwaardige toepassingen in hoge temperatuurprocessen zoals de productie van stoom. Ook lenen vloeibare biobrandstoffen zich voor back up, balanceer en piek toepassingen. De biobrandstof werk dan in aanvulling op duurzame bronnen zoals wind en zon. Biobrandstoffen laten zich goed toepassen in warmtekrachtkoppeling (WKK), de brandstof wordt dan benut voor de productie van elektriciteit en warmte. Het gaat daarbij vooral om WKK-toepassingen in de lichte industrie en de glastuinbouw.

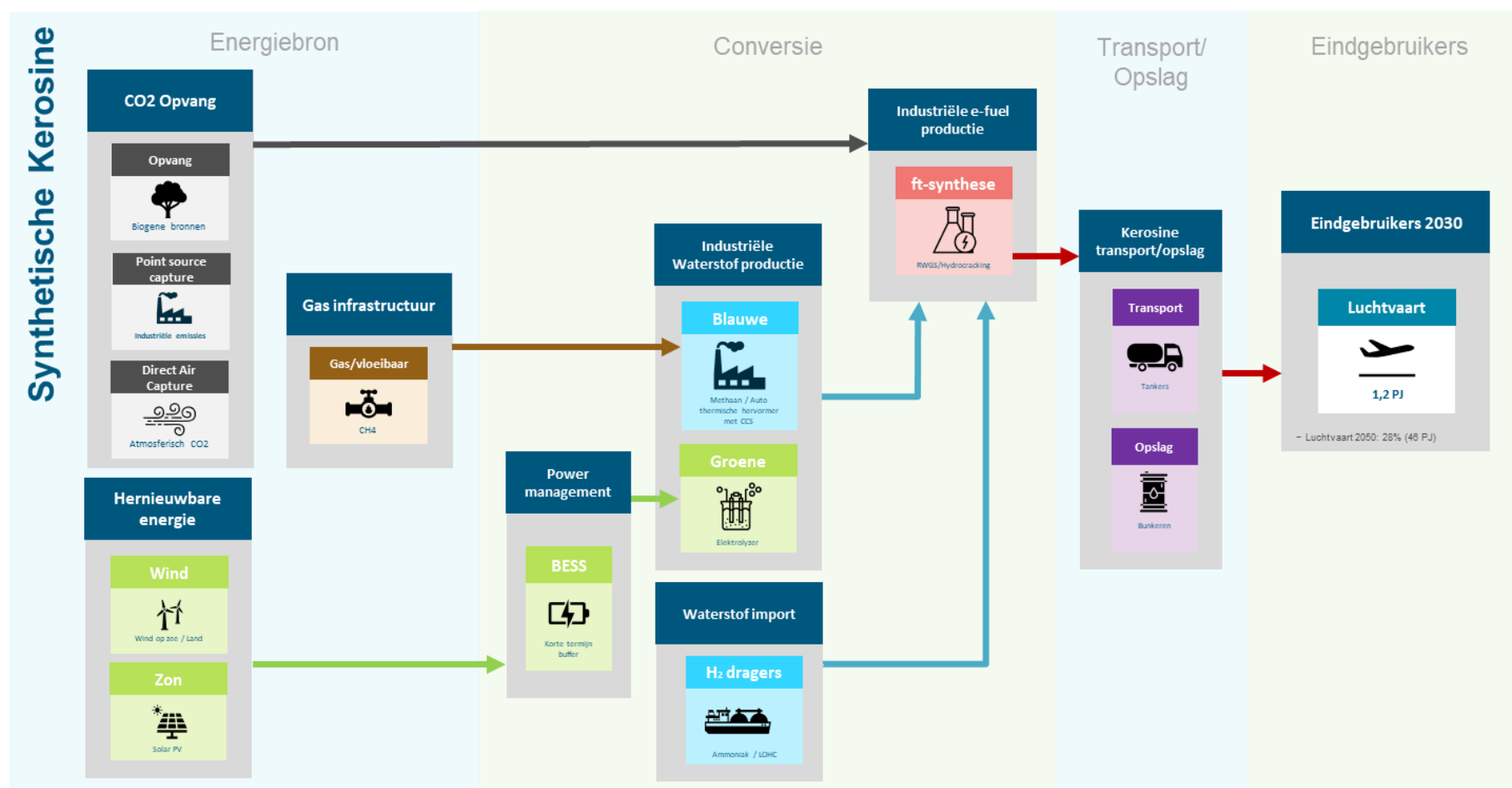
Tot slot wordt enige afzet verwacht in de gebouwde omgeving. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om de back-up en pieklastvoorziening in een warmtenet of om de energievoorziening in de utiliteit, denk daarbij bijvoorbeeld aan ziekenhuizen.

Vloeibare biobrandstoffen gelden voor eindgebruikers als een van de meest flexibele brandstoffen. De energiedichtheid is hoog, de opslag in tanks is relatief eenvoudig mogelijk en de technieken die de biobrandstof omzet in energie zijn relatief goedkoop en schaal-grootte flexibel.

Wel gaat de verbranding gepaard met NO_x emissie waardoor 'state of the art' technieken nodig zijn om deze emissie te minimaliseren op een niveau vergelijkbaar met de verbranding van aardgas.

Synthetische kerosine

Synthetische kerosine (synfuels of e-fuels) wordt gemaakt van (groene) waterstof en CO₂. Door beide stoffen te fermenteren wordt ethanol gevormd die vervolgens omgezet wordt in duurzame kerosine. Een andere mogelijkheid is om via een regulier kraakproces de waxachtige substantie, afkomstig uit groene waterstof en CO₂ om te zetten naar synfuels. De CO₂ die hiervoor nodig is kan worden opgevangen uit de lucht (direct air capture), verkregen worden uit biogene bronnen (biomassa) of bij een CO₂-emitter worden opgevangen (CCU). De mogelijke waterstofproductie routes staan in de paragraaf 'Waterstof'. In alle gevallen komt alleen de CO₂ vrij bij het verbranden van de geproduceerde synfuel. Zo is sprake van een CO₂ kringloop die klimaatneutraal is. In figuur 24 is de volledige keten van synthetische kerosine weergegeven.



Figuur 24 De keten van synthetische kerosine. Vanuit waterstof en kooldioxide (CO₂) wordt synthetische kerosine gemaakt. Als dit met behulp van elektrolyse gebeurt dan is de naam e-fuel

Energiebronnen en grondstoffen

De grondstoffen voor synthetische kerosine zijn CO₂ en waterstof. De benodigde CO₂ kan afkomstig zijn uit de lucht of worden afgevangen in fabrieken of energiecentrales waar CO₂ vrijkomt. Om te voorkomen dat er netto CO₂ in de atmosfeer vrijkomt, moet de bron ofwel direct uit de lucht zijn of kortcyclisch biogeen dat wil zeggen uit biomassa. Direct air capture (DAC) is in principe een onbeperkte bron voor CO₂. De DAC-technologie is nu nog kostbaar en verbruikt veel energie en ruimte. Er zijn kostendoorbraken nodig om het commercieel levensvatbaar te maken. Het Nederlandse Carbyon werkt aan zo'n doorbraak. Als de afvangst van CO₂ uit een fossiele bron komt, zal er netto, weliswaar verminderd, CO₂ uitgestoten worden. Wetten en regels rondom de toerekenbaarheid zullen bepalen wie verantwoordelijk is voor de CO₂-uitstoot. Op termijn is deze fossiele route niet houdbaar, immers het is niet klimaatneutraal.

Conversieproces, mix van elektrolyse en chemische conversie

In de synfuelketen zijn er twee hoofd productiepaden, namelijk de Fischer-Tropsch (FT) of het methanol (MeOH) pad. De energie-efficiëntie van het produceren van een eenheid vliegtuigbrandstof is voor beide paden ongeveer hetzelfde. Beide zijn zeer afhankelijk van de mate waarin afvalwarmte van de synthese gerecupereerd en gebruikt kan worden, bijvoorbeeld voor elektrolyse of CO₂-afvangst. Beide productiepaden zijn technologisch volwassen. Het integreren van het gehele keten is momenteel demonstratie fase in Duitsland. De kosten voor hernieuwbare elektriciteit zijn sterk gedaald, echter de kosten voor groene waterstof productie liggen nog vrij hoog waardoor synfuel nogal kostbaar is. Op dit moment werken een aantal ondernemingen aan de productie van synfuels waaronder SkyNRG, Synkero en Shell. Zij hebben het plan om tegen 2027 een synfuel-fabriek te openen in de haven van Amsterdam. Daarnaast voert Shell allerlei experimenteren uit rondom synfuels in haar onderzoekscentrum in Amsterdam. Voor synfuels is vaak waterstof nodig. De mogelijke waterstofproductie routes staan in de paragraaf 'Waterstof'.

Transport en opslag

Synfuel zal geschikt moeten zijn voor direct gebruik en moeten voldoen aan de specificaties en veiligheidseisen zoals die gelden voor bestaande fossiele brandstoffen. Dit betekent dat de transport- en opslaginfrastructuur voor synfuels dezelfde zullen zijn als die voor fossiele brandstoffen. In provincie Noord-Holland zullen synfuels voornamelijk worden opgeslagen in de havengebieden (Amsterdam en Den Helder). Daarom heeft de haven van Amsterdam de ambitie om tegen 2030, 12% van zijn opslagcapaciteit vrij te maken voor alternatieve brandstoffen.

Noord-Hollands vooruitzicht synthetische kerosine keten

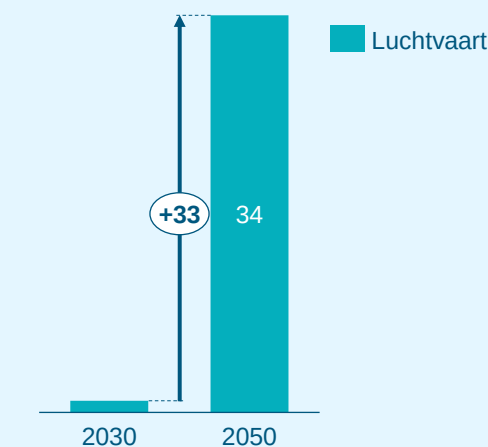
De keten zal zich ontwikkelen uit de huidige fossiele kerosine keten met Schiphol als belangrijkste drijvende kracht in de transformatie. Of de synthetische keten op eenzelfde schaalgrootte in Nederland mogelijk is daarbij de grote vraag, import zal de resterende vraag dekken.

Eindgebruikers synthetische kerosine

De eindgebruiker van deze keten zal alleen de luchtvaart zijn met Schiphol als grootste klant. Waarbij tot 2030 een kleine hoeveelheid zal worden gebruikt voor proef doeleinden en pas richting 2050 toepassing op grote schaal is voorzien.

De vraag naar synfuel zal richting 2050 sterk toenemen voor de luchtvaart.

Toekomstige synfuel vraag in Provincie NH [PJ]



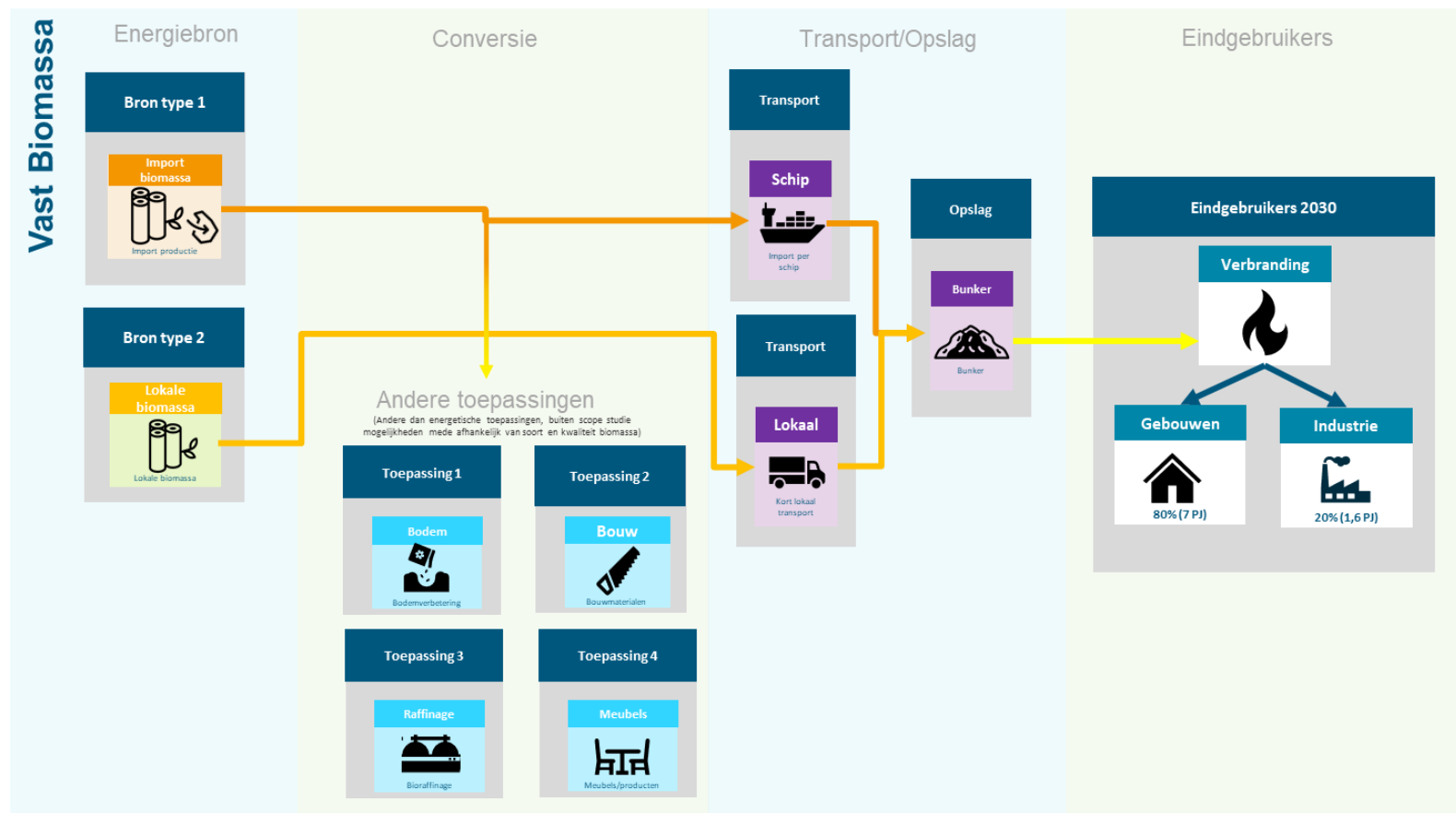
Bronnen: Analyse studio Gear Up en RHDHV

Gebruiksnormen in de luchtvaartsector

In de luchtvaartsector staat veiligheid op de eerste plaats en daarom gelden er strikte normen voor de brandstoffen die worden gebruikt in vliegtuigen. De compatibiliteit met deze normen is belangrijk voor synfuels als ze op de markt willen komen. De meest belangrijke normen zijn opgesomd in ASTM D16553 en DEF STAN 91-914. In reactie op de interesse in synfuels is er een nieuwe specificatie ASTM D75665 ontwikkeld die de vereisten voor synthetische brandstof bevattende vliegtuigbrandstoffen definieert. Verschillende types synfuels zijn al goedgekeurd volgens deze specificatie, waaronder Fischer-Tropsch Hydroprocessed Synthesized Paraffinic Kerosene (FT-SPK), die in verhoudingen tot 50% met conventionele vliegtuigbrandstof kan worden gebruikt.

Vaste biomassa

Biomassa is de biogene fractie van producten, afvalstoffen en residuen met de oorsprong in de landbouw (met inbegrip van plantaardige en dierlijke stoffen), de bosbouw en aanverwante bedrijfstakken, met inbegrip van de visserij en de aquacultuur, en ook de biologisch afbreekbare fractie van industrieel- en huishoudelijk afval. Bij vaste biomassa gaat het hierbij vaak om houtachtige materialen. Deze biomassa soort heeft een lokale oorsprong of wordt geïmporteerd. De biomassa wordt verbrand om warmte te produceren voor industriële processen of warmtenetten. De SER kiest in haar advies 'Biomassa in balans' voor de term 'biograndstoffen'. Dit doet de SER omdat biomassa naast energetische toepassingen ook als grondstof voor verschillende toepassingen dient. De inzet van biograndstoffen voor Noord-Holland is onderzocht in het rapport 'Duurzame inzet biograndstoffen Noord-Holland'.



Figuur 25 De energieketen waarbij vaste biomassa wordt omgezet in warmte en/of stoom voor toepassing in stadsverwarming respectievelijk industrie

Energiebronnen en grondstoffen

Als grondstof voor energietoepassingen wordt laagwaardige biomassa gebruikt, dat is veelal houtachtige biomassa die niet (meer) bruikbaar is als grondstof voor producten. Zo wordt de biogene fractie uit huishoudelijk afval en afvalhout gebruikt voor de productie van elektriciteit en warmte. De biomassa brandstof komt voor het overgrote deel uit de regio, immers de energiedichtheid van deze brandstof is laag waardoor de kosten van vervoer relatief hoog zijn.

Conversieproces, verbranding meest gangbaar, maar ook vergassen en pyrolyse mogelijk

De meest gangbare techniek voor het inzetten van vaste biomassa als brandstof is verbranding. Voorwaarde is dat de biomassa voldoende droog is en houtachtig van aard. Afhankelijk van de schaalgrootte en de aard van de vaste biomassa vindt verbranding plaats in roosterovens (huishoudelijk afval) of wervelbedovens (afvalhout). De conversie van vervuilde vaste biomassa stromen is grootschalig, zo wordt het mogelijk om vergaande rookgasreiniging toe te passen. Ook kleinschalige toepassingen komen voor, in dat geval bestaat de brandstof uit schone biomassa zoals houtsnippers of houtpellets. Tegenwoordig is het ook op kleine schaal, denk daarbij aan wijkverwarming, mogelijk om de rookgassen vergaand te reinigen zodat de emissies van NOx en fijn stof significant lager kunnen zijn als de wettelijke vereisten. Alternatieven voor verbranding zijn vergassing en pyrolyse. Ook bij deze technieken wordt de biomassa thermisch ontleed. Bij vergassen ontstaat zo een brandbaar gas (synthesegas) en bij pyrolyse een brandbare vloeistof (pyrolyse-olie). Deze tussenproducten kunnen vervolgens als brandstof maar ook als grondstof worden ingezet.

Transport en opslag

Van alle energiedragers heeft vaste biomassa relatief de laagste energiedichtheid. Dit maakt transport volumineus en kostbaar. De meest gangbare vorm waarin vaste biomassa wordt getransporteerd is, naast de biomassa uit ons huishoudelijk afval, de houtsnipper. Transport vindt per vrachtwagen en schip plaats. Per schip is ook intercontinentale import mogelijk, op eenzelfde wijze als dit voor de papierindustrie gebeurt. Om transport over grote afstand efficiënter te doen verlopen en de conversie eenvoudiger te maken wordt houtsnippers omgezet in houtpellets. De energiedichtheid van een houtpellet is ongeveer een factor twee hoger. Waar houtsnippers in de open lucht kunnen worden opgeslagen, worden houtpellets in gesloten silo's opgeslagen.

Noord-Hollands vooruitzicht vaste biomassa keten

Zolang er biomassa fracties zijn die vrijkomen bij de verwerking van afval en die niet toepasbaar zijn als grondstof, is de inzet als brandstof waardevol. Denk hierbij aan de verbranding van ons huishoudelijk afval en afvalhout. Daarnaast zal vaste biomassa mogelijk worden ingezet in die toepassingen waar geen alternatief voorhanden is. Wanneer deze markt omvangrijk wordt dan is import van vaste biomassa onvermijdelijk, het Noord-Hollands aanbod van biomassa voor energietoepassingen is beperkt in omvang.

Eindgebruikers vaste biomassa

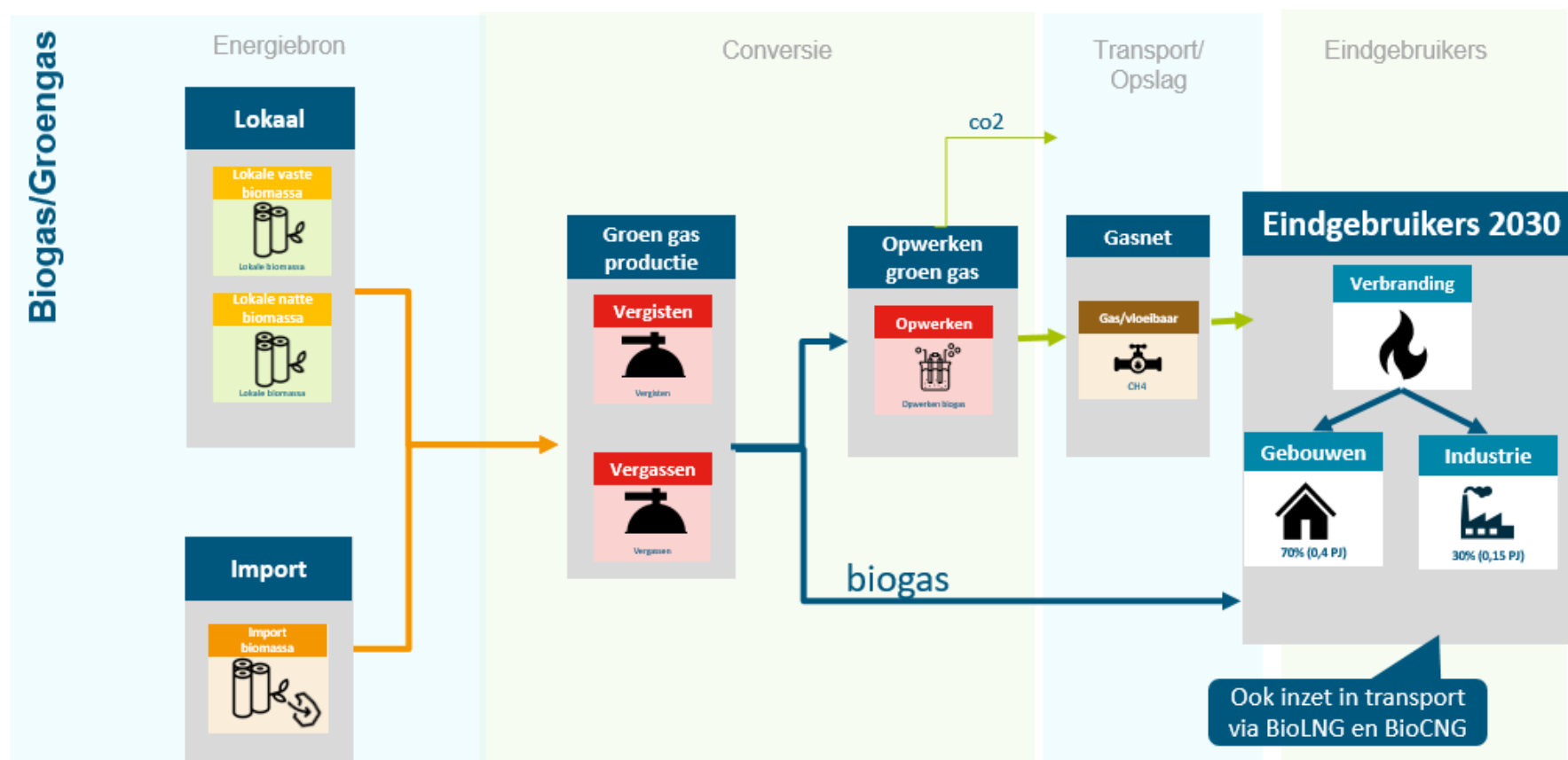
De eindgebruikers van vaste biomassa zijn te vinden in de industrie en de gebouwde omgeving. Bij de industrie gaat het vaak om stoom of andere vormen van hoge temperatuur warmte. Vaste biomassa is in deze toepassing een flexibel in te zetten brandstof. Inzet wordt vooral overwogen wanneer er geen andere duurzame alternatieven voorhanden zijn. In de gebouwde omgeving gaat het om stadsverwarming. Vaste biomassa wordt steeds minder ingezet voor de productie van elektriciteit omdat het rendement van deze omzetting relatief laag is. In warmtetoepassingen leidt de inzet van biomassa tot een hogere mate van verdringing van de inzet fossiele brandstoffen.

CO₂-emissie en biobased brandstoffen

Bij de verbranding van biomassa (vast, gas of vloeibaar) komt CO₂ vrij. Het is CO₂ uit de koolstof die de plant of boom in de jaren van groei heeft opgeslagen. Wanneer de biogene CO₂-cyclus op verantwoorde wijze is ingericht, dat is voldoen aan EU-regelgeving, dan is geen sprake van een toename van het broeikasgaseffect. Deze vorm van CO₂-emissie wordt kort cyclisch genoemd, dit in tegenstelling tot de CO₂-emissie van fossiele oorsprong die lang cyclisch is en daardoor wel bijdraagt aan klimaatverandering. De trend is om bij grootschalige bio-energie projecten de CO₂ af te vangen en nuttig toe te passen (HVC Alkmaar). In dat geval is sprake van negatieve CO₂-emissie leidend tot een afname van de CO₂-concentratie in onze atmosfeer.

Groengas en biogas

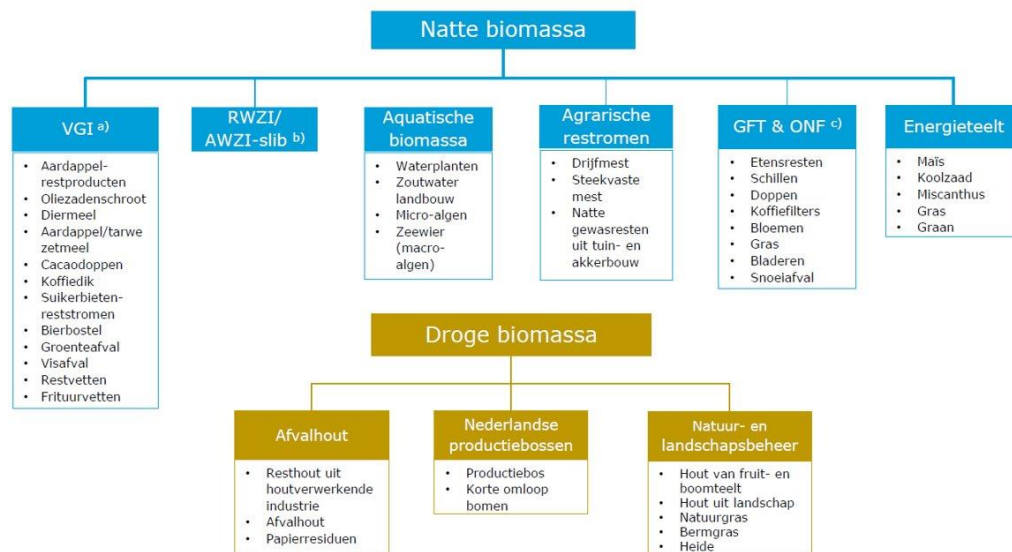
Om groengas, dat is hernieuwbaar gas van aardgaskwaliteit, te maken is biogas nodig. Biogas wordt gemaakt door biomassa, materiaal van dierlijke of plantaardige herkomst, te vergisten. Het gaat dan om natte biomassastromen die zich niet lenen voor verbranden. Het ontstane biogas wordt daarna gezuiverd, met als eindproduct groengas. Groengas heeft dezelfde eigenschappen als aardgas. Daarom kan groengas worden ingezet in het normale gasnet, iets wat niet met biogas kan. In Nederland werd in 2020 bijna 150 miljoen m³ groengas geproduceerd. In het Klimaatakkoord staat de ambitie om in 2030 in Nederland twee miljard m³ biogas te produceren. Is sprake van droge biomassa dan wordt deze vergast waarna directe toepassing van het geproduceerde syngas mogelijk wordt. De verwachting is dat tot 2030 vergassen nog niet op grote schaal gaat plaatsvinden. Bij vergisten zal in 2030 ongeveer 70% van het biogas afkomstig zijn van mest en 30% van overige natte biomassastromen ('Routekaart Nationale Biograndstoffen', stuurgroep Biograndstoffen, juni 2020)



Figuur 26 De energieketen van biogas en groengas. Het gas is een veelzijdige energiedrager dat, net als aardgas, in alle sectoren kan worden toegepast

Energiebronnen en grondstoffen

Er zijn heel veel verschillende soorten biomassa-bronnen die zich lenen voor vergisten (natte biomassa) en vergassen of verbranden (droge biomassa). Het schema hieronder geeft een overzicht.



Figuur 27 Overzicht van biomassastromen, onderverdeelt naar nat voor vergisten en droog voor verbranden of vergassen

Conversieproces, vergisten nu en op termijn mogelijk ook vergassen

Bij vergisting zetten bacteriën de biomassa om in gas. Het is een anaeroob proces zonder toevoeging van lucht. Er zijn verschillende processen ontwikkeld voor de vergisting van diverse soorten biomassa. Ieder proces is erop gericht dat de bacteriën die voor vergisting zorgen, zo optimaal mogelijk functioneren. De gasopbrengst is dan namelijk zo hoog mogelijk.

Vergassing is een thermochemisch proces waarbij biomassa bij hoge temperatuur wordt verwerkt. Dit proces wordt steeds verbeterd. Er worden nu twee vernieuwende vergassingsprocessen getest: thermische vergassing en superkritische vergassing. Thermische vergassing: hierbij wordt droge biomassa onder hoge temperatuur chemisch omgezet in syngas. Dit gas kan net als biogas geschikt gemaakt worden voor gebruik op het gasnet. Syngas is ook direct te gebruiken als grondstof voor de industrie. Superkritische vergassing; hierbij wordt voornamelijk natte biomassa onder hoge druk omgezet in een mengsel van methaan, waterstof en koolstofdioxide. Daaruit kan groen gas gemaakt worden. Superkritische vergassing kent veel hogere rendementen dan de bestaande vergistingsmethode. Daarom is er minder biomassa nodig. En er kan gebruik gemaakt worden van biomassa met een lagere energie-inhoud, zoals grassen.

Transport en opslag

Biogas kan in cilinders, tanks of via pijpen worden getransporteerd. Eenmaal opgewerkt tot groengas kwaliteit kan het gas in het aardgasnetwerk worden ingevoerd en via dezelfde systemen als aardgas worden vervoerd en opgeslagen.

Eindgebruikers groengas en biogas

Biogas en groengas laten zich in alle sectoren toepassen. In de vorm van groengas is het een 'drop in' fuel voor ons huidige aardgasnet. Groengas wordt gezien als een brandstof voor het verwarmen van de gebouwde omgeving daar waar geen alternatieven voorhanden zijn. Ook is biogas in de vorm van BioLNG en BioCNG toepasbaar in het vrachtvervoer over de weg. In de industrie is het een aardgasvervanger, zo ook in de glastuinbouw. Het biogas kan hier worden gebruikt voor de productie van warmte en elektriciteit, zowel de inzet van de gasketel al een gasmotor is hierbij gangbaar.

Biogas beschikbaarheid op termijn

Biogas uit natte biomassa vindt vooral zijn oorsprong in de agrarische sector. De ontwikkeling van deze sector zal in grote mate het biogaspotentieel op termijn bepalen, denk daarbij aan de beschikbaarheid van mest. Biogas via vergassing zal bij grootschalige toepassing juist via de import van droge biomassa tot stand komen.

5.2 Aandachtspunten per energiedrager

Het toepassen van een energiedrager heeft zowel positieve als negatieve gevolgen. Streven is om de positieve gevolgen te maximaliseren en de negatieve effecten zo klein mogelijk te doen zijn. De effecten treden niet alleen op bij het finale gebruik van een energiedrager in zijn energietoepassing maar ook in de keten die hieraan voorafgaat. Veel van deze effecten zijn onderkent door de EU en onze Nederlandse overheid. Door wet- en regelgeving, de naleving en de handhaving hierop worden de negatieve effecten beheerst en wordt zo een verantwoorde toepassing van de energiedrager mogelijk, inclusief de bijbehorende keten.

Zeven Noord-Hollandse thema's die de wenselijkheid van energiedragers bepalen

De provincie Noord-Holland heeft zeven thema's onderkend waarop de negatieve effecten zo minimaal mogelijk moeten zijn. Wanneer een energiedrager en zijn keten niet aan de standaard kan voldoen die Noord-Holland voor ogen heeft dan wordt de inzet van de energiedrager en de met deze energiedrager samenhangende activiteiten in Noord-Holland ontmoedigd. Wanneer de energiedrager en zijn keten juist beter presteren als de standaard dan is stimulering van de ontwikkeling het devies. Inzicht op de zeven thema's helpt de provincie bij de beleidsontwikkeling rondom duurzame energiedragers en de daarmee samenhangende ketens. Het inzicht wordt geboden door de aandachtspunten te benoemen die het verschil kunnen maken tussen ontmoedigen en stimuleren. Per energiedrager zijn de aandachtspunten verkend.

Voor de energiedrager-ketens is gekeken naar de impact op Noord-Holland aan de hand van de volgende zeven thema's:

1 Gezondheid: Emissie van fijnstof en geluid. Heeft ook link met verzurende emissies bij thema milieu. Gaat om fijnstof PM10 en PM5 en geluid in dBA.

2 Ruimte: Directe vraag naar ruimte in Noord-Holland. Ook aandacht voor indirecte vraag als gevolg van veiligheid en geluidscontour. Ruimte bovengronds en ondergronds (leidingen). Effect op energie infrastructuur, indirecte ruimte, onder andere vermindering netcongestie. Kwantificering in termen van ruimtebeslag in m².

3 Natuur: Landgebruik, impact op biodiversiteit, omvang grondstoffengebruik, beschrijvend.

4 Milieu: Emissies verzurende stoffen (NO_x, NH₃ en SO₂), emissies naar water en bodem, thermische emissie (koelwater e.d.). Belangrijke parameter NO_x emissie.

5 Klimaat: Broeikasgassen, in het bijzonder netto CO₂ effect emissiereductie in ton.

6 Veiligheid: Betreft veiligheid in het gebruik en veiligheid rondom installatie productie energiedragers, beschrijvend.

7 Economie: Met nadruk op levelized cost of energy, dat is de kostprijs van de energiedrager, dit in vergelijking tot zijn alternatieven.

Het achterhalen van kwantitatieve parameters binnen de thema's is niet altijd mogelijk gebleken en de waarden zijn in hoge mate afhankelijk van de inrichting van de keten. Per energiedrager is daarom een kwalitatieve analyse gemaakt van de impact op Noord-Holland gericht op het achterhalen van de belangrijkste aandachtspunten om de impact zo minimaal mogelijk te laten zijn.

Aandachtspunten waterstof

Veiligheid en risicoruimtes

Waterstof, maar ook het hiermee te maken ammoniak, kan lekken tijdens de productie, transport of opslag wat kan leiden tot veiligheidsproblemen voor mens en milieu vanwege de brandbaarheid van deze stoffen. Bovendien is ammoniak giftig. Er is een risico op vonken en explosies, wat kan resulteren in verlies van mensenlevens en schade aan apparatuur. Om deze risico's te beheersen is er risico- en milieuruimte nodig voor productie en opslag. Afhankelijk van de waterstofvorm kunnen risicocontouren oplopen van enkele honderden meters tot 1 à 2 km. Bovendien kunnen deze risico's en onzekerheden de perceptie van burgers die in de buurt van deze installaties wonen negatief beïnvloeden, denk hierbij aan woningbouw initiatieven dicht bij het havengebied zoals Haven-Stad in Amsterdam.

Milieu en ruimte tijdens productie, transport en opslag

Het belangrijkste onderscheidende aspect voor alle impactfactoren voor waterstof is de productiemethode. Grijs waterstof, gemaakt met grijze stroom, kent de nodige onwenselijke uitstoot. Deze optie wordt door staand beleid in de toekomst al uitgesloten, groene waterstof moet de opvolger zijn met blauwe waterstof in de overgangsfase. Bij blauwe waterstof wordt de CO₂ afgevangen en zo mogelijk nuttig toegepast (CCU) of ondergronds opgeslagen (CCS). Hiervoor is in toenemende mate aardgas nodig uit het buitenland met alle impact van dien. Groene waterstof wordt lokaal geproduceerd en/of geïmporteerd. De geïmporteerde waterstof heeft meer CO₂ uitstoot (wegens transport emissies) en een lager rendement (wegens omzetting naar H₂ dragers). Bij lokaal geproduceerde groene waterstof zullen de wind- en zonne-energieparken en de elektrolyzers veel ruimte vragen. Voor de bouw van een fabriek op gigawattschaal is afhankelijk

van de gekozen elektrolyser technologie een oppervlakte van 8 tot 17 hectare nodig. Daarnaast vraagt een elektrolyser fabriek veel capaciteit van het elektriciteitsnet. Door waterstof te importeren kan dit worden vermeden.

Waterstof is zelf een indirect broeikasgas doordat het de afbraak van broeikasgassen zoals methaan vertraagt. Voorkomen van waterstof emissie is daarom het devies, maar emissie zal in enige mate onvermijdelijk zijn als waterstof op grote schaal wordt toegepast.

Het is op dit moment niet goed mogelijk om onderscheid te maken tussen verschillende productielocaties voor groene waterstof buiten Nederland op basis van milieu impact en/of kosten. Los van de productielocatie zijn er verschillende transportmethoden mogelijk. Voor import van waterstof over grote afstand zijn schepen het meest voor de hand liggend. Voor kortere afstanden en bij grote volumes zijn pijpleidingen een alternatief.

Voor transport naar het achterland zijn bij grote volumes pijpleidingen (ondergronds) de meest voor de hand liggende keus of vanwege de omvang zelfs de enige realistische mogelijkheid. In de tijd totdat er voldoende pijpleidingcapaciteit gerealiseerd is zijn andere transportmodaliteiten mogelijk zoals per as, binnenvaartschip of trein. Een vergelijking tussen deze modaliteiten in een studie van RHDHV liet zien dat het aantal wegen en scheepvaart bewegingen snel zo groot wordt dat dit niet meer binnen de basis infrastructuur past. Treintransport heeft daarnaast het voordeel dat dit in Europa al grotendeels elektrisch, bij voorkeur met groene stroom, mogelijk is.

Natuur en geluid

Voor waterstof fabrieken gelegen nabij Natura 2000 gebieden moet er rekening gehouden met de stikstof depositie gedurende bouw. Daarnaast kunnen de terreinverlichting en geluid van compressoren in zo'n fabriek ook impact hebben op de biodiversiteit in een Natura 2000 gebied. Met maatregelen kan deze impact worden beperkt.

Waterschaarste

Water is een van de twee belangrijke grondstoffen voor de productie van groene waterstof. De watervraag van een elektrolyser van 1,8 GW komt overeen met het waterverbruik van meer dan 70.000 mensen¹¹. De impact is afhankelijk van de lokale beschikbaarheid van zoet water, de grootte van de elektrolyser en geografisch locatie. Bij grootschalige fabrieken kan dit aanzienlijk zijn aangezien de beschikbaarheid van zoet water

schaars is in veel gebieden in de wereld¹². Ontzilting van zeewater is een alternatief, maar dit heeft vervolgens ook andere milieueffecten, zoals de impact op zeeleven wegens de afvoer van het resterende zout water concentraat, de benodigde infrastructuur en de toename van het energieverbruik.

Gebruik van edelmetalen

De beschikbaarheid van de kritische materialen voor elektrolyzers kan een knelpunt worden. Bij het overwegen van grootschalige elektrolyse kan dit een milieuprobleem vormen, aangezien de beschikbaarheid van edelmetalen schaarser wordt en de winning een grote impact op het milieu kan hebben. Het aanbod van sommige materialen, zoals iridium, moet drastisch worden vergroot om aan de vraag te voldoen. Er zijn verschillende afvalstromen waarmee rekening moet worden gehouden, zoals de membranen, elektroden en alkalische oplossing. Voor opschaling is het gebruik van edelmetalen voor de elektroden die in de PEM-technologie worden gebruikt een aandachtspunt.

Mogelijke sociale weerstand bij de waterstofketen

Europa streeft ernaar om een groot deel van haar waterstofbehoefte te importeren uit overzeese gebieden, zoals Afrika, waar er een grotere mogelijkheid is om hernieuwbare energie op te wekken. Het is belangrijk om te beseffen dat de oorsprong van geïmporteerde waterstof ook een bron van maatschappelijke weerstand kan zijn. Dit geldt in het bijzonder voor landen in ontwikkeling waar de bevolking benadeeld kan worden door de productie van waterstof voor export. Denk daarbij onder andere aan waterschaarste, materiaal schaarste, instabiele regimes en arbeidsomstandigheden. Het is daarom cruciaal dat bij het opstellen van een waterstof importplan, initiatiefnemers en beleidsmakers nadenken over de gevolgen die hun acties zullen hebben op de samenleving, het milieu en de menselijke welvaart in de exportlanden.

Daarnaast is het mogelijk dat er in de toekomst langdurige opslag in het noorden van Nederland plaatsvindt, met name in Groningen. Echter, het opschalen van de waterstof-economie mag niet ten koste gaan van de veiligheid in gebieden waar zoutcavernes worden geplaatst. Het potentieel voor de aanleg van zoutcavernes is het grootst in noorden van Nederland, maar dit gebied wordt ook gekenmerkt door veel weerstand (denk aan de Groningse aardbevingsdossier). Daarom moet er zorgvuldig gekeken worden naar de gevolgen van het plaatsen van cavernes voordat ze grootschalig worden

¹¹ Op basis van de productie van een voorbeeldproject met gemiddeld watergebruik van ongeveer 142 liter per dag per persoon.

¹² Zoet water maakt iets minder dan 1% uit van het water op aarde. Het beste is om extra druk op de watervoorraden te voorkomen zodat drinkwater en water voor gebruik in de landbouw niet in het gedrang komt.

ingezet. Er moet ook gezocht worden naar alternatieven, zoals opslag in gasvelden, offshore opslag of opslag in het buitenland.

Aandachtspunten biomassa (vast en biogas)

Een reflectie op de effecten van bio-energie, dus exclusief andere toepassingen zoals materialen en grondstoffen, wordt gegeven. Omdat verbranding naar omvang het grootst is én over deze installaties maatschappelijk de meeste discussie bestaat, ligt de nadruk op verbranding voor productie van warmte en/of elektriciteit. Daarna wordt kort ingegaan op vergisting.

Herkomst

De discussie rondom biomassa-stromen gaat vaak over de herkomst van de biomassa. De duurzaamheidseisen voor de inzet van biomassa zijn opgenomen in Europese richtlijnen. Deze blijken in de praktijk ook goed te werken. Wel is monitoring door onafhankelijke instanties en handhaving door de overheid waar nodig daarbij van belang.

Toepassing

Energetische toepassingen, dat is biomassa als energiedrager, scoren laag op toepassingsladder van biomassa. Het heeft daarom de voorkeur alleen restproducten zonder andere toepassingsmogelijkheden te gebruiken als brandstof. Aangeraden wordt om hoogwaardige toepassingen te stimuleren, dit in lijn met het SER 'Biomassa in balans' rapport. De biomassa die dan nog resteert mag worden ingezet als brandstof. In een biobased economy zal altijd in enige mate sprake zijn van cascadering zodat een zeker deel van de biomassa ook op termijn en structureel in aanmerking komt voor brandstof-toepassingen. De inzet voor laagwaardige toepassingen moet daarbij worden ontmoedigd, zeker als dit ten koste gaat van meer hoogwaardige toepassingen, zie figuur 28.

Beleidsinzet per toepassingsgebied (voortbouwend op het afwegingskader)



1 Mogelijke overbruggingstoepassing indien: flexibel vermogen, warmte via bestaande warmtenetten en pieklast.

2 Ombouw naar biogrondstoffen, gevolgd door ombouw naar hernieuwbare alternatieven.

Figuur 28: Beleidsinzet biomassa uit 'Biomassa in balans' (SER, 2020). Hoogwaardige toepassingen krijgen voorrang boven laagwaardige toepassingen

Verbranding

Nader wordt ingegaan op de initiatieven die de afgelopen jaren maatschappelijk sterk ter discussie stond: verbranding van houtige en andere vaste biomassa in zogenaamde Bio-Energie Centrales of BEC's. Andere vormen van verbranding van biomassa, zoals verbranding in een open haard of houtkachel, en de daarbij optredende emissies zijn gebruikt als vergelijkingsbasis.

Een indicatie van de emissies naar lucht bij verbranding in een moderne bio-energie-centrales is gegeven in tabel 4. Ter vergelijking zijn emissiegrenswaarden uit wettelijke kaders, emissies van aardgasgestookte ketels en een indicatie van emissies van houtkachels en open haarden gegeven. Na de tabel beschrijven we wat we eruit leren.

Tabel 4: Praktijkwaarden en wettelijk emissiegrenswaarden per eenheid brandstof (g/GJ) en per eenheid rookgas (mg/Nm³) voor de hout- en gasgestookte ketels in de gebouwde omgeving en de industrie

	Bioenergie-centrale (BEC)	Aardgasgestookte warmte-eenheden		Wetgevend kader			Open haarden en houtkachels
		HR107 CV-ketel	Moderne stoomketel	Recent afgegeven vergunningen voor installaties groter 50 MW	Activiteiten-besluit: biomassacentrale groter 50 MW	Activiteiten-besluit: biomassacentrale 5 tot 50 MW	
NO _x	< 1 – 28 g/GJ (3 - 80 mg/Nm ³)	9 – 12 g/GJ (30 – 40 mg/Nm ³)	11 – 16 g/GJ (34 – 48 mg/Nm ³)	(80 – 100 mg/Nm ³)	(100 mg/Nm ³)	145 mg/Nm ³	120 g/GJ
NH ₃	< 0,02 – 0,7 g/GJ (0,07 – 2 mg/Nm ³)	Nihil	Nihil	4 mg/Nm ³	5 mg/Nm ³	5 mg/Nm ³	10 g/GJ
PM10	0,2 – 1,0 g/GJ (0,5 – 3 mg/Nm ³)	Nihil	Nihil	4,5 – 5 mg/Nm ³	5 mg/Nm ³	5 mg/Nm ³	95 g/GJ
SO ₂	0,7 – 3,5 g/GJ (2 - 10 mg/Nm ³)	Nihil	Nihil	30 – 50 mg/Nm ³	60 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³	13 g/GJ

Toelichting bij tabel 4:

- De overeenkomstige restconcentraties in de rookgassen zijn tussen haken gegeven
- Voor houtige biomassa in mg/Nm³ bij 6 vol% O₂ (droog rookgas), voor aardgas in mg/Nm³ bij 3 vol% O₂ (droog rookgas)
- Emissies biomassa gestookte ketels: o.a. emissie-eisen Amersfoort, Zaanstad, metingen Eindhoven Meerhoven en Andijk, praktijkwaarden Peka Kroef en BioWarmte-Centrale de Purmer.

Emissies van PM10 (fijn stof), NH₃ en SO₂ zijn goed te minimaliseren en zullen (of kunnen) ook bij oudere installaties binnen de van toepassing zijnde emissienormen liggen of worden gebracht. Mits een goed gedimensioneerde doekenfilter wordt toegepast en deze op de juiste manier bedreven wordt, zijn emissies van ultra fijnstof (PM5 en PM2,5) goed te bestrijden.

Emissie van NO_x is moeilijker te minimaliseren en kan bij kleinere en al langer bestaande installaties (tot 50 MW) hoger zijn dan de bovenwaarde van het aangehouden bereik van restconcentraties, dat is tot 80% à 90% van de emissiegrenswaarde. Door toepassing van een dubbele DeNO_x in combinatie met rookgascondensatie kan de NO_x emissie dalen tot onder het niveau van aardgasgestookte ketels.

Emissies van bio-energie centrales blijven over het algemeen ruim binnen de wettelijke normen, aangezien overschrijding door bijvoorbeeld fluctuaties in brandstofsamenstelling wettelijk met een aan een maximum gebonden frequentie mag optreden. Wanneer overschrijdingen te vaak optreden dan kan door het bevoegd gezag een boete worden opgelegd of uiteindelijk sluiting volgen als adequate maatregelen niet worden doorgevoerd.

Ter vergelijking: open haarden en houtkachels zijn verantwoordelijk voor ongeveer 25% van de (ultra) fijn stof emissies in Nederland.

Vergisting

Geuroverlast en transportbewegingen zijn bij het vergisten van biogrondstoffen tot biogas de belangrijkste lokale hindereffecten waar maatschappelijke discussie over is. Strikt genomen kan geuroverlast nauwelijks optreden omdat de vergister een gesloten systeem is. Wanneer het vergistingsproces niet goed onder controle is dan is de kans op geuroverlast het grootst. Naast deze hindereffecten is er sprake van milieueffecten. In 2013 heeft onderzoeksbureau CE Delft deze in kaart gebracht. De relevante thema's zijn:

- Verzuuring (zwaveldioxiden, SO₂) en vermesting (fosfaten, PO₄)
- Beschikbaarheid nutriënten
- Zomersmog en toxiciteit
- Landgebruik.

Uit het CE Delft onderzoek blijkt dat deze milieueffecten sterk variëren tussen verschillende vormen van vergisting. Over het algemeen scoort de vergisting van varkens-

drijfmest goed. Ketens met substraten die ook als diervoeder gebruikt kunnen worden scoren slechter.

Tot slot is het belangrijk te beseffen dat bij de verbranding van biogas in gasmotoren (elektriciteit en warmte) sprake is van NO_x-uitstoot. De maatregelen die bij vergisting worden getroffen om deze emissie te reduceren zijn vaak beperkt. Met de laatste stand der techniek is vaak meer mogelijk.

Aandachtspunten vloeibare biobrandstoffen en synthetische kerosine

De vloeibare biobrandstoffen en synthetische kerosine zullen voor het overgrote deel binnen hetzelfde industriële complex worden geproduceerd dat zich nu bezighoudt met de productie van vloeibare brandstoffen gemaakt uit aardolie en aardgas. In deze gebieden voltrekt zich met de tijd een verandering van een fossiel based naar een biobased industrie. De productie van synthetische kerosine gaat deel uitmaken van de biobased en de waterstof industrie. Omdat wij te maken hebben met 'drop in' brandstoffen zal de impact in gebruik niet significant verschillen van de fossiel based brandstoffen. Het grote verschil in impact zit in de hernieuwbaarheid, het op termijn volledig klimaatneutraal kunnen zijn van de nieuwe brandstoffen en in de wijze van productie van de grondstoffen waarmee de duurzame vloeibare brandstoffen worden gemaakt.

Geluid synthetische kerosine

Aangezien de meeste productielocaties zich in industriële gebieden zullen bevinden, zullen de grootste hindernissen voor het publiek ontstaan door de leidingen en compressoren nodig voor het transport van CO₂. Tijdens de gebruiksfase zal het transport van CO₂ door de leidingen niet leiden tot geluidsoverlast. Echter, bij de compressoren kan enige geluidshinder verwacht worden, daarom is het verstandig om deze verder weg van bewoonde gebieden te plaatsen. In de geluidscontouren moet hiermee rekening worden gehouden.

Ruimte en energiegebruik

Het landgebruik bij synfuels zit voornamelijk in de wijze waarop de koolstof (C, direct en via CO₂) wordt verkregen en de energiebronnen. Een belangrijk voordeel van directe CO₂-afvang is de locatie-flexibiliteit. Het vereist geen landbouwgrond, waardoor de impact op voedselproductie of andere vormen van grondgebruik beperkt blijft. Het benodigde grondoppervlak hangt af van het DAC-systeem en de energiebron die het aandrijft. De hernieuwbare energiebronnen voor de productie van de benodigde elektriciteit doen het grootste beroep op het ruimtegebruik. Daarnaast zullen ze ook veel capaciteit eisen van het elektriciteitsnet.



De meeste leidingen voor CO₂-transport komen ondergronds te liggen en daarom zijn er als gevolg van het aanleggen van de leidingen geen landschappelijke veranderingen. Het compressorstations zijn wel nieuw zichtbare elementen in het landschap.

Milieu en klimaat impact sterk afhankelijk van de CO₂-bron

Het verbranden van synthetische brandstoffen zal, afhankelijk van de CO₂-bron, geen verandering in de CO₂-uitstoot opleveren of juist 100% klimaatneutraal zijn. CO₂ uit biogene of directe luchtafvang kan in combinatie met hernieuwbare energie netto klimaatneutraal zijn. CO₂ afkomstig uit fossiele bronnen die gebruikt wordt voor de productie van synthetische brandstof is juist niet klimaatneutraal.

Hoge productiekosten

De kostprijssramingen voor synthetische kerosine zijn sterk gebonden aan de kosten van duurzame energie, CO₂-opslag, productieschaal en bedrijfstijden van de fabrieken. Bovendien zijn de extra kosten in vergelijking met fossiele kerosine afhankelijk van de prijs van biokerosine en de prijs van ruwe olie. Synfuels zullen in 2030 naar verwachting 2 tot 6 keer zo duur zijn als fossiele kerosine, dit zal richting 2050 nog fors kunnen dalen.

Mogelijke sociale weerstand

Het vaststellen van afgesproken methoden en verantwoordingrichtlijnen door middel van levenscyclusanalyse voor CO₂ afvang zal cruciaal zijn om de opname ervan in gereguleerde koolstofmarkten en nationale inventarissen te ondersteunen.

Bovendien bestaat er in het geval van de toepassing van CCU het risico op sociale weerstand door de indirecte uitstoot. Het CO₂ wordt hergebruikt voor de productie van synthetische kerosine, maar veroorzaakt vooralsnog uitstoot elders. Dit verplaatst het emissieprobleem van de eigen regio naar elders en helpt dus niet om klimaatverandering tegen te gaan.

CCU heeft zowel voordelen als nadelen voor de verduurzaming van de industrie. Aangezien het hergebruik van CO₂ de waarde van CO₂ indirect verhoogt, kan dit ongewenste marktpotentie bieden. Daarom is het raadzaam om CCU alleen toe te passen op industriële sectoren die moeilijk te verduurzamen zijn en wachten op nieuwe technologieën voordat ze kunnen verduurzamen. CCU op basis van fossiele brandstoffen en grondstoffen moet gezien worden als een overgangstechnologie.

Naast de CO₂ gerelateerde sociale aspecten gelden de bovengenoemde aandachtspunten ook voor waterstof (sectie "Aandachtspunten Waterstof").

5.3 Conclusies energiedragers en ketens

Gevraagd is om, gegeven criteria die voor de provincie Noord-Holland belangrijk zijn, vast te stellen welke energiedragers ontmoedigd moeten worden in het gebruik en welke juist gestimuleerd moeten worden in de komende jaren. De analyse van de impact van energiedragers op de zeven door de provincie aangedragen thema's maakt duidelijk dat de impact niet alleen wordt bepaald door het gebruik van de energiedrager sec, maar juist ook door de keten die hieraan voorafgaat. Deze ketens kunnen op vele manieren zijn uitgevoerd. Zo kunnen er voor eenzelfde energiedrager ketens zijn met een hoge impact maar ook met een lage impact.

Uit de impact analyse van de waterstofketen, de keten van synthetische kerosine en de ketens van vaste, vloeibare en gasvormige biomassa, tezamen hernieuwbare brandstoffen genoemd, wordt duidelijk dat er in iedere keten aandachtspunten zijn die het verschil maken tussen lage en hoge impact. De belangrijkste aandachtspunten worden in de conclusies benoemd. Het zijn deze aandachtspunten waarop de provincie zal moeten anticiperen met passend beleid om de transitie naar hernieuwbare brandstoffen met succes te doorlopen. De provincie Noord-Holland kan hierin een voorloper zijn omdat juist in deze provincie het brandstof aandeel in de totale energiemix het grootst is als gevolg van een omvangrijke mobiliteit- en industriesector.

Waterstof

Waterstof is als grijs, blauw en groen beschikbaar. Groen is de variant met duurzame elektriciteit. Het spreekt voor zich dat hier stimulering op zijn plaats is en dat de grijze variant waarbij aardgas de grondstof is ontmoedigd wordt. De blauwe variant waarbij het restproduct CO₂ opgeslagen wordt (CCS) is te zien als een overgangsvariant. De grootste impact bij groene waterstof zit aan de kant van de waterstofproductie. Er is veel zoet water nodig, zo ook elektriciteit en ruimte voor de elektrolyser fabriek. Waarschijnlijk is dat een deel van de waterstof geïmporteerd gaat worden uit landen met een overdaad aan hernieuwbare energiebronnen, lees zon en wind. Dit moet op verantwoorde wijze gebeuren, sturing op een waterstofketen met minimale impact is dan ook het devies.

Ruimte is de sleutelfactor in de transitie naar duurzame energiedragers

In algemene zin wordt duidelijk dat de transitie van fossiele naar hernieuwbare energiedragers gepaard gaat met een toenemend beroep op ruimte, vooral bovengronds, maar ook ondergronds. Er is ruimte nodig voor de productie van duurzame elektriciteit die op zijn beurt nodig is om de duurzame brandstoffen te produceren. Er is ruimte nodig voor de onttrekking van CO₂ uit de atmosfeer via biologische en technische routes om

daarmee de duurzame koolstof (C) te verkrijgen die nodig is voor de 'bouw' van koolstofhoudende brandstoffen.

De beschikbaarheid van ruimte in Noord-Holland en breder gezien in Nederland, inclusief de Noordzee, zal in belangrijke mate bepalen wat wij zelf kunnen produceren en wat geïmporteerd moet worden. De schaal waarop in Nederland nu energiedragers wordt verbruikt, bewerkt en doorgevoerd maakt dat de import van energiedragers en de daarvoor benodigde grondstoffen vrijwel onontkoombaar is. Hierbij moet bedacht worden dat ook import ruimte vergt in de vorm van infrastructuur voor opslag, overslag, bewerking en doorvoer.

Elke energiedrager telt, daarbij sturend op een doelmatige keten

De inzichten uit hoofdstuk 3 maken duidelijk dat om de klimaat en energietransitie doelen richting 2030 en daarna te kunnen halen alle beschouwde hernieuwbare brandstoffen nodig zijn. Dus niet alleen waterstof, maar ook synthetische brandstoffen zoals synthetische kerosine en biobased brandstoffen. De opgave is zo groot dat we niet de luxe hebben om een bepaalde brandstof bij voorbaat terzijde te leggen.

Hoofdstuk 4 heeft met het beleids- en wetgevend kader duidelijk gemaakt dat er een stevig fundament is om dit op een duurzame wijze te doen met een minimale negatieve impact op milieu, mens, flora en fauna. Monitoring, handhaving en zo nodig bijstelling zijn daarbij onontbeerlijk om ervoor te zorgen dat de praktijk aansluit bij het beleid.

In dit hoofdstuk over de ketens en hun impact is duidelijk geworden dat, mits gestuurd wordt op de aandachtspunten en mits een zo hoogwaardig mogelijk gebruik van de hernieuwbare brandstoffen wordt nagestreefd, er voor iedere hernieuwbare brandstof een rol is weggelegd in de Noord-Hollandse energievoorziening. Ontmoedigen is dan niet nodig, wel kritisch volgen en sturen op minimale impact van initiatieven, inclusief de keten waar zij een onderdeel vanuit maken. Dus gericht stimuleren met een set van randvoorwaarden die maken dat 'state of the art' wordt toegepast in techniek en ketenbeheer.

6 Beleidsanalyse Noord-Holland

Beleidsanalyse Noord-Holland met uitspraak over wenselijkheid per energiedrager (stimuleren, faciliteren en ontmoedigen), dit in relatie tot hun toepassing en de keten. Aandacht voor randvoorwaarden waaronder toepassing energiedrager aanvaardbaar is. Het gaat daarbij om hernieuwbare brandstoffen.

De wenselijkheid van een energiedrager en het daaraan te koppelen beleid van de provincie Noord-Holland wordt bepaald door drie factoren:

- Noodzaak en rol van de energiedrager in de energietransitie van de provincie Noord-Holland, zie hoofdstuk 3
- Vigerend beleid met bijbehorende wet- en regelgeving van de EU en Nederlandse overheid, zie hoofdstuk 4
- Impact van de energiedrager en bijbehorende keten op voor de provincie Noord-Holland belangrijke thema's, zie hoofdstuk 5.

De wenselijkheid van de inzet van een energiedrager heeft betrekking op die energiedragers die naar verwachting op grote schaal ingezet gaan worden in de provincie Noord-Holland in de komende jaren. Daarbij is onderscheid te maken in de toepassing tot 2030 en daarna. De wenselijkheid is geen absoluut begrip. Door mitigatie maatregelen kan de negatieve impact van een energiedrager afnemen. Ook de noodzaak om een energiedrager in te zetten kan veranderen met de tijd. In enkele tabellen is op basis van de beelden uit voorgaande hoofdstukken aangegeven hoe de wenselijkheid zich laat kwalificeren. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in:

- **Wenselijk** Vraagt om beleid gericht **stimuleren** van de inzet van de energiedrager. De provincie acteert pro-actief en neemt waar dit kan en voor zover dit kan het voortouw in het mogelijk maken van de inzet van de energiedrager in Noord-Holland. De provincie doet dit in nauwe samenwerking met stakeholders en initiatiefnemers en op basis van een helder kader dat maakt dat de negatieve impact van de energiedrager tot een minimum wordt beperkt. De provincie gaat na hoe in aanpalende beleidsterreinen ruimte kan worden gemaakt om de energiedrager tot ontwikkeling te kunnen laten komen en hoe symbiose van beleidsterreinen mogelijk is in relatie tot de energiedrager.
- **Neutraal** Vraagt om beleid gericht op **faciliteren** van de inzet van de energiedrager. De provincie acteert reactief en helpt daar waar het kan en met het instrumentarium dat de provincie ter beschikking staat om de toepassing van de

energiedrager mogelijk te maken, inclusief de voorzieningen die daarvoor nodig zijn in de keten voor zover deze plaatsvinden in de provincie Noord-Holland.

- **Niet wenselijk** Vraagt om beleid gericht op **ontmoediging** van de energiedrager inzet. Het kan daarbij gaan om de ontmoediging van het eindgebruik en/of activiteiten van de toeleveringsketen die in Noord-Holland plaatsvinden.

Bij het typeren van de wenselijkheid is niet alleen onderscheid gemaakt naar energiedrager, maar ook naar locatie, sector en naar techniek. Zo wordt duidelijk dat bij het al dan niet wenselijk zijn van een energiedrager ook andere overwegingen een rol spelen. Als basisuitgangspunt geldt daarbij:

Hernieuwbare brandstoffen zijn hoogwaardige energiedragers. Toepassing is wenselijk in die situaties waarin er geen alternatief voorhanden is of mogelijk is in de vorm van een hernieuwbare warmtebron of hernieuwbare elektriciteit.

Tabel 5: Wenselijkheid naar energiedrager vanuit het perspectief klimaat en energiedoelstellingen provincie Noord-Holland en de voortgang in behalen doelen

Energiedrager	Sti.	Fac.	Ont.	Opmerking
Waterstof H ₂ Groen H ₂ Blauw H ₂ Grijs	X	X	X	Alleen hoogwaardige toepassing Eindbeeld: H ₂ uit duurzame E Overgangsfase naar groene H ₂ Niet gewenst
Vloeibaar biobased Biodiesel Bio-ethanol Bio-kerosine	X X X			Toepassing in vervoer Hoger bijmeng% 2030 gewenst Hoger bijmeng% 2030 gewenst Hoger bijmeng% 2030 gewenst
Gasvormig biobased Biogas Groengas		X X		Alleen hoogwaardige toepassing Toepassing op productielocatie Toepassing in industrie, vervoer

Vast biobased Houtachtige biomassa		X		Alleen toepassingen waar geen alternatief voorhanden
Synthetisch, e-fuel Synthetische kerosine	X			Brandstof uit duurzame E, C, H ₂ Aanvullend op bio-kerosine
Anorganische brandstof Ammoniak Overig		X X		Toepassing in zeevaart op termijn Toepassing nader te bepalen

De kwalificatie van de wenselijkheid zoals vermeld in tabel 5 geldt onder de randvoorwaarden dat aan de vigerende duurzaamheidscriteria wordt voldaan (hoofdstuk 4) en 'state of the art' technologie wordt toegepast zodat de negatieve impact minimaal is.

De import, productie, op- en overslag en distributie van energiedragers vragen ruimte. De beschikbare ruimte is beperkt. De ruimtevraag gemoeid met de duurzame energiedrager is eerder groter dan kleiner in vergelijking met de ruimte die de infrastructuur van fossiele energiedragers vraagt. Tabel 6 geeft aan wat de wenselijkheid van energiedragers is in relatie tot locaties en gebieden in Noord-Holland.

Tabel 6: Wenselijkheid naar locatie of gebied gericht op productie en verbruik van hernieuwbare brandstoffen energiedragers

Locatie, gebied	Sti.	Fac.	Ont.	Opmerking
Tata Steel Nederland	X			Transitie naar groene waterstof (H ₂)
Havengebied Amsterdam	X			Vooral transitie naar duurzame vloeibare brandstoffen
Schiphol		X		Afnemer van duurzame brandstof
Den Helder	X			H ₂ economie, wind offshore based
Alkmaar		X		Biobased economy Boekelermeer
Stedelijk gebied		X		Stadsverwarming, als geen alternatief voorhanden is
Landelijk gebied		X		Woning verwarming, als geen alternatief voorhanden
Bedrijventerreinen		X		Als geen alternatief voorhanden is

Concentratiegebieden gericht op de productie van energiedragers zijn, op grond van lopende ontwikkelingen en historie, Den Helder, het havengebied van Amsterdam en Tata Steel Nederland. Concentratiegebieden op het verbruik of inname van energiedragers zijn Schiphol, de haven van Amsterdam en Tata Steel Nederland. De productie van energiedragers maakt op termijn onderdeel uit van een circulair of biobased complex waarbij laagwaardige grondstoffen worden gebruikt die niet toegepast kunnen worden in de voedsel of productketen.

De wenselijkheid van energiedragers is ook te beschouwen vanuit het perspectief van de herkomst van de grondstoffen, inclusief elektriciteit, die nodig zijn om de energiedragers te produceren, zie tabel 7. Het nabijheidsbeginsel geldt hier. Gebruik als eerste de bronnen en grondstoffen die in eigen provincie en het nabijgelegen water, lees Noordzee, voorhanden zijn. Is dit niet voldoende om de vraag te dekken zorg dan voor aanvulling vanuit Europa of via intercontinentale import. Bij import moet aantoonbaar voldaan worden aan de duurzaamheidscriteria zoals die door de EU en Nederland worden gehanteerd. Bij import moet het gaan om overschotten van energiedragers of grondstoffen die het land van herkomst zelf niet nodig heeft.

Tabel 7: Wenselijkheid naar herkomst van grondstoffen en elektriciteit nodig voor de productie van hernieuwbare brandstoffen

Herkomstgebied	Sti.	Fac.	Ont.	Opmerking
Noord-Holland	X			Biobased reststromen voor de productie van biobased brandstoffen
Noordzee	X			Wind offshore elektriciteit, betreft overschot bestemd voor productie waterstof en synthetisch brandstof
Nederland			X	Lokaal gebruik krijgt voorrang
Europa		X		Voldoen aan duurzaamheidscriteria
Internationaal		X		Voor zover aantoonbaar noodzakelijk en voldoende aan duurzaamheidscriteria

Tot slot presenteert tabel 8 de wenselijkheid van hernieuwbare brandstoffen naar toepassing. Bottom line is hier dat hernieuwbare brandstoffen primair worden toegepast in die situaties waar er geen ander alternatief voorhanden is en/of waar het een toepassing betreft op hoge temperatuur, denk daarbij aan proceswarmte in de industrie.



Tabel 8: Wenselijkheid hernieuwbare brandstoffen naar toepassing

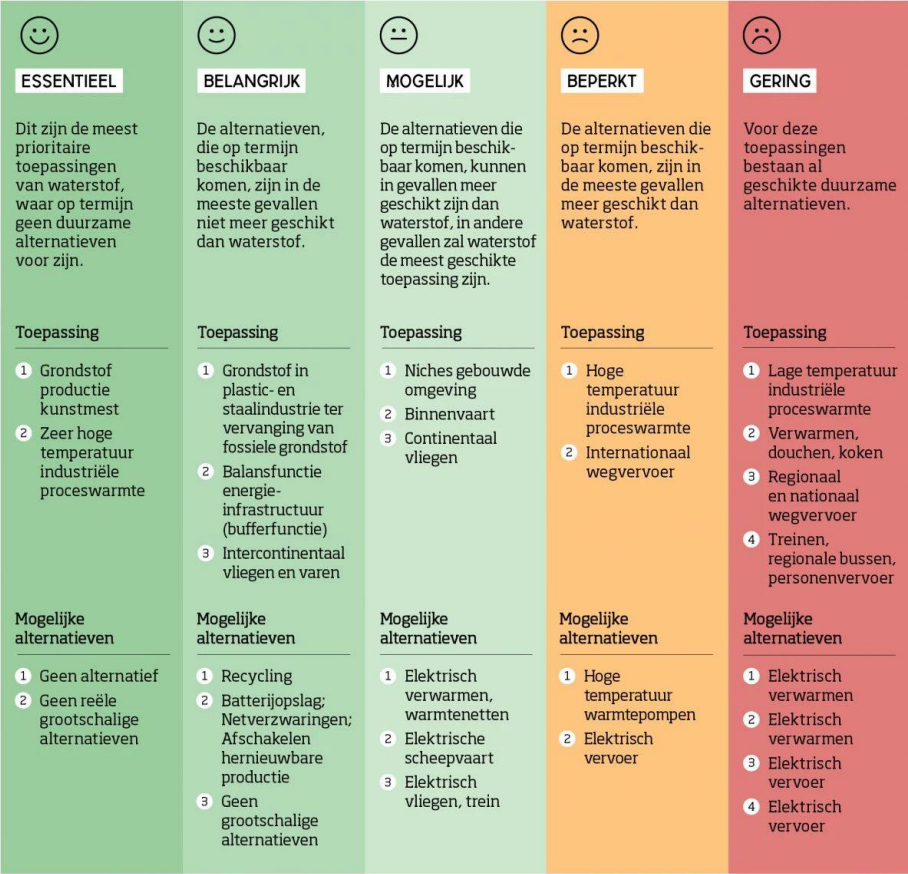
Toepassing, sector	Sti.	Fac.	Ont.	Opmerking
Industrie ..Hoge temperatuur ..Lage temperatuur		X	X	Inzet op hoogwaardige toepassing van de energiedrager, dus niet waar lage temperatuur warmte is vereist
Vervoer ..Luchtvaart ..Zee- en binnenvaart ..Over land	X X	X		Drop-in % vergroten Transitie naar duurzame brandstof In aanvulling op E-vervoer
Agrarische sector ..Glastuinbouw ..Veeteelt ..Akkerbouw		X X X		Gaat om inzet van biobased energiedragers op basis van residuen uit de agrarische sector
Gebouwde omgeving		X		Alleen wanneer geen hernieuwbaar warmte alternatief voorhanden is

Samengevat per energiedrager laat de wenselijkheid zich als volgt typeren:

Waterstof, hoogwaardige toepassing in industrie en vervoer

Het gaat hierbij om de transitie waarbij waterstof als een hoogwaardige energiedrager wordt toegepast in vooral de industrie en het vervoer. Waterstof vervangt aardgas en fossiele vloeibare brandstoffen. Waterstof moet klimaatneutraal zijn, dus minimaal blauw, maar de ontwikkeling moet gericht zijn op de productie en de inzet van groene waterstof. Voor de productie geldt dat de omvang bepaald wordt door het aanbod van wind offshore elektriciteit en de beschikbare ruimte voor elektrolyzers met de bijbehorende infrastructuur in Noord-Holland. Opslag van waterstof is een belangrijk onderdeel van de keten, waterstof kan alleen met succes op grote schaal in Noord-Holland worden toegepast wanneer opslagmogelijkheden met bijbehorende infrastructuur voorhanden zijn. Toepassing van waterstof voor het verwarmen van de gebouwde omgeving en de productie van stoom wordt afgeraden, het zijn relatief laagwaardige toepassingen. De waterstofladder zoals ontwikkeld door de stichting Natuur en Milieu helpt om te bepalen wat wel en niet wenselijk is, zie figuur 29. Uit deze figuur blijkt dat waterstof als eerste als grondstof moet worden ingezet en pas in tweede instantie als brandstof.

WATERSTOFLADDER



Figuur 29: Waterstofladder (Stichting Natuur en Milieu)

Vloeibare biobrandstoffen, aanvullend op E-vervoer

Hernieuwbare vloeibare biobrandstoffen, vooral op basis van biodiesel en bio-ethanol en de daartoe behorende alternatieven, zijn in aanvulling op elektrische mobiliteit, onontkoombaar om de doelen te kunnen halen en daarmee dus wenselijk. Sturing op het gebruik van grondstoffen die geen toepassing hebben in de voedsel of product keten is daarbij gewenst. Productie vindt al op grote schaal plaats in Nederland, waaronder Amsterdam. Gezien de omvang is import van grondstoffen nodig. Hanteren en monitoren van en handhaven op de duurzaamheidscriteria is hierbij van belang. EU en Nederlandse wet- en regelgeving bieden hier voldoende houvast voor. De processen die gebruikt worden bij de productie van biobrandstoffen dienen als basis voor de transitie naar een biobased en circulaire economie, zo ook de transitie naar de productie van synthetische brandstoffen op termijn. Sturing gericht op het gebruik van koolstof en waterstof in een gesloten kringloop in combinatie met de inzet van hernieuwbare elektriciteit is daarbij het devies.

Gasvormige biobrandstoffen, waar mogelijk met lokale grondstoffen

Tot 2030 is naar verwachting vergisting de meest gangbare technologie voor de productie van biogas en groengas. Grootschalig vergassen van houtachtige biomassa, waarschijnlijk op basis van import, is nog niet voorzien. Vergisten gebeurt met lokaal beschikbare grondstoffen. Het gaat daarbij om natte biomassa residuen. Vergisten wordt als wenselijk gezien wanneer het geproduceerde biogas of groengas hoogwaardig wordt toegepast. Dat is in hoge temperatuurtoepassingen in de industrie, waaronder proceswarmte en stoom, in zwaar transport over land en water en in de gebouwde omgeving daar waar geen andere warmtebronnen voorhanden zijn of toegepast kunnen worden.

Vaste biobrandstoffen voor stoom en stadsverwarming

Vaste biobrandstoffen in de vorm van huishoudelijk afval en afvalhout worden op grote schaal al ingezet in de provincie Noord-Holland. De brandstof komt daarbij bij voorkeur uit de regio en wordt primair aangewend voor de productie van warmte (stoom en stadsverwarming) waarbij 'state of the art' technologie wordt toegepast gericht op lage emissie en een hoog energie rendement.

Synthetische brandstoffen in de luchtvaart

Voor de luchtvaart (Schiphol) is de ontwikkeling en toepassing van synthetische brandstof in de vorm van synthetische kerosine gewenst. Idealiter wordt gebruik gemaakt van koolstof van biogene oorsprong en groene waterstof. In de weg daarnaar toe kan blauwe waterstof en CO₂ uit afvangst als grondstof dienen. Richting 2030 gaat het vooral om pilot en demonstratieprojecten die de gelegenheid bieden om passend

beleidskader te ontwikkelen. Productie wordt zowel mogelijk geacht in Nederland als daarbuiten, de importroute maakt dus onderdeel uit van deze keten. Het ligt daarbij voor de hand om dit in het verlengde te doen van de infrastructuur die al voorhanden is rond productie, import, op- en overslag van duurzame brandstoffen.

Anorganische brandstoffen

Het is nog te vroeg om te bepalen of anorganische brandstoffen zoals ammoniak en ijzer wenselijk zijn. Beleid is dan ook gerelateerd op het volgen van de ontwikkelingen en het bieden van experimenteerruimte. Specifiek aandachtsgebied is daarbij de inzet van ammoniak in de zeevaart, toepassing op land wordt vooralsnog als niet wenselijk gezien vanwege de veiligheidsrisico's die samenhangen met ammoniak.

Wenselijkheid en de emissie van NOx en fijnstof

Wanneer hernieuwbare brandstoffen verbrand worden met lucht dan ontstaat NOx. Gezien de stikstof problematiek willen wij dit vermijden. Beleid dient dan ook in te zetten op 'state of the art' technieken die per saldo leiden tot een daling van de NOx emissies ten opzichte van de huidige situatie. De ontwikkeling van de brandstofcel past in dit kader. Bij deze techniek wordt de brandstof niet verbrand maar direct omgezet in elektriciteit en warmte. Een tweede techniek is de oxyfuel verbranding. Hierbij wordt de brandstof verbrand met zuurstof, de vorming van thermische NOx is dan niet mogelijk. Biobased brandstoffen bevatten in meer of mindere mate stikstof. Bij de conversie kan dit vrijkomen in de vorm van NOx. 'State of the art' DeNOx technieken zijn dan ook vrijwel altijd nodig, waaronder dubbele DeNOx en rookgascondensatie.

Bij de verbranding van vloeibare en vaste brandstoffen ontstaat fijn stof. Ook bij de onvolledige verbranding van gasvormige brandstof is dit mogelijk in de vorm van roet. 'State of the art' technieken voor fijn stof verwijdering maken het mogelijk dat de bijdrage aan de achtergrondconcentratie vrijwel nihil is. Het is gewenst om te sturen op een zo laag mogelijke fijn stof emissie. Vanwege de fijn stof emissies zijn open haarden en houtkachels zonder type keur voor het verwarmen van woningen af te raden. De voorkeur wordt gegeven aan hout-CV systemen op basis van houtpellets en dit voor het verwarmen van gebouwen en woningen in het landelijk gebied waarbij biowarmte de enige optie is.

Wenselijkheid en productie elektriciteit

Hernieuwbare brandstoffen zullen voor het overgrote deel worden ingezet in mobiliteit, in processen in de industrie en als warmtebron op hoge temperatuur. Met hernieuwbare brandstoffen kan ook elektriciteit worden geproduceerd. De wenselijkheid van deze variant hangt af van het elektrisch rendement. Dit moet zo hoog mogelijk zijn. Bij conversie



van biogas in een gasmotor is dit ongeveer 40%, een brandstofcel haalt 50% of meer en bij de inzet van biomassa in grote centrales is 40% mogelijk. Bij afvalverbranding en bij kleinschalige installaties zijn de rendementen met rond de 20% tot maximaal 25% lager. In dat geval wordt de voorkeur gegeven aan de levering van warmte, zo wordt immers meer dan 90% van de energie-inhoud benut. De warmtekrachtinstallaties van afval en energiecentrales produceren dan ook alleen elektriciteit als er geen of onvoldoende vraag naar warmte is.



Afkortingen en begrippen

Afkortingen, woorden

AtJ	Alcohol to Jet fuel
BEC	Bioenergie Centrale
CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek
CCS	Carbon Capture and Storage, afvangen en opslaan CO ₂ in ondergrond
CCU	Carbon Capture Utilisation, afvangen en nuttig toepassen van CO ₂
CES	Cluster Energie Strategie
CNG	Compressed Natural Gas
DAC	Direct Air Capture, techniek op CO ₂ uit de buitenlucht te halen
DeNOx	Techniek die NOx omzet naar stikstof en zuurstof
E, e	Elektriciteit
EU	European Union, Europese Unie
EC	European Commission Europese Commissie
ETM	Energie Transitie Model
FAME	Fatty Acid Methyl Ester, vetzuur methyl ester, hernieuwbare diesel
FT	Fischer Tropsch, techniek voor vergassen van brand- en grondstoffen
GHG	Green House Gas, broeikasgas
HBE	Hernieuwbare Brandstof Eenheden, energiewaarde 1 HBE is 1 GJ
HEFA	Hydroprocessed esters and fatty acids, hernieuwbare diesel
HFS	Hydroprocessed fermented sugars
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil, hernieuwbare diesel
IEA	International Energy Agency
KEV	Klimaat en Energie Verkenning
LBM	Liquid Biomethane, vloeibaar biogas
LNG	Liquid Natural Gas, vloeibaar aardgas
LPG	Liquid Petroleum Gas, vloeibare brandstof onder druk
LULUCF	Land use, land-use change and forestry, regelgeving landgebruik
NEa	Nederlandse Emissie Autoriteit
NZKG	Noordzeekanaalgebied
OCAP	Organic CO ₂ for assimilation by plants, inzet CO ₂ in glastuinbouw
PBL	Plan Bureau voor de Leefomgeving
PM	Particular Matter, fijn stof
	Bijbehorend getal is maximale deeltjesgrootte in micrometer.
RCF	Recycled Carbon Fuels, brandstoffen waarbij CO ₂ de grondstof is
RED	Renewable Energy Directive, EU Richtlijn Hernieuwbare Energie
RENBO	Renewable Energy of Non-Biologic Origin, synthetische brandstoffen
SAF	Sustainable Aviation Fuel, duurzame vliegtuigbrandstof

SER	Sociaal Economische Raad
SIP	Synthesized isoparaffins
SPK	Synthetic paraffinic kerosene, kerosine gemaakt uit parafine
TSN	Tata Steel Nederland

Afkortingen, chemisch

C	Koolstof
CH ₄	Methaan, aardgas, sterk broeikasgas
CO ₂	Kooldioxide, broeikasgas vrijkomen bij verbranding
Fe	IJzer
H ₂	Waterstof, energiedrager
H ₂ O	Water
N ₂	Stikstof
N ₂ O	Lachgas, sterk broeikasgas
NH ₃	Ammoniak, energiedrager gemaakt uit o.a. H ₂ , verzurende emissie
NOx	Stikstofoxide, verzurende emissie
O ₂	Zuurstof
SO ₂	Zwavel dioxide, verzurende emissie

Eenheden

Energiehoeveelheid	1 PJ = 1.000 TJ = 1.000.000 GJ = 1 miljard MJ 1 kWh = 3,6 MJ
Vermogen	1 GW = 1.000 MW = 1.000.000 kW = 1 miljard W
Massa	1 Mton = 1.000 kton = 1.000.000 ton = 1 miljard kg 1 gram = 1.000 mg
Afstand	1 km = 1.000 m
Oppervlak	1 ha = 10.000 m ²
Volume	1 m ³
Geluid	1 dBA
Nm ³	1 m ³ gas onder normaal condities bij 0 °C en 1,013 bar luchtdruk

Engelse termen

All electric	Energievoorziening op basis van alleen elektriciteit
Drop in	Duurzame brandstof die kerosine, diesel of benzine vervangt
E-fuel	Synthetische brandstof gemaakt m.b.v. elektriciteit
Off grid	Zonder gebruik te maken van het elektriciteitsnet
State of the art	Laatste stand der techniek
Well-to-wheel	Beschouwd over de gehele brandstofketen