



NAAR EEN NIEUWE KOOLOSTOFARME ECONOMIE IN HET HAVENGEBIED VAN GENT

VERKENNENDE STUDIE
voor de ontwikkeling van Carbon Capture & Utilisation
voor het havengebied Gent

V O O
R W O
O R D



De Stad Gent, de Universiteit Gent, het Havenbedrijf (nu North Sea Port), de Provincie Oost-Vlaanderen, de POM Oost-Vlaanderen en I-Cleantech Vlaanderen (nu Cleantech Flanders) ondertekenden op 18 mei 2016 de 'Engagementsverklaring Cleantech Cluster Regio Gent' en hebben de ambitie om tegen 2030 **uit te blinken als actief en robuust Cleantech ecosysteem**, in antwoord op uitdagingen op het vlak van energie, materialen, water en mobiliteit. Tevens werd de reductie van industriële en stedelijke CO₂-uitstoot van bij aanvang als uitdaging gedefinieerd. De ontwikkeling van een Carbon Capture and Utilisation Hub (CCU-hub) in Gent komt hieraan tegemoet.

In de zomer 2018 werd gestart met de samenstelling van een uniek consortium met de ambitie om het havengebied van North Sea Port om te vormen tot een hub voor koolstof afvang en hergebruik (Carbon Capture & Utilisation (CCU)).

Op initiatief van de Universiteit Gent (CAPTURE) en BBEPP zaten zowel lokale grote bedrijven aan tafel als de Stad Gent, de Provincie Oost-Vlaanderen, de POM Oost-Vlaanderen, de haven North Sea Port als Cleantech Flanders en de speerpuntclusters Catalisti (Chemie en Kunststoffen) en Flux50 (Energie).

In september 2018 werd een stuurgroep samengesteld die, met de financiële steun van de Stad Gent en de POM Oost-Vlaanderen, een expert heeft aangesteld om een technische voorstudie uit te voeren. Het resultaat van het studiewerk werd op 11 januari 2019 gepresenteerd aan het geïnteresseerde publiek, zijnde ruim 40 deelnemers uit betrokken bedrijven, beleidsinstanties, investeerders en kennisinstellingen.

De initiatiefnemers verwachten dat deze studie het begin zal vormen van vervolgtrajecten zowel op het gebied van investeringen, wetenschappelijk-technische innovaties, als beleid. In voorliggend rapport werd het resultaat van dit studiewerk uitgeschreven om bedrijven, beleidsinstanties, kennisinstellingen en investeerders verder te informeren.

Na de **1** samenvatting en **2** inleiding over klimaatuitdaging en energietransitie duiken we in de inhoudelijke hoofdstukken: **3** Belang van CCU in de transitie, **4** Productieprocessen voor CCU in Gent, **5** Integratie productieprocessen volgens circulair model, **6** Kosten/opbrengsten model, met als sluitstuk de **7** conclusies en aanbevelingen.

IN
HOUD
SOPG
AVE

VOORWOORD	02
1 Samenvatting	06
2 Uitdagingen & Energietransitie	08
3 Belang van CCU in de transitie	12
4 Productieprocessen voor CCU in Gent	16
5 Integratie productieprocessen (Circulair model)	24
6 Kosten/opbrengsten model	28
7 Conclusies en aanbevelingen	30

Samenvatting

De bedrijven die onder het EU Emissions trading system (ETS) vallen en andere energie-intensieve bedrijven in het grensoverschrijdende havengebied van North Sea Port staan voor enorme uitdagingen om de Europese klimaat- en energiedoelstellingen 2030 te bereiken. Meer concreet, het terugdringen van de emissies met 43 % ten opzichte van 2005. Bij deze bedrijven zal CO₂ afvang en hergebruik een grote rol gaan spelen (kortweg CCU).

Het nastreven van de klimaatdoelstellingen tegen 2030 en 2050 zal tevens gepaard gaan met een indringende energietransitie, waarin wordt verwacht dat waterstof en synthetische brandstoffen een belangrijke rol zullen spelen.

Dit rapport toont voor het Gentse deel van North Sea Port buitengewone en unieke mogelijkheden tot samenwerking om de uitstoot van CO₂ op grote schaal te verminderen. Deze reductie wordt bekomen door CO₂ af te vangen en met waterstof uit hernieuwbare energie om te zetten in nieuwe chemische producten en klimaat neutrale brandstoffen.

CO₂

43 %

REN

Biof

CO₂

MeOH

H₂

GENT

De uitrol van de CCU-strategie die in dit rapport wordt gepresenteerd, kan leiden tot de bouw van vier productie-eenheden die door locatiekeuze en de onderlinge verbindingen (via bijvoorbeeld pijpleidingen) maximaal geïntegreerd worden: **(1)** de productie van waterstof/zuurstof, **(2)** de afvang van koolstofdioxide, **(3)** de productie van methanol en **(4)** de productie van ammoniak. Door het afstemmen van de warmtebehoefte en het valoriseren van de zuurstof nevenstroom uit elektrolyse wordt de verdere uitbouw van een circulair model bewerkstelligd.

De bouw van de 4 productie-eenheden wordt door de energie-, staal- en chemische industrie geraamd op een totale investering van ongeveer € 500 miljoen. ⁽¹⁾

Het globale resultaat is een equivalente vermindering van de CO₂ uitstoot van minstens 462.000 ton per jaar. ⁽²⁾

Uit een eerste kosten/opbrengsten analyse blijkt dat de kosten voor productie, opslag, compressie, transport van 'groene' waterstof uit hernieuwbare energie, als grondstof voor lokale productie van 'groene' methanol, bepalend zijn voor de productiekosten.

Een tijdelijk ondersteunend beleid om het verschil tussen de productiekosten en de marktprijzen te overbruggen, is voor de industriële realisatie van CCU strategie in het havengebied van Gent nodig.

De uitbouw van een excellerende CCU-hub met gerealiseerde waardeketens is een ambitieus en langdurig traject waarbij alle stakeholders dienen samen te werken.

De verkennende studie heeft aangetoond dat de aanbodzijde op technisch en ruimtelijk vlak voldoende schaalgrootte heeft om haalbaar te zijn. Door de hogere productiekosten in vergelijking met huidige marktprijzen voor producten van fossiele oorsprong kunnen de groene C-producten nog niet concurreren en zullen economische randvoorwaarden tijdelijk moeten worden aangepast totdat de CCU een voldoende schaalgrootte en economische leercurve heeft doorgemaakt.

(1) Deze data en analyse is gebaseerd op een verkennende studie waarvan de partners vinden dat de resultaten bemoedigend genoeg zijn om het werk verder uit te diepen en te valideren.

(2) Zie voetnoot 1.



2

Uitdagingen & Energietransitie

Zoals in alle industriegebieden waar ook ter wereld baseert de economische bedrijvigheid in het Gentse havengebied zich op fossiele grondstoffen die in grote hoeveelheden worden gebruikt voor verwarming, proceswarmte, als grondstof in chemische processen, als brandstof voor schepen, treinen, vrachtwagens, autobussen en personenwagens. Daarbij komen grote hoeveelheden CO₂ en andere schadelijke emissies vrij (SO_x, NO_x, fijnstof, enz).

Voor een aantal sectoren, zoals de staalindustrie, is de uitstoot van CO₂ echter niet te vermijden aangezien de productie ervan intrinsiek verbonden is met de chemische reacties van de gebruikte industriële processen.

HET IS EEN GROTE UITDAGING OM MINDER AFHANKELIJK TE WORDEN VAN FOSSIELE GROND- EN BRANDSTOFFEN.

Het Europese 2030 klimaat en energie raamwerk definieerde 3 hoofddoelen die moeten worden bereikt tegen 2030:

- 1. een 40 % vermindering van de uitstoot van broeikasgassen ten opzichte van het niveau in 1990. Om deze 40 % doelstelling te bereiken zal het ETS (Emissions Trading System) worden aangepast voor ETS-sectoren die hun emissies moet terugdringen met 43 % ten opzichte van 2005;**
- 2. een aandeel van 27 % aan hernieuwbare energie;**
- 3. ten minste 27 % verbetering van de energie efficiëntie.**

Het nastreven van de klimaatdoelstellingen tegen 2030 en 2050 zal gepaard gaan met een indringende energietransitie, zowel voor de opwekking van energie op basis van hernieuwbare energiebronnen, als voor de toenemende elektrificatie van de maatschappij, inclusief de industrie.

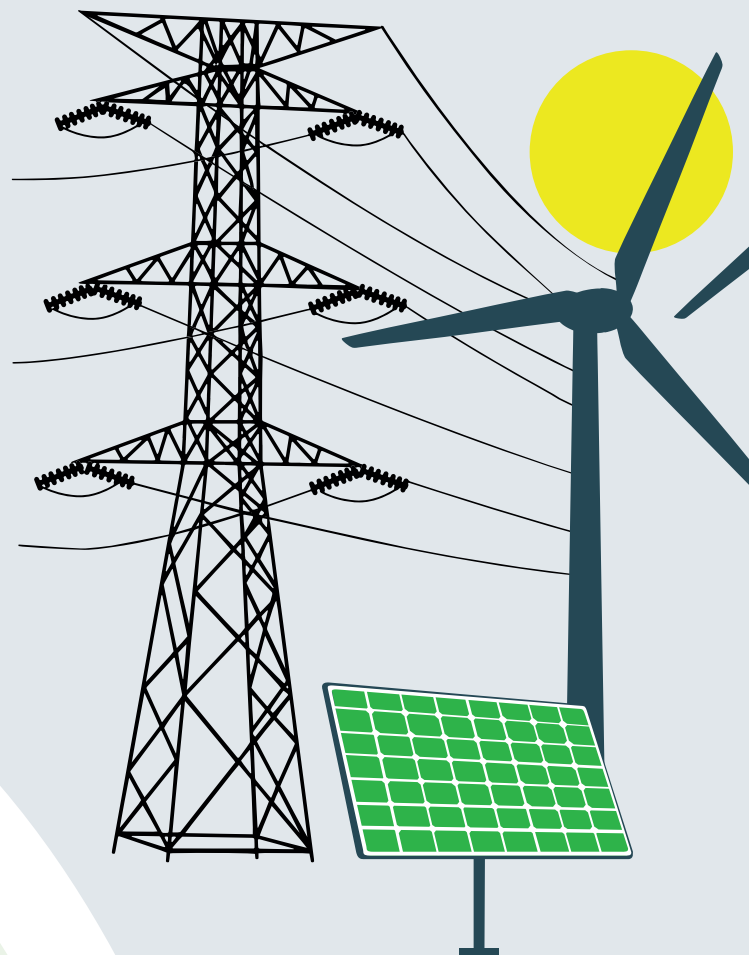
Voor de opwekking van hernieuwbare energie wordt meestal de opwekking van elektriciteit uit natuurlijke bronnen (wind, zon, geothermie, waterkracht...) bedoeld. Deze hebben echter in grote mate een onvoorspelbaar karakter, gepaard met bijhorende problemen voor het beheer van netwerken en de opslag van de energie. Er wordt dan ook globaal gezocht naar geschikte energiedragers die deze problemen kunnen opvangen zoals batterijen, maar ook (groene) waterstof en synthetische brandstoffen.

Groene waterstof kan op grote schaal geproduceerd worden, door de elektrolyse van water, met elektrische stroom die afkomstig is van hernieuwbare energiebronnen.

Waterstof kan vrij gemakkelijk opgeslagen worden, en is daardoor een middel om wind- en zonne-energie, die van nature op onregelmatige wijze beschikbaar is, op te slaan.

Waterstof is een universeel product, dat in diverse toepassingen als klimaatneutrale grond- en brandstof dient voor **(zie ook figuur 1)**

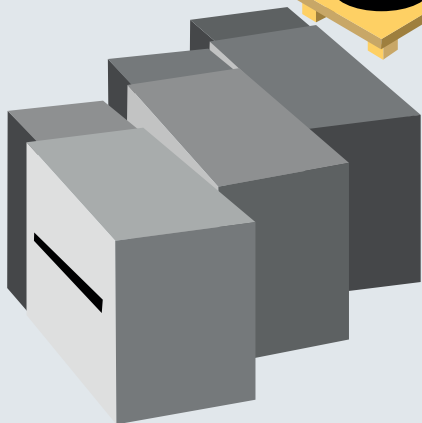
- Elektriciteitsproductie, op momenten dat er onvoldoende wind- of zonne-energie beschikbaar is;
- De aandrijving van voertuigen: schepen, treinen, wegvoertuigen;
- Industriële processen: diverse bedrijven in het havengebied van Gent gebruiken grote hoeveelheden waterstof (let wel, voorlopig nog grijze waterstof ⁽³⁾);
- Als grondstof voor de productie van klimaatneutrale (groene) chemicaliën.



(3) grijze waterstof wordt gemaakt door aardgas te splitsen, waarbij CO₂ vrijkomt.

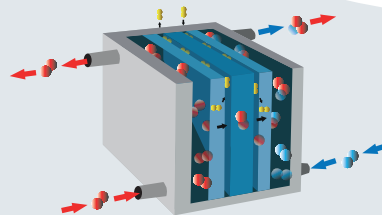


OPSLAG H₂



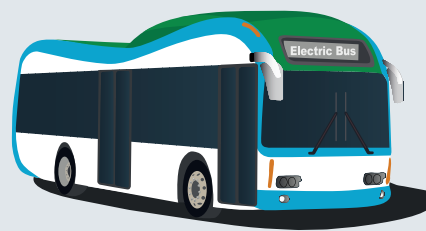
ELEKTROLYSERS

Figuur 1: overzicht van mogelijkheden voor toepassing van waterstof (mogelijk gewonnen uit hernieuwbare grondstoffen) in verschillende maatschappelijke sectoren. In deze studie werd enkel de route voor CCU bekeken.



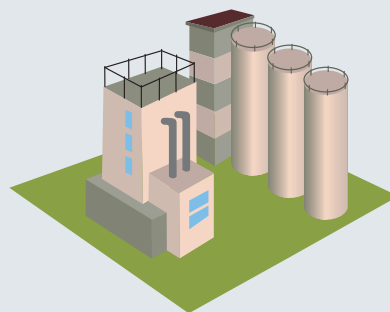
PRODUCTIE ELEKTRICITEIT

H₂, brandstofcel, turbines, motoren



ELEKTRISCHE VOERTUIGEN

H₂, brandstofcellen



H₂ in INDUSTRIËLE PROCESSEN



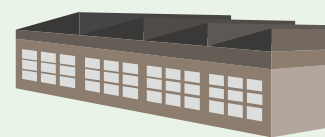
PRODUCTIE CHEMICALIËN

CCU, CO₂ + H₂ methanol, formiaten,...
N₂ + H₂ ammoniak,

3

Belang van CCU in de transitie

CCU in de transitie naar een klimaatneutrale maatschappij kan door grondstoffen en brandstoffen te vervaardigen uit afgevangen CO₂ en H₂ uit hernieuwbare energiebronnen.



CO₂ uitstoter

WAAROM IS CCU VAN BELANG?

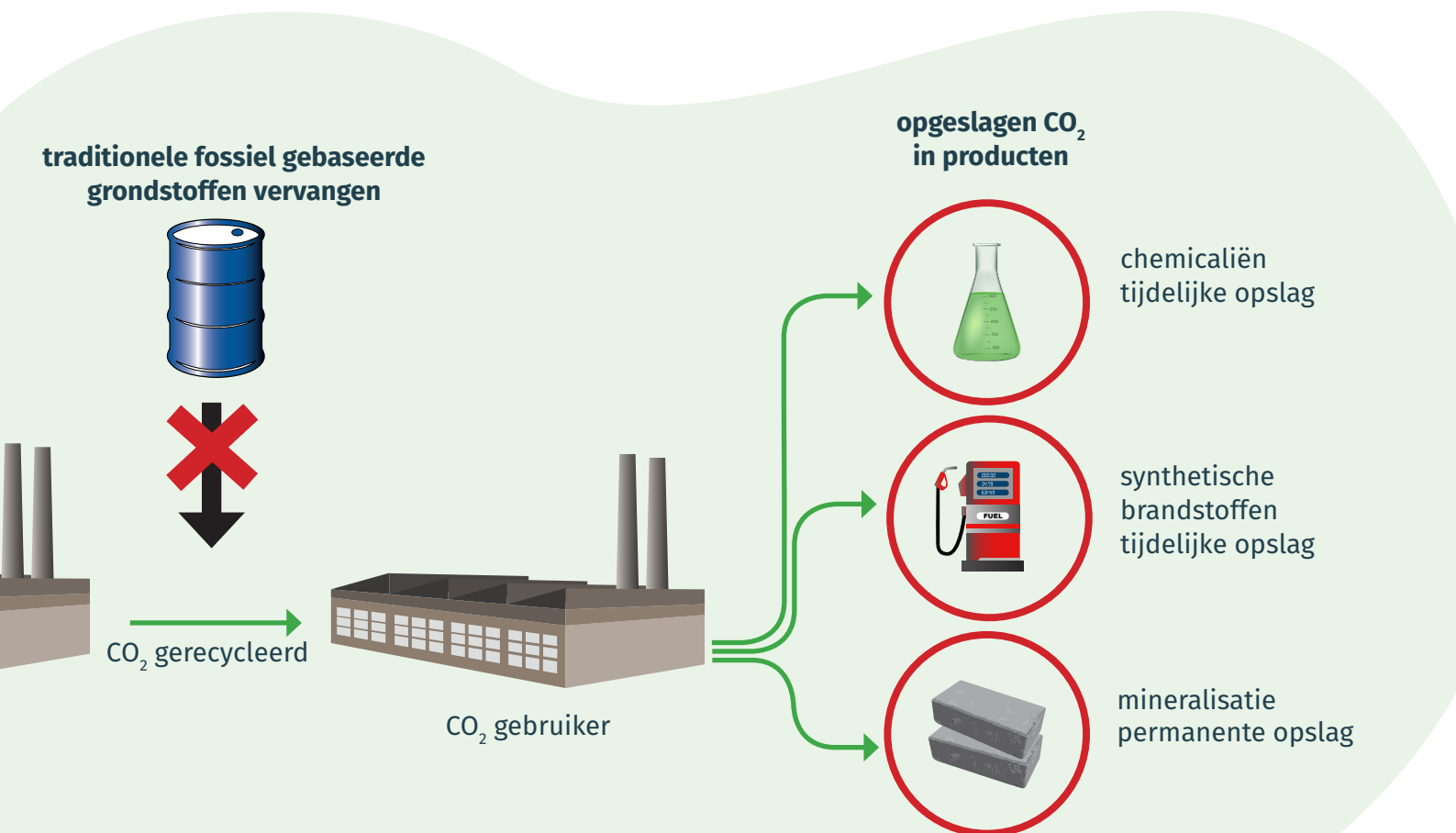
Broeikasgas-emissies (zoals CO₂) die inherent verbonden zijn met de chemische reacties van industriële processen, zoals in de staalproductie, zijn moeilijk te elimineren. Optimalisatie van de processen hebben op een bepaald moment een technologisch eindpunt. Om de totale CO₂ emissies vanuit zo een proces verder terug te dringen zal afvang en opzuivering van de rook- en afgassen noodzakelijk zijn. De gezuiverde CO₂ kan vervolgens worden opgeslagen in ondergrondse lagen (Carbon Capture & Storage (CCS)) of opnieuw worden gebruikt in bijvoorbeeld e-fuels (klimaatneutrale brandstoffen),

polymeren, grondstoffen voor chemische productie, bouw materiaal enz. (bij opnieuw gebruiken spreken we over CCU).

Om de doelstellingen van het Parijs Klimaatakkoord te halen, zullen CCS en CCU een belangrijke rol spelen.

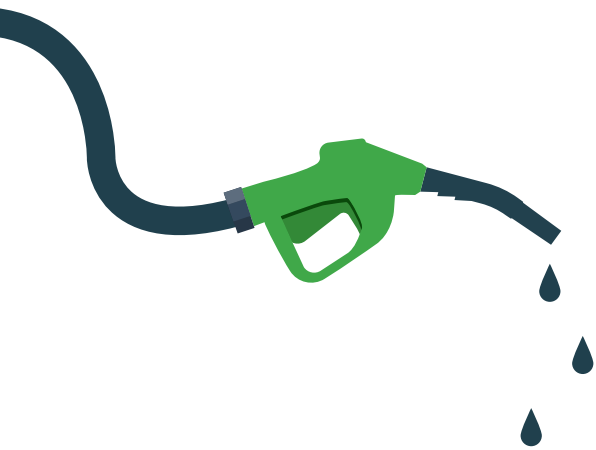
Dankzij recente technologische ontwikkelingen gepaard met de toenemende beschikbaarheid van hernieuwbare energiebronnen, komt vanuit het beleid meer interesse voor het toepassen en verder ontwikkelen van CCU oplossingen. Meer bepaald grondstoffen en brandstoffen vervaardigen uit afgevangen CO₂ en groene waterstof uit hernieuwbare energiebronnen.

Figuur 2 ⁽⁴⁾: toont aan dat CCU ertoe leidt dat fossiele grond- en brandstoffen kunnen worden geëlimineerd.



(4) Bron: Scot project briefing paper EU-ETS to incentivise CO₂ utilisation (www.scotproject.org)

Volgens de studie 'Towards a Flemish Industrial Low-Carbon Transition Framework' ⁽⁵⁾ vormt CCU een veelbelovende optie om de nodige emissiereducties te realiseren in de energie-intensieve industrie, die nauw aansluit bij het Vlaamse industriële profiel en de lokaal aanwezige expertise. Verschillende factoren zoals kostprijs, wettelijke belemmeringen, nood aan verder onderzoek, ontbrekende infrastructuur etc. bemoeilijken de doorbraak van CCU op grotere schaal. Hiertoe zal er een mix van verschillende technologieën moeten worden toegepast binnen en tussen industriële sectoren.



De CCU-toepassing is echter afhankelijk van lokale omstandigheden, b.v. de beschikbaarheid van zuivere CO₂-stromen en opslaglocaties voor CO₂, betaalbare en betrouwbare biomassa en/of waterstofproductie (H₂) (bijvoorbeeld via hernieuwbare elektriciteit), potentieel voor industriële symbiose, enzovoort. Het toepassen van deze nieuwe technologieën zal gepaard gaan met hoge kapitaalintensiteit (CAPEX), maar ook de operationele uitgaven (OPEX) van de nieuwe technologieën zijn vaak nog steeds hoger in vergelijking met de momenteel gebruikte procestechologieën.⁽⁶⁾

(5) Vlaamse overheid, Departement Omgeving, Afdeling Energie, Klimaat en Groene Economie, 2018

(6) Zie voetnoot 5

De energietransitie in Vlaanderen zal een belangrijke impact hebben op de industriële competitiviteit en de industriële low-carbon transitie en vice versa. De energietransitie en de low carbon transitie, zullen op elkaar moeten worden afgestemd: de creatie van CCU-hubs zijn een onderdeel van het energievraagstuk (energie hubs).

Synthetische brandstoffen (e-brandstoffen of e-fuels of koolstof-neutrale brandstoffen) worden exclusief geproduceerd door afgevangen CO₂ te combineren met waterstof uit hernieuwbare energie (Power-to-X (PtX), Power-to-Liquids (PtL) en Power-to-gas (PtG)). Het grote voordeel van deze synthetische brandstoffen, is dat ze in gebruik technisch niet heel verschillend zijn van de fossiele brandstoffen en dat ze mits een aantal (relatief eenvoudige) aanpassingen kunnen worden gebruikt in bestaande brandstofmotoren ⁽⁷⁾. Voor de distributie van e-brandstoffen kan gebruik worden gemaakt van het bestaande netwerk van tankstations en daardoor gradueel worden bijgemengd in bestaande brandstoffen. Alhoewel de productie van synthetische brandstoffen een complex en duur proces is, gaan experts ervan uit dat, door schaalvergroting en gunstige elektriciteitsprijzen, de productieprijs van koolstof-neutrale brandstoffen uiteindelijk zal dalen.

Doordat deze brandstoffen ook lagere stikstof en zwavel uitstoot veroorzaken is er een grote interesse vanuit de scheepvaartsector. Op basis van de resultaten van lopende projecten waarbij methanol wordt gebruikt als scheepsbrandstof (o.a. Stena Germanica) verwacht men een reductie van SOx emissie tot 99 %, NOx tot 60 %, CO₂ tot 25 % en fijnstofreductie tot 95 % ⁽⁸⁾.

(7) Methanol as a fuel for internal combustion engines, Verhelst et al., 2019, PROGRESS IN ENERGY AND COMBUSTION SCIENCE

(8) Meer info: <https://www.ship-technology.com/projects/stena-germanica-ropax-ferry>

Productieprocessen voor CCU in havengebied North Sea Port

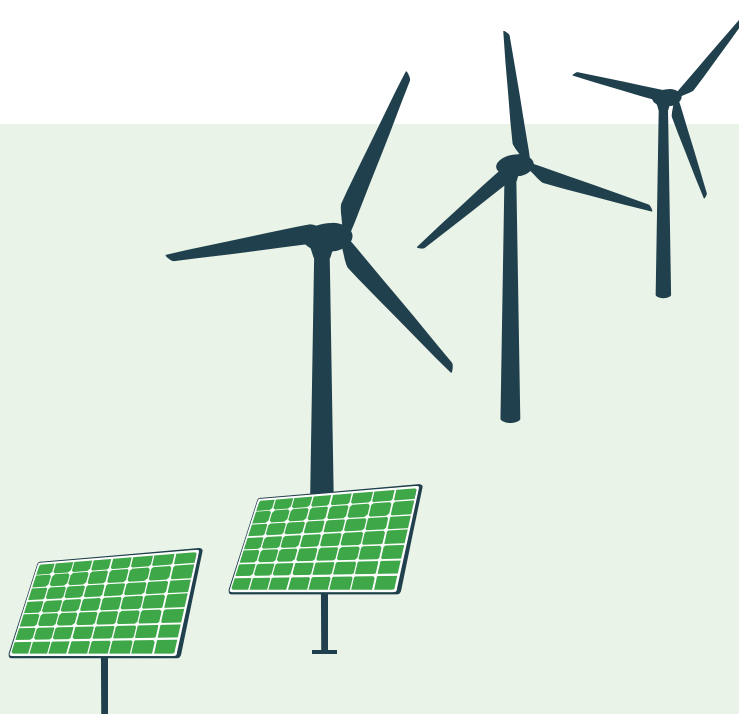
HET HAVENGEBIED NORTH SEA PORT IS EEN UNIEKE LOCATIE OM CCU-PRODUCTIEPROCESSEN TE REALISEREN IN HET KADER VAN EEN CIRCULAIR ENERGIETRANSITIE-PROGRAMMA.

4

Willen we als maatschappij de klimaatdoelstellingen van 2030/2050 halen, dan dienen we nu te starten met een grootschalig programma dat op industriële schaal processen aan het werk zet om koolstofdioxide uit reststromen en waterstof uit hernieuwbare energiebronnen te combineren tot groene grond- en brandstoffen. Aan de hand van gegevens over de productieprocessen van lokale industriële bedrijven werd een strategie uitgewerkt in de vorm van een circulair model, waarbij CO₂ emissies van het ene bedrijf wordt omgezet in grondstoffen voor een ander bedrijf, op basis van hernieuwbare energiebronnen. Op die manier verkrijgt men een dubbel effect: enerzijds vangt men CO₂ op die anders in de atmosfeer zou terecht komen, en anderzijds produceert men een klimaat neutrale energiedrager ter vervanging van fossiele grond- en brandstoffen (en wordt CO₂ uitstoot vermeden).

Het havengebied North Sea Port heeft volgende (unieke) lokale troeven om een grootschalig energietransitie-programma te realiseren volgens een circulair model:

- Gemakkelijke toegang tot hernieuwbare elektriciteit uit windmolenparken in de Noordzee via het bestaand hoogspanningsnet.
- De beschikbaarheid van wind- en zonne-energie waarbij waterstof (H₂) een aangewezen energievector is.
- Belangrijke kwaliteitsvolle CO₂ en CO bronnen, in relatief hoge concentraties en grote volumes.
- Potentieel grote industriële afnemers van waterstof, zuurstof en chemische producten (methanol, ammoniak) die op basis van waterstof, CO₂ en hernieuwbare energie kunnen worden geproduceerd.
- De mogelijkheid om (warmte-) reststromen lokaal nuttig aan te wenden.



- 525 industriële bedrijven in het havengebied die potentieel kunnen aanhaken.
- Een intense logistieke activiteit: vervoer langs de weg, via het spoor en het water die een potentiële markt voor H₂ en synthetische brandstoffen vormt.
- Voldoende schaafeffect heeft het voordeel dat er aanzienlijke hoeveelheden CO₂ opgevangen en verwerkt worden; en daardoor ligt de kostprijs per eenheid geproduceerde groene grond- en brandstoffen aanzienlijk lager.
- Voldoende beschikbare ruimte om benodigde nieuwe infrastructuur voor productie en transport van groene grond- en brandstoffen op te zetten

Om voormelde (unieke) lokale troeven te kunnen evalueren en te kaderen in een strategische aanpak werd, in opdracht van de Stad Gent, North Sea Port, Provinciale Ontwikkelingsmaatschappij Oost-Vlaanderen en de Universiteit Gent (CAPTURE platform), een verkennende studie uitgevoerd door Advanced Energy Technologies.

In de studie wordt de haalbaarheid van de creatie van een CCU-hub in het Gentse deel van het havengebied onderzocht, waarbij CO₂ wordt afgevangen en gezuiverd en aan de hand van hernieuwbare energie omgezet, via de productie van waterstof, in chemische grondstoffen en brandstoffen die in de lokale industrie van de haven, maar ook elders kunnen gebruikt worden.

Volgende 5 onderdelen geven inzicht in de verschillende opportuniteiten en productieprocessen die in de verkennende studie werden gedetecteerd.

4.1.

Productie van groene waterstof uit hernieuwbare energie op de site van Rodenhuize

- Toegang tot hernieuwbare elektriciteit uit windmolenparken in de Noordzee via het bestaand hoogspanningsnet.
- De beschikbaarheid van wind- en zonne-energie waarbij waterstof (H₂) de aangewezen energievecteur is.

Het uitgangspunt van de CCU-strategie voor het havengebied van Gent is de productie van waterstof uit hernieuwbare energiebronnen, voornamelijk afkomstig van windmolenparken op zee.

ELIA, de beheerder van het Belgisch hoogspanningsnet, stelde in de loop van 2018 een rechtstreekse verbinding tussen het Verenigd Koninkrijk, de Noordzee en het vasteland in bedrijf: het STEVIN-project. Deze verbinding op een spanning van 380 kV (kiloVolt), passeert via de site van ENGIE Rodenhuize en is in Zomergem verknoopt met de hoogspanningslijn Nederland-België-Frankrijk (**zie figuur 3**). In het havengebied Gent is er dus een rechtstreekse toegang tot grote hoeveelheden hernieuwbare windenergie.

De site van de elektrische centrale van ENGIE Rodenhuize beschikt reeds over een 380 kV transformator waarmee ELIA de netten op een spanning van 36 kV, 150 kV en 380 kV verbindt.

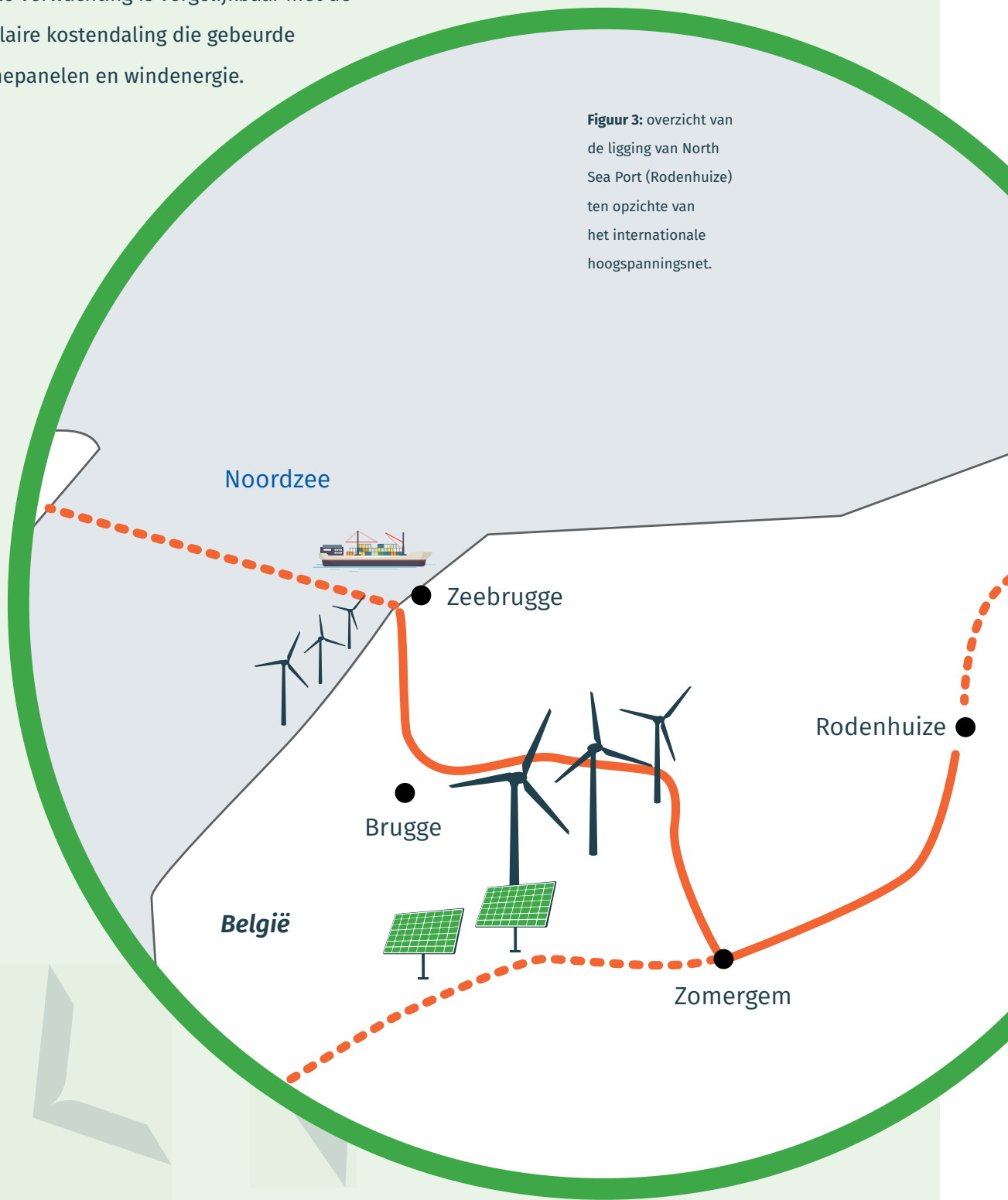
Een bijkomende 380 kV-transformator zou toelaten de energie van hernieuwbare energiebronnen (windparken op zee en op land, zonneparken) aan te wenden voor de productie van waterstof.

Met een dergelijke transformator kan men tot 450 MW (MegaWatt) elektrisch vermogen binnenhalen, wat overeenstemt met een elektrolytische waterstof (H₂) productie tot 100.000 Nm³/u (9 T/u). Hierbij komt ook 50.000 Nm³/u zuurstof (O₂) (72 T/u) vrij, die in de convertoren van de staalindustrie kan gebruikt worden.

Elektrolyse units kunnen zowel inspelen op het aanbod van hernieuwbare energie (overtollige elektriciteit omzetten in waterstof, wanneer het aanbod aan hernieuwbare energie groter is dan de vraag) als inspelen op de netsaturatie. De units kunnen continu geregeld worden en daardoor meer of minder energie uit het net opnemen. Waterstof kan ook worden opgeslagen in een buffer, en is dus een vorm van energieopslag, zoals in een batterij. De flexibiliteit van elektrolyzers laat daardoor hogere penetratiegraden van hernieuwbare elektriciteitsbronnen toe op het bestaande net.

Electrolyse voor de productie van H₂ is momenteel nog duurder dan de conventionele methoden voor H₂-productie uit fossiele bronnen. De verwachting is echter dat electrolyse economisch haalbaar zou zijn tegen 2030. Deze verwachting is vergelijkbaar met de spectaculaire kostendaling die gebeurde met zonnepanelen en windenergie.

Figuur 3: overzicht van de ligging van North Sea Port (Rodenhuize) ten opzichte van het internationale hoogspanningsnet.



4.2.

Opvang van CO₂ op de site Knippegroen

Belangrijke kwaliteitsvolle CO₂-bronnen, met hoge concentraties en volumes

In de haven van Gent zijn 86 % van de CO₂ emissies verbonden aan staalproductie.

Op de site van Knippegroen staat een elektriciteitscentrale die door Engie wordt uitgebaat, waarin de hoogovengassen van het staalbedrijf ArcelorMittal worden gevaloriseerd. De site Knippegroen is bijzonder geschikt voor het afvangen van CO₂ omdat de emissies daar op één locatie vrijkomen. Daarenboven is de samenstelling van deze emissies goed gekend (hoge concentratie van 30 % CO₂).

4.3.

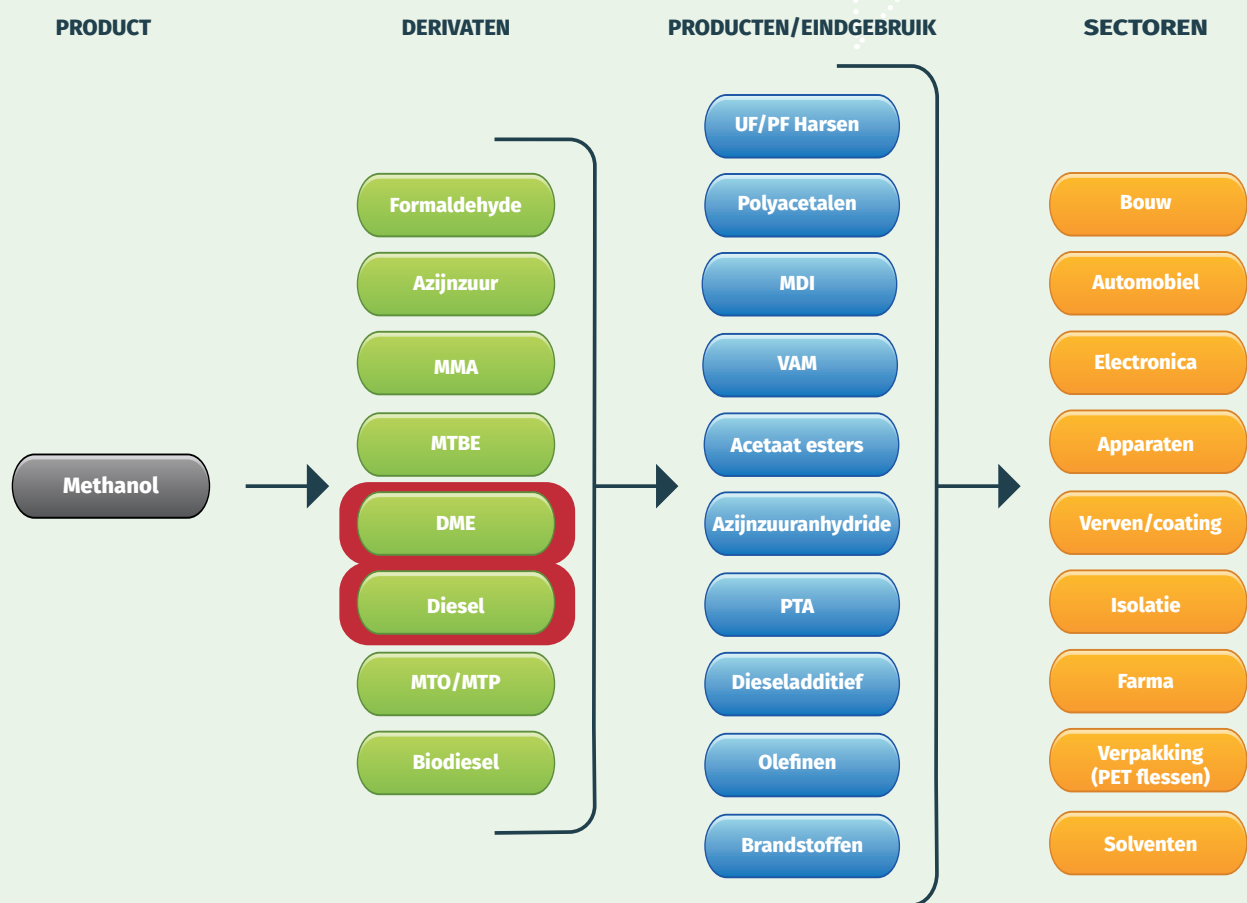
Synthese van waterstof en CO₂ tot groene methanol: power to methanol

Grote potentiële industriële afnemers van waterstof, en chemische producten (methanol, ammoniak) die op basis van waterstof, CO₂ en hernieuwbare energie kunnen worden geproduceerd

Methanol wordt sinds meerdere decennia geproduceerd door hydrogenatie van CO afkomstig uit fossiele bronnen zoals olie en aardgas.

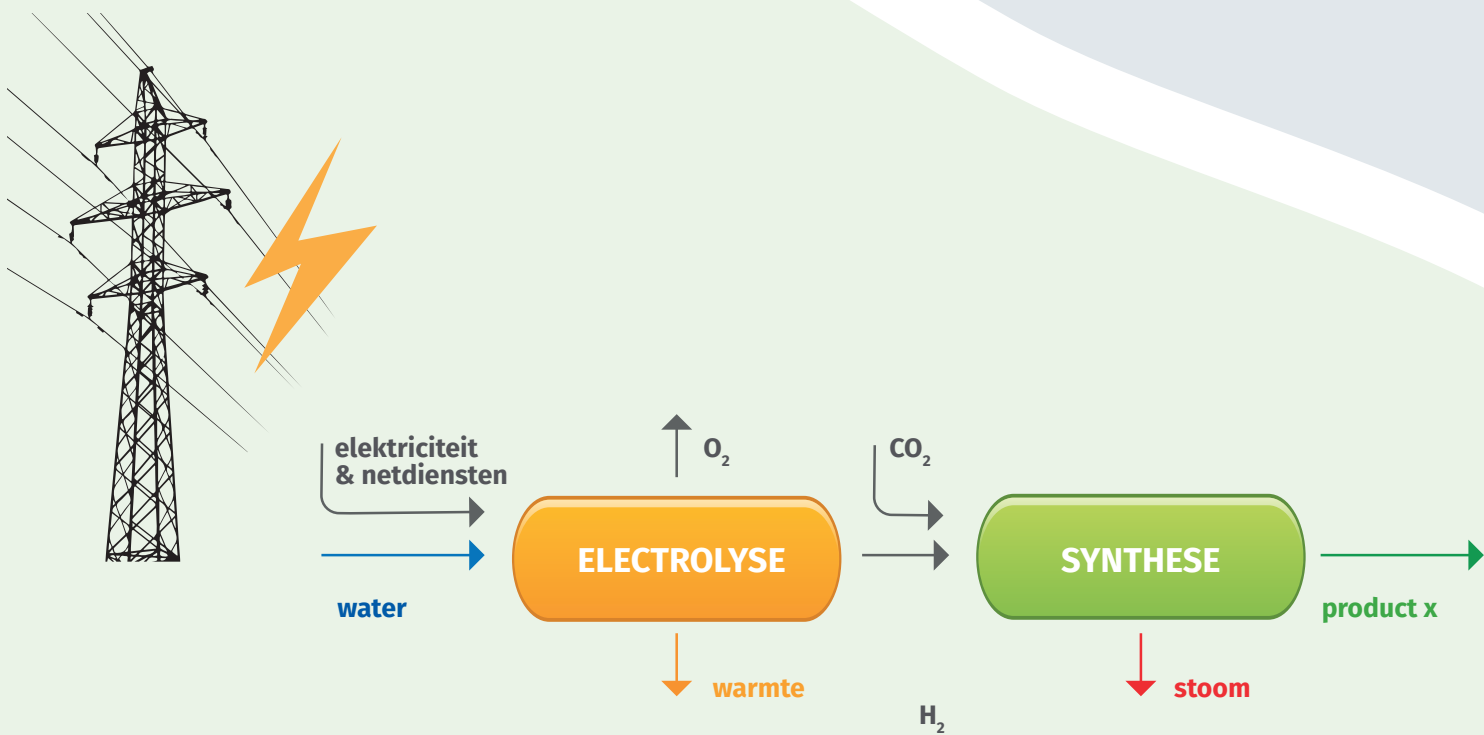
De wereldwijde vraag naar methanol bedraagt 90 miljoen ton/jaar, waarvan ongeveer 10 % in Europa.

Methanol is een basisproduct in de chemische industrie waaruit tal van andere chemische producten en brandstoffen worden geproduceerd (**Figuur 5**).



Figuur 5: toepassings-mogelijkheden van methanol.

Bron: National Gas Company



Figuur 6: schematisch overzicht van productie van groene methanol op basis van hernieuwbare elektriciteit.

Via een syntheseproces kunnen waterstof uit hernieuwbare energie, en CO₂ gecombineerd worden tot groene methanol (**Figuur 6**).

Het elektrolyseproces voor de productie van waterstof en zuurstof is van oudsher bekend. Tot hiertoe werd hoofdzakelijk de alkali-technologie gebruikt. De nieuwe PEM (Proton Exchange Membrane) technologie is in volle ontwikkeling en opent perspectieven voor een drastische verlaging van de productiekosten en verbetering van het energetisch rendement. Verschillende fabrikanten bieden deze technologie reeds aan op industriële schaal.

Methanol wordt o.a. gebruikt voor het produceren van biodiesel. Twee bedrijven in het Gentse havengebied zijn hierin actief. Een ander deel van de methanol kan in de haven worden aangewend in de productie van methylamines en erium formaldehyde concentraat.

Methanol, samen met LNG en ammoniak, wordt door de scheepvaartsector beschouwd als één van de alternatieve brandstoffen om in hun sector de klimaatdoelstellingen te bereiken ⁽⁹⁾.

In het havengebied van Gent is er heel wat scheepvaart en treinverkeer. Deze vervoersmodi gebruiken dieselolie als brandstof en daarbij komen grote hoeveelheden schadelijke emissies vrij. Deze kunnen o.a. vermeden worden door dieselolie te vervangen door groene methanol op korte termijn of waterstof op lange termijn. De nieuwere scheepsmotoren kunnen draaien op een mengsel van 95 % methanol en 5 % diesel. Afhankelijk van het type kunnen oudere motoren omgebouwd worden tot 'dual-fuel' motoren die tot 60 à 70 % van de nodige dieselolie kunnen inruilen voor groene methanol.

(9) Methanol as an alternative fuel for vessels, Maritime Knowledge Centre, TNO and TU Delft, Netherlands Maritime Land and Ministry of Economic Affairs , 2018

Naarmate het aandeel van intermitterende hernieuwbare energiebronnen in de totale elektriciteitsproductie groter wordt, stijgt ook de noodzaak om een deel van de opgewekte hernieuwbare energie onder één of andere vorm op te slaan. Er doen zich nu reeds situaties voor waarbij het aanbod van hernieuwbare energie groter is dan de momentane vraag naar elektriciteit (en verwacht wordt dat deze situatie frequenter zal voorkomen). De productie van waterstof en methanol op basis van hernieuwbare energiebronnen biedt hiervoor een oplossing. Methanol kan worden gebruikt als een vloeibare bron voor de opslag van H₂. Het voordeel is dat methanol vloeibaar is waardoor het makkelijker is op te slaan en te vervoeren onder vloeibare en atmosferische omstandigheden. Door de hogere energiedichtheid is het volume in vergelijking met waterstofgas veel beperkter.

4.4.

Synthese van waterstof en stikstof tot groene ammoniak

Momenteel verloopt de productie van ammoniak hoofdzakelijk op grote schaal via steam reforming van aardgas. Afhankelijk van het productieproces werd geraamd dat er ongeveer 1,7 ton CO₂ vrij komt per geproduceerde ton ammoniak.

Naast methanol kan ook groene ammoniak geproduceerd worden uit groene waterstof afkomstig uit hernieuwbare energie, via een syntheseproces met stikstof, waarbij geen CO₂ vrijkomt (het Haber proces ook gekend als Haber-Bosch process).

Door het gebruik van het Haberproces voor de productie van ammoniak vermijdt men dus de 1,7 ton CO₂ per geproduceerde ton ammoniak.

Het syntheseproces produceert ook warmte, die men kan recupereren en nuttig aanwenden.

In het havengebied van Gent worden grote hoeveelheden ammoniak gebruikt voor de productie van methylamines. Door de lokale productie en aanwending van ammoniak kan men de transportkosten en de veiligheidsrisico's die met dit transport gepaard gaan, beperken. Naar alle waarschijnlijkheid zullen de veiligheidsvoorschriften voor transport en opslag nog strenger worden. Dit betekent dat lokale productie gekoppeld aan direct gebruik en een beperkte opslag capaciteit meer gaat voorkomen.

Net als methanol, wordt, door de scheepvaartindustrie, het gebruik van ammoniak als alternatieve brandstof onderzocht. Daarnaast wordt ammoniak ook bekeken als bron voor H_2 opslag in tijden van overschot van hernieuwbare energie ⁽¹⁰⁾.

(10) Ammonia for power, Avalera-Medina et al, Progress in Energy and Combustion Science, 2018

4.5.

Nevenstromen: zuurstof en warmte

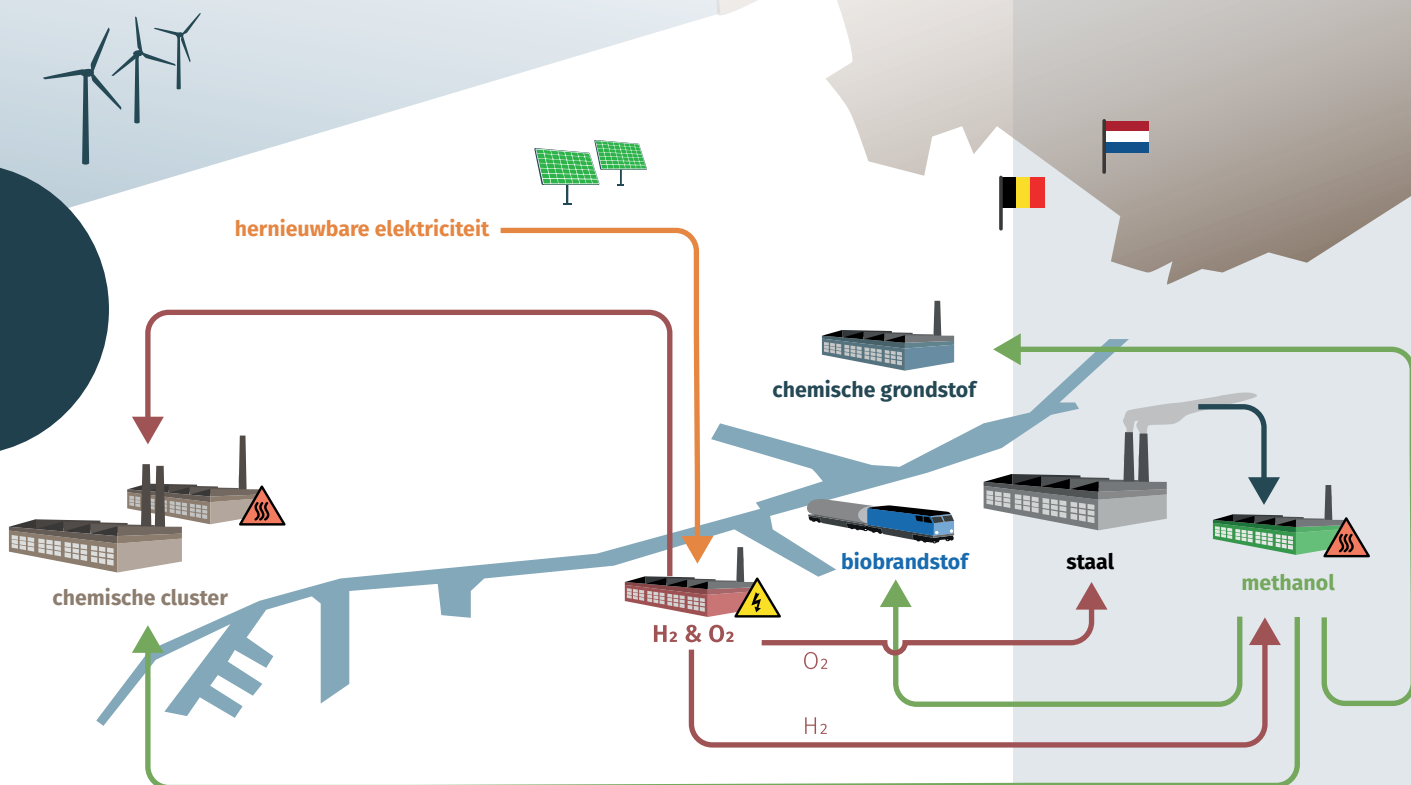
De productie van waterstof op basis van hernieuwbare energie gebeurt, zoals hierboven reeds aangehaald, door de elektrolyse van water. De elektriciteit die door de hernieuwbare energiebronnen wordt opgewekt, splitst een watermolecule (H_2O) in waterstof (H_2) en zuurstof (O_2). De vrijgekomen groene zuurstof kan worden gebruikt in de staalproductie in de haven van Gent, waar ze grijze O_2 vervangt die voor het ogenblik wordt geproduceerd op basis van 'grijze' elektrische energie gekoppeld aan CO_2 uitstoot.

Door de lokale aanmaak en gebruik van de beoogde producten kan ook de warmtehuishouding van de productieprocessen geoptimaliseerd worden. Bij het produceren van methanol en ammoniak komt warmte vrij. Deze kan aangewend worden in processen die warmte nodig hebben: de opvang en zuivering van CO_2 en de productie van methylamines. De restwarmte van het elektrolyseproces kan gebruikt worden voor verschillende droogprocessen.

Integratie productieprocessen volgens circulair model

DE CCU-STRATEGIE VOOR HET HAVENGEBIED VAN GENT ILLUSTRÉERT OP TREFFENDE WIJZE HOE EEN CIRCULAIR ECONOMISCH MODEL IN WERKELIJKHEID KAN GEREALISEERD WORDEN DOOR INTEGRATIE VAN DE PRODUCTIEPROCESSEN EN NEVENSTROMEN AAN TE WENDEN.

5



De CO₂ die door de lokale industrie wordt uitgestoten, wordt afgevangen en samen met eveneens lokaal geproduceerde waterstof gebruikt als grondstof voor de productie van methanol en ammoniak. Deze producten worden op hun beurt gebruikt als grondstof in bedrijven in het havengebied van Gent. Op die manier spaart men transportkosten uit, en beperkt men de veiligheidsrisico's die verband houden met het transport.

De CCU strategie omvat vier productieprocessen en sites namelijk voor **(1)** de productie van waterstof/zuurstof, **(2)** de afvang van koolstofdioxide, **(3)** de productie van methanol en **(4)** de productie van ammoniak. Door de oordeelkundige locatie van deze vier productieprocessen en deze onderling te verbinden via bijvoorbeeld pijpleidingen, dienen de voordelen van de integratie maximaal te worden bewerkstelligd:

- **(1)** Waterstof en zuurstof worden geproduceerd op de plaats waar grote hoeveelheden hernieuwbare energie beschikbaar zijn: de site van Rodenhuize. Via relatief korte pijpleidingen kunnen H₂ en O₂ naar de sites gebracht worden die deze grondstoffen nodig hebben. De vrijkomende warmte van het elektrolyseproces kan gebruikt worden voor droogprocessen.

- **(2) (3)** De CO₂ wordt in Knippegroen opgevangen aan de bron en na zuivering direct gebruikt als grondstof voor methanol. Op die manier hoeft geen CO₂ getransporteerd te worden. Tevens kan de vrijgekomen warmte uit de productie van methanol op de locatie gebruikt worden in het proces van afvang en zuivering van CO₂.
- **(4)** De productie van ammoniak gebeurt op de site waar methylamines worden gemaakt. Ammoniak wordt het beste, op basis van veiligheidsrisico's, in tegenstelling tot methanol, geproduceerd bij de afnemer. Bij de productie van ammoniak komt warmte vrij, en die kan nuttig gebruikt worden voor de aanmaak van methylamines. Op dit ogenblik wordt aardgas gebruikt om de nodige warmte op te wekken; door deze te vervangen door gerecupereerde warmte kan de CO₂-uitstoot door het gebruik van aardgas vermeden worden.

Tenslotte wordt de nodige elektrische energie voor de aandrijving van pompen, compressoren en andere apparaten in al deze processen eveneens betrokken uit hernieuwbare energie.

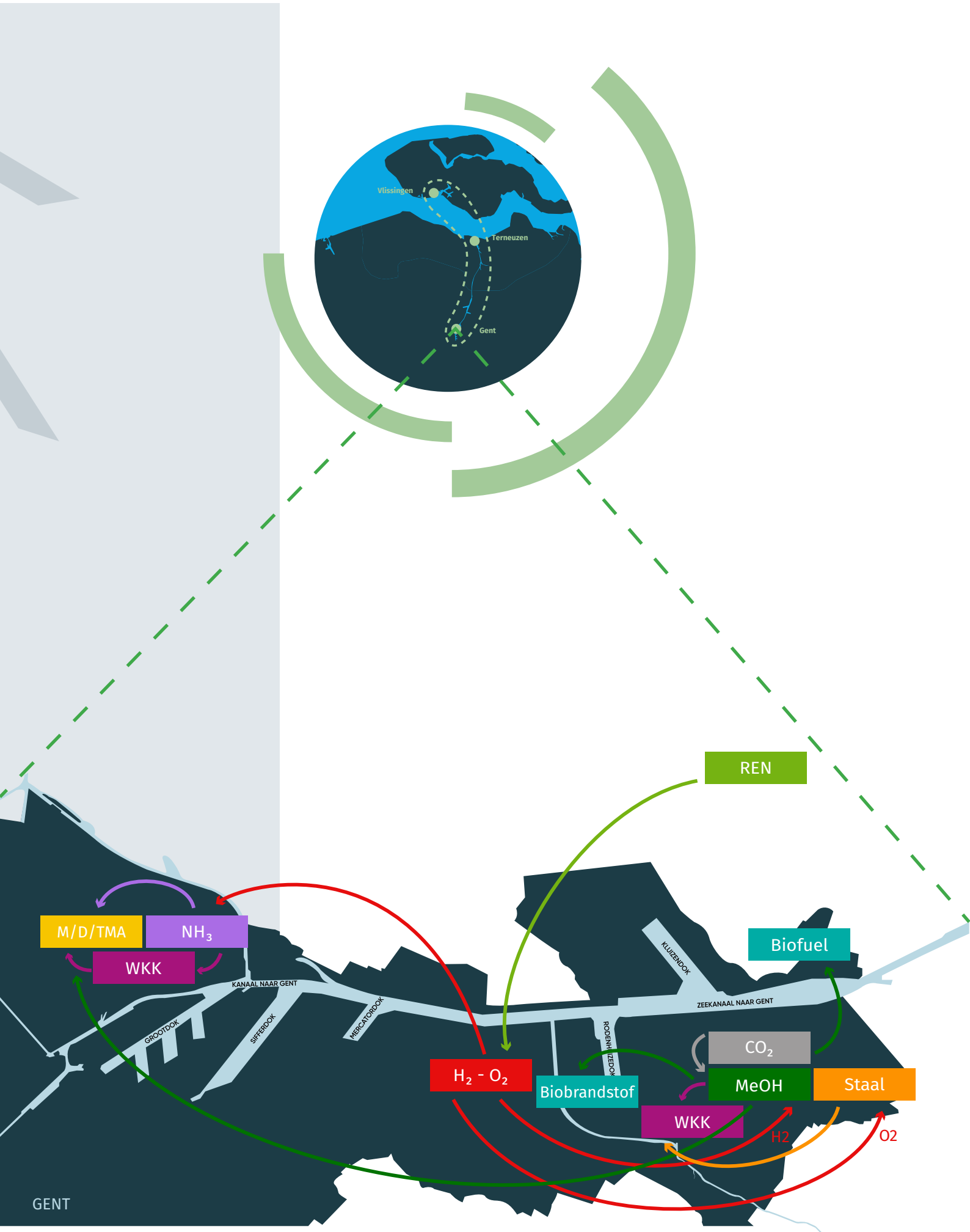
De grondstofstromen en de onderlinge integratie worden voorgesteld in **figuur 7**.

De productie van deze groene grond- en brandstoffen gaat gepaard met een jaarlijkse CO₂ afvang van 120.000 ton per jaar, en zorgt voor een bijkomende vermeden CO₂-uitstoot van 342.000 ton per jaar. Het globale resultaat is een equivalente vermindering van de CO₂ uitstoot (de som van de vermeden en de afgevangen CO₂) van 462.000 ton per jaar.

Er dient te worden opgemerkt dat bij de realisatie van de onderlinge verbindingen ook andere bedrijven kunnen worden betrokken, die in deze voorstudie niet zijn meegenomen. Deze vermeden en afgevangen CO₂ volumes kunnen dus nog hoger uitvallen bij verdere integratie en rationalisatie van de activiteiten op het grondgebied van North Sea Port.

REN	Hernieuwbare energie - Windmolenparken Noordzee – 300 MW - 1300 GWh/j
H ₂ - O ₂	Elektrolyse – Waterstof (H ₂) 41.500 ton/j – Zuurstof (O ₂) 330.000 ton/j – Site Rodenhuize
CO ₂	Captatie koolstofdioxide – 120.000 ton/j – site Arcelor Mittal / Knippegroen
MeOH	Productie groene methanol – 180.000 ton/j – vermeden CO ₂ -uitstoot 265.000 ton/j
NH ₃	Productie groene ammoniak – 45.000 ton/j – vermeden CO ₂ -uitstoot 77.000 ton/j
Biobrandstof	Productie Biobrandstof
Staal	Productie Staal
M/D/TMA	Productie Methylamines
WKK	Integratie Warmtestromen

Figuur 7: Mogelijk scenario voor ruimtelijke indeling van de verschillende onderdelen van een geïntegreerde CCU-hub in het Gentse deel North Sea Port.



Kosten/opbrengsten model: Power to methanol

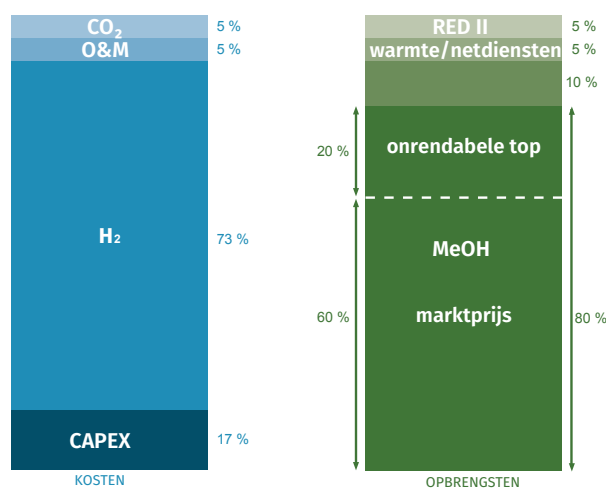
VOLDOENDE SCHAALEFFECT HEeft EEN DUBBEL VOORDEEL: ER WORDEN AANZIENLIJKE HOEVEELHEDEN CO₂ OPGEVANGEN EN VERWERKT, EN DE KOSTEN PER EENHEID GEPRODUCEERDE GROENE GROND- EN BRANDSTOFFEN LIGT AANZIENLIJK LAGER.

Voor de productie van waterstof, zuurstof, methanol, en voor het capteren van koolstofdioxide werd een eerste kosten/opbrengsten model uitgewerkt op basis van een aantal aannames: jaarlijkse afvang van 120 000 ton CO₂, productie van 41 500 ton H₂ en 330 000 ton O₂.

De bouw van de 4 productie-eenheden vertegenwoordigt een totale investering door de energie-en chemische industrie van ongeveer € 500 miljoen. Uit de resultaten blijkt dat de kosten voor productie, opslag,

compressie, transport van 'groene' waterstof uit hernieuwbare energie, als grondstof voor lokale productie van 'groene' methanol, bepalend zijn voor de productiekosten.

6



Figuur 8: Globaal overzicht van het kosten/baten model voor de productie van methanol uit hernieuwbare energie en afgevangen CO₂ in North Sea Port. (O&M = Operation & Maintenance; RED II = Renewable Energy Directive)

Uit de analyse (zie figuur 8) blijkt dat de kostprijs van 'groene' methanol momenteel niet kan concurreren met de marktprijs van 'grijze' methanol die uit fossiele grondstoffen wordt gewonnen (aardgas of steenkool). Door het valoriseren van de O₂ stroom en warmterecuperatie voor industriële processen en door de regulering in Renewable Energy Directive II kan de onrendabele top, het verschil tussen kostprijs en marktprijs, beperkt blijven tot 20 %.

De bovenvermelde processen voor de productie van waterstof, methanol (en ammoniak) hebben een hoge

TRL (Technology Readiness Level) niveau, vragen geen lange ontwikkelingsfase en worden reeds op industriële schaal toegepast. De vermelde industriële processen hebben reeds de nodige maturiteit, maar er zijn specifieke aanpassingen nodig om de processen te laten samenwerken, op de juiste schaal en op maat gemaakte lokale productie-eenheden.

Door verdere optimalisering en verbetering van de productieprocessen verwachten experts dat de 'gap' in de toekomst zal verminderen. Een vergelijkbare evolutie heeft zich voorgedaan in de ontwikkelingsfase van windturbines en zonnepanelen. Aanvankelijk was de kostprijs van hernieuwbare energie uit zon en wind aanzienlijk hoger dan de marktprijs van elektriciteit, en was een ondersteunende subsidiepolitiek nodig. In de loop van de jaren zagen innoverende technologieën het licht en werden windturbines en zonnepanelen op grote schaal geproduceerd. Hierdoor konden de subsidies geleidelijk afgebouwd worden. Op dit ogenblik worden in Europa de eerste windparken op zee gebouwd, die subsidievrij hernieuwbare elektriciteit produceren.

Een gelijkaardig tijdelijk ondersteunend beleid, om het verschil in kostprijs tussen 'groene' methanol en ammoniak en de marktprijs te overbruggen, is ook voor de realisatie van CCU strategie in het havengebied van Gent nodig. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren via een

hogere compensatie voor onder andere de gecapteerde en vermeden CO₂, en vermeden transportkosten.

In deze studie is nu hoofdzakelijk gekeken naar aanwenden van de geproduceerde methanol voor chemische productieprocessen waarbij bedrijven op de wereldmarkt op prijs concurreren. Een route die in deze studie niet volledig is uitgewerkt is het directe gebruik van methanol of methanol gebaseerde brandstoffen voor lokaal zwaar transport (treinen, scheepvaart, havenkranen, etc). Hierbij zouden lokale steuninstrumenten kunnen helpen een eerste investering op te zetten zodat de economie van de grond komt en later schaalvoordelen behaald kunnen worden.

Toekomstige ontwikkelingen

Daarnaast wordt verwacht dat door het opzetten van een circulaire CO₂ economie andere producten uit H₂, CO₂ en O₂ gemaakt kunnen worden die een hogere marktwaarde bezitten dan methanol. Anderzijds kan de methanol ook verder worden omgezet naar producten met een hogere marktwaarde. Deze routes zijn in dit werk niet verder uitgewerkt daar het niet om technologieën gaat die momenteel nog in de O&O-fase zitten.



Conclusies en aanbevelingen

DE BEDRIJVEN DIE ONDER HET EU EMISSIONS TRADING SYSTEM (ETS) VALLEN EN ANDERE ENERGIE-INTENSIEVE BEDRIJVEN IN HET GRENSOVERSCHRIJDENDE HAVENGEBIED VAN NORTH SEA PORT STAAN VOOR ENORME UITDAGINGEN OM DE EUROPESE KLIMAAT- EN ENERGIEDOELSTELLINGEN 2030 TE BEREIKEN. MEER CONCREET HET TERUGDRINGEN VAN DE EMISSIES MET 43 % TEN OPZICHTE VAN 2005.

Bij deze bedrijven zal de uitrol van Carbon Capture en Utilisation (CCU) processen, waarbij CO₂ wordt afgevangen en gebruikt om nieuwe chemische producten en brandstoffen te produceren, een grote rol spelen.

Het nastreven van de klimaatdoelstellingen tegen 2030 en 2050 zal tevens gepaard gaan met een indringende energietransitie, zowel voor de opwekking van energie op basis van hernieuwbare energiebronnen, als voor de toenemende elektrificatie van de maatschappij, inclusief de industrie. Voor de opwekking van hernieuwbare energie wordt meestal de opwekking van elektriciteit uit natuurlijke bronnen (wind, zon, geothermie, waterkracht...)

bedoeld. Deze hebben echter in grote mate een onvoorspelbaar karakter, gepaard met bijhorende problemen voor het beheer en de opslag van de energie. Er wordt dan ook globaal gezocht naar geschikte energiedragers die deze problemen kunnen opvangen zoals batterijen maar ook waterstof en synthetische brandstoffen.

De creatie van een CCU-hub in het havengebied biedt buitengewone en unieke mogelijkheden om de uitstoot van CO₂ op grote schaal te verminderen, via een Carbon Capture & Utilisation strategie gebaseerd op hernieuwbare energie.

Het havengebied heeft een aantal (unieke) lokale troeven om een grootschalig CCU-programma te realiseren volgens een circulair model:

- Toegang tot hernieuwbare elektriciteit uit windmolenparken in de Noordzee via het bestaand hoogspanningsnet, waarmee waterstof via elektrolyse kan worden geproduceerd.
- De beschikbaarheid van wind- en zonne-energie waarbij waterstof (H₂) de aangewezen energievectoren is.
- Belangrijke kwaliteitsvolle CO₂ en CO bronnen, in relatief hoge concentraties en grote volumes
- Potentieel grote industriële afnemers van chemische producten en e-fuels (methanol, ammoniak), die op basis van waterstof, CO₂ en hernieuwbare energie kunnen worden geproduceerd. De mogelijkheid om (warmte-) reststromen en zuurstof (uit elektrolyse) nuttig aan te wenden.
- Een intense logistieke activiteit: vervoer langs de weg, het spoor en het water die een potentiële markt voor H₂, chemische producten en e-fuels vormt.
- Voldoende schaafeffect heeft het voordeel dat er aanzienlijke hoeveelheden CO₂ opgevangen en verwerkt worden; en daardoor ligt de kostprijs per eenheid geproduceerde groene grond- en brandstoffen aanzienlijk lager.

Op de industriële sites worden de vier productie-eenheden door locatiekeuze en de onderlinge verbindingen (via bijvoorbeeld pijpleidingen) maximaal geïntegreerd: **(1)** de productie van waterstof/zuurstof, **(2)** de afvang van koolstofdioxide, **(3)** de productie van methanol en **(4)** de productie van ammoniak. Door het afstemmen van de warmtebehoeften en het valoriseren van de O₂ nevenstroom wordt de verdere uitbouw van een circulair model bewerkstelligd.

De CCU-hub strategie omvat meer concreet:

- **(1)** Waterstof en zuurstof worden geproduceerd op de plaats waar grote hoeveelheden hernieuwbare energie beschikbaar zijn: de site van Rodenhuize. Via relatief korte pijpleidingen kunnen H_2 en O_2 naar de sites gebracht worden die deze grondstoffen nodig hebben. De vrijkomende warmte van het elektrolyseproces kan gebruikt worden voor bv. droogprocessen.
- **(2) (3)** De CO_2 wordt in Knippegroen opgevangen aan de bron en na zuivering direct gebruikt als grondstof voor methanol. Op die manier hoeft geen CO_2 getransporteerd te worden. Tevens kan de vrijgekomen warmte uit de productie van methanol op de locatie gebruikt worden in het proces van afvang een zuivering van CO_2 .
- **(4)** De productie van ammoniak gebeurt op de site waar methylamines worden gemaakt. Ammoniak wordt het beste, op basis van veiligheidsrisico's, in tegenstelling tot methanol, geproduceerd bij de afnemer. Bij de productie van ammoniak komt warmte vrij, en die kan nuttig gebruikt worden voor de aanmaak van methylamines.

Het globale resultaat is een equivalente vermindering van de CO_2 uitstoot van 462.000 ton per jaar (=de som van de vermeden en de afgevangen CO_2)

De bouw van de 4 productie-eenheden vertegenwoordigt een totale investering door de energie-, staal-, en chemische industrie van ongeveer € 500 miljoen. Uit een eerste kosten/ opbrengsten analyse blijkt dat de kosten voor productie, opslag, compressie, transport van 'groene' waterstof uit hernieuwbare energie, als grondstof voor lokale productie van 'groene' methanol, bepalend zijn voor de productiekosten. De kostprijs van 'groene' methanol kan momenteel niet concurreren met de marktprijs van 'grijze' methanol die uit fossiele grondstoffen wordt gewonnen (aardgas of steenkool). Door het valoriseren van de O_2 stroom en warmterecuperatie voor industriële processen en door de regulering in Renewable Energy Directive II kan de onrendabele top, het verschil tussen kostprijs en marktprijs, beperkt blijven tot 20 % **(zie figuur 8)**.

De vermelde industriële processen hebben reeds de nodige maturiteit, maar er zijn specifieke aanpassingen nodig om de processen te laten samenwerken, op de juiste schaal en op maat gemaakte lokale productie-eenheden. Door verdere optimalisering en verbetering van de productieprocessen verwachten experts dat de onrendabele top in de toekomst zal verminderen. Een vergelijkbare evolutie heeft zich voorgedaan in de ontwikkelingsfase van windturbines en zonnepanelen, waarbij initieel een ondersteunend beleid nodig was. Op dit ogenblik worden de eerste windparken op zee gebouwd, die hernieuwbare elektriciteit aan marktconforme kosten kunnen produceren.

Een tijdelijk ondersteunend Vlaams beleid om het verschil tussen de productiekosten en de marktprijzen te overbruggen, is voor de industriële realisatie van de CCU-hub in het havengebied van Gent nodig.

De uitbouw van een excellerende CCU-hub met gerealiseerde waardeketens is een ambitieus en langdurig traject waarbij alle stakeholders zullen dienen samen te werken.

Hierbij zal ook moeten gekeken worden naar versterkende grensoverschrijdende samenwerking voor de verdere uitbouw van de CCU-hub.

Deze verkennende studie heeft aangetoond dat de aanbodzijde op technisch en ruimtelijk vlak voldoende schaalgrootte heeft om haalbaar te zijn. Door de hogere productiekosten in vergelijking met huidige marktprijzen voor producten van fossiele oorsprong kunnen de groene C-producten nog niet concurreren en zullen economische randvoorwaarden tijdelijk moeten worden aangepast totdat de CCU-hub een voldoende schaalgrootte en economische leercurve heeft doorgemaakt.

Contact

STAD GENT

Barbara Govaert

barbara.govaert@stad.gent



NORTH SEA PORT

Thomas Desnijder

thomas.desnijder@northseaport.com



PROVINCIALE ONTWIKKELINGSMAATSCHAPPIJ

Linda Verdonck

linda.verdonck@pomov.be



UGENT

Simon De Corte

simon.decorte@UGent.be



CAPTURE

Korneel Rabaey

korneel.rabaey@UGent.be



BBEPP

Hendrik Waegeman

hendrik.waegeman@bbeu.org



Dit rapport is opgemaakt in samenwerking met bovenvermelde partijen.

De verkennende studie werd uitgevoerd door
mei 2019

aet
advanced energy technologies