



# Effectiviteitsanalyse van Carbon Capture and Utilization (CCU) productketens

*Eindrapportage*

## **HANDELINGSPERSPECTIEF VOOR PROVINCIE ZUID-HOLLAND**

➤ TNO: ANNA SCHWARZ, TOON VAN HARMELEN

&FLUX: THEA KAMPERT, PETRUS POSTMA

JANUARI 2022

## › INHOUD

# EFFECTIVITEITSANALYSE VAN CARBON CAPTURE AND UTILIZATION (CCU) PRODUCTKETENS

1. Inleiding
2. Management samenvatting
3. Analyse huidig CCU landschap in de provincie Zuid-Holland
4. Resultaten LCA relevante CCU-ketens
5. Toelichting analyse per CCU-keten
6. CCU beleidsaanbevelingen provincie Zuid-Holland
7. Bijlages

Ga [naar](#) 

Ga [naar](#) 

Ga [naar](#) 

Ga [naar](#) 

Ga [naar](#) 

Ga [naar](#) 

Ga [naar](#) 

## › INLEIDING

# WAAROM EEN BELEIDS- EN HANDELINGSPERSPECTIEF VOOR CCU IN PROVINCIE ZUID-HOLLAND?

- › De Zuid-Hollandse economie draait voor een belangrijk deel op koolstofstromen van fossiele oorsprong. Dat geldt in ieder geval voor de glastuinbouw, de brandstoffenmarkt en de chemische industrie. Ook in de grondstoffenmarkt voor de bouw speelt dit nog een belangrijke rol. En uiteraard in het hele systeem van kennisontwikkeling en innovatie daar omheen.
- › Naast de energietransitie moeten ook deze grondstoffenstromen verduurzaamd worden (in lijn met het Klimaatakkoord) om te voorkomen dat van oorsprong fossiele koolstof uiteindelijk in de vorm van CO<sub>2</sub> als broeikasgas in de atmosfeer beland. Dit gebeurt momenteel bij de productie van materialen, door consumptie ervan en door verbranding en verwerking van (vooral fossiele) materialen.
- › Willen we onze economische pijlers in stand houden, dan moeten we alternatieve koolstofbronnen vinden, die energie-efficiënt ingezet kunnen worden. Biomassa en recycling gaan deze vraag nooit dekken. We moeten dus op een slimme manier gebruik gaan maken van CO<sub>2</sub> uit afvalverwerking, (secundaire) biomassa en uiteindelijk CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer (via Direct Air Capture technologie).
- › In de komende jaren zal in Brussel beleid geformuleerd worden op Carbon Capture and Utilization (CCU). Wil Zuid-Holland haar competitieve voordeel behouden, dan zal zij nu moeten inzetten op een proactief CCU beleid, passend in het economisch profiel van de provincie en sneller dan andere regio's.
- › Op die manier gaat CCU in provincie Zuid-Holland niet alleen bijdragen aan een substantiële emissiereductie, maar vooral ook aan een toekomstbestendige economie.



# *Management samenvatting*

➤ **CCU IN ZUID-HOLLAND**



## › MANAGEMENT SAMENVATTING

# CCU LANDSCHAP IN PROVINCIE ZUID-HOLLAND

- In Provincie Zuid-Holland zien we veel CO<sub>2</sub>-bronnen (AVR, Shell, etc.), een aantal Carbon Capture and Utilization (CCU) technologieleveranciers met ambities in Zuid-Holland (Coval Energy, Avantium, etc.), en slechts enkele CO<sub>2</sub>-gebruikers (glastuinbouw, Deep Branch, Zenid en ZEF).
- Vergeleken met andere regio's in Nederland heeft Zuid-Holland daarmee (nog) geen voorsprong op het gebied van CCU, ondanks de plannen voor of aanwezigheid van een CO<sub>2</sub>-infrastructuur (OCAP, Porthos (nu nog voor Carbon Capture and Storage (CCS))).
- Verdere analyse toont dat er genoeg inzet is op innovatie(subsidies), maar nog niet op grootschalige uitrol van technologie.
- Omdat de CCU markt dus eigenlijk nog nauwelijks bestaat (m.u.v. de glastuinbouw), zien we ook nog weinig tot geen partijen die actief hun CO<sub>2</sub> aanbieden voor hergebruik, of spelers in de markt die specifiek om producten vragen waarin CO<sub>2</sub> is vastgelegd.
- Kritieke succesfactoren voor deze markt zijn:
  - 1) Vervangen van bestaande productieprocessen door grote bedrijven (vindt plaats achter 'het hek');
  - 2) Een duidelijke publiek-private samenwerking met als missie 'we are here to land your business' voor nieuwe startups en technologieën, bijv. via het IQ/Deltalinqs/CTD initiatief (i.t.t. private samenwerkingen in andere industriële clusters);
  - 3) Beleidsmatige en financiële randvoorwaarden voor succesvolle uitrol van CCU vanuit EU en NL (worden pas dit en komende jaren vastgesteld, bijv. in RED II, EU-ETS en SDE++).
- Concluderend stellen we vast dat het op dit ogenblik een prima momentum is voor Zuid-Holland om haar positie te kiezen; dat het daarbij wel zaak is om goed te kunnen onderbouwen waarom Zuid-Holland welke CCU-ketens wil ondersteunen vanuit milieu, technisch en economisch perspectief, en dat dit rapport daar een aanzet voor doet.

# MANAGEMENT SAMENVATTING

## BESCHOUWDE CCU PRODUCTEN EN PROCESSEN

- 12 CCU ketens zijn doorgerekend met een levenscyclus perspectief, waarbij Levenscyclusanalyse (LCA) methodiek wordt gebruikt.
- De doorrekening start bij de afvang van de CO<sub>2</sub>, en loopt door tot het ‘einde leven’ van het gemaakte product (waarbij de CO<sub>2</sub> terug gaat naar de atmosfeer, of wordt opgeslagen in een product).
- De LCA is inclusief energie, materialen van de installatie, oplosmiddelen, water, overige grondstoffen en vermeden producten.

### Doorgerekende CCU ketens

Brandstof: DME

Brandstof: Kerosine (Fischer-Tropsch)

Brandstof: Methanol

Chemie: Koolstofmonoxide

Chemie: Kunststoffen (ethyleen)

Chemie: Methanol

Chemie: Mierenzuur

Mineralisatie: Bouwmateriaal bodemassen

Mineralisatie: Opslag mineraal

Voeding: Eiwitsynthese

Voeding: Glastuinbouw (OCAP)

Referentie: CCS

- Voor deze twaalf ketens zijn 2 scenario's doorgerekend:

| Scenario's   | Bron            | EoL                               | Elektriciteit | Warmte            | Waterstof |
|--------------|-----------------|-----------------------------------|---------------|-------------------|-----------|
| Fossiel      | Aardgascentrale | Standaard (emissie of e-recovery) | Huidige mix   | Aardgas           | Grijs     |
| Hernieuwbaar | DAC             | Circulair                         | Duurzaam      | Biogeen secundair | Groen     |



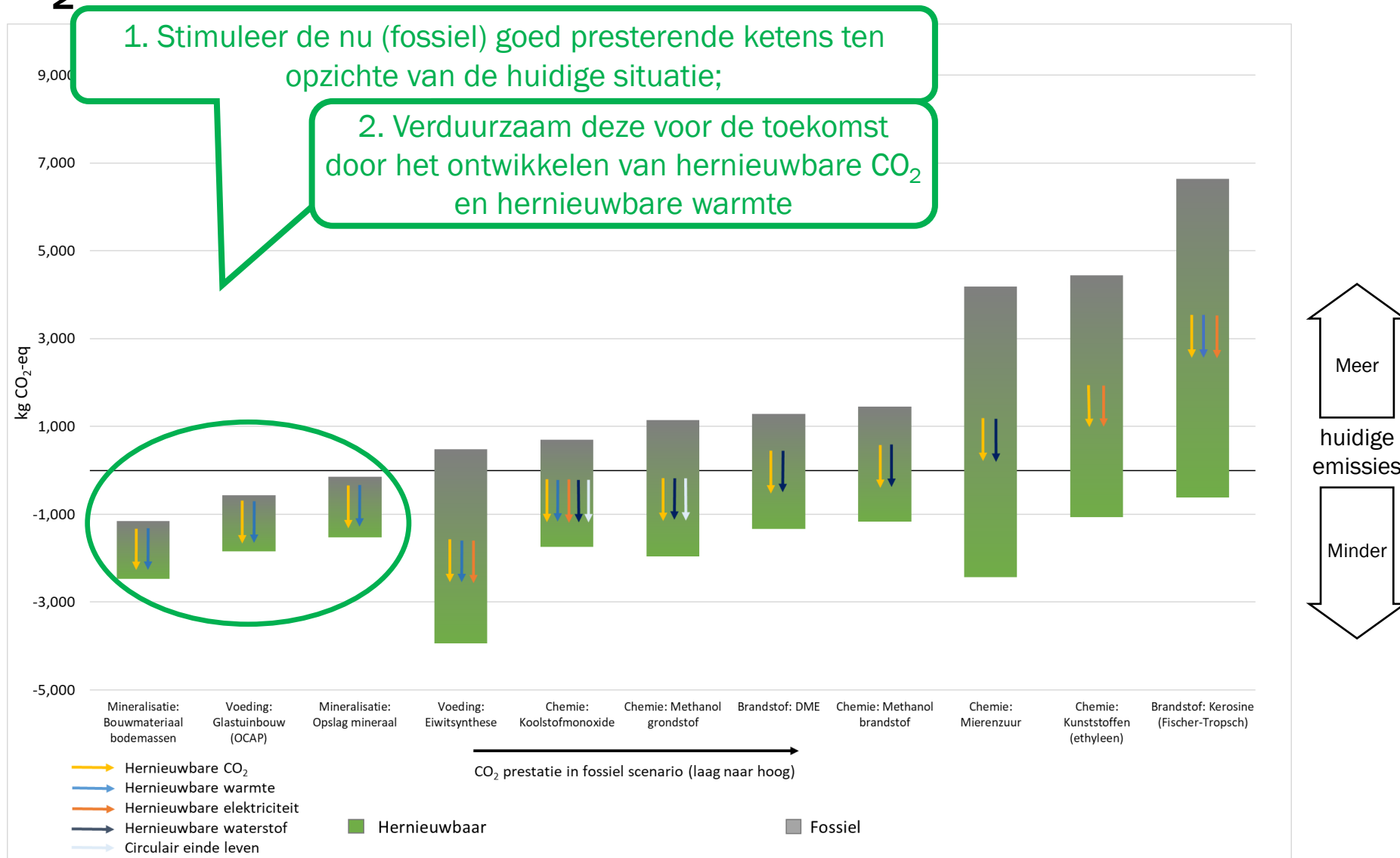
# › MANAGEMENT SAMENVATTING

## LCA-ANALYSE

- De LCA heeft als doel om inzicht te bieden in de (mogelijke) CO<sub>2</sub>-emissies van CCU voor een aantal sterk variërende productketens. Dit wordt gedaan in samenhang op systeemniveau en met proceskeuzes in elke ketenstap.
- Functionele eenheid: **Het afvangen en omzetten en maken van producten van 1 ton afgevangen CO<sub>2</sub>, inclusief het afvalscenario (end-of-life) van het gemaakte product.**
- Perspectief korte termijn: vermindering van de huidige CO<sub>2</sub> uitstoot door middel van een schonere CCU-technologie, met vermijden van conventionele productie en emissie van product0.
- Perspectief lange termijn: vermijden van CO<sub>2</sub>-emissies naar atmosfeer in absolute zin, d.m.v. hernieuwbare koolstof en energie.
- In het korte termijn scenario is voor de meeste CCU-productketens een hoge(re) CO<sub>2</sub>-emissie t.o.v. de huidige conventionele situatie a.g.v. de grote hoeveelheid benodigde elektriciteit / warmte / waterstof. Uitzondering zijn mineralisatie & glastuinbouw, die CO<sub>2</sub> emissies reduceren (door weinig energiebehoefte in de keten). Verduurzaming van de keten maakt dit effect sterker.
- In het hernieuwbare, lange termijn scenario zijn groene CO<sub>2</sub>, groene energie en de sluiting van materiaalketens (de opslag van koolstof) doorslaggevend om CO<sub>2</sub>-negatief of 'slechts' CO<sub>2</sub>-reducerend te zijn. CO<sub>2</sub>-negativiteit lukt voor vier productketens: mineralisatie in bouw materiaal en via opslag, koolstofmonoxide en methanol in de chemie.
- Aanbeveling n.a.v. LCA: start met de nu (fossiel) goed presterende ketens ten opzichte van de huidige situatie; verduurzaam deze voor de toekomst door het ontwikkelen van hernieuwbare CO<sub>2</sub> en hernieuwbare warmte. Ontwikkel voor de lange termijn ook opties die pas met ketenverduurzaming goed presteren of geen alternatief hebben (brandstoffen, voeding). Ontwikkel hiervoor hernieuwbare waterstof infrastructuur. Focus voor CCU niet op hernieuwbare elektriciteit; dit heeft slechts beperkt effect op de CO<sub>2</sub>-emissie reductie in de relevante ketens.

# MANAGEMENT SAMENVATTING

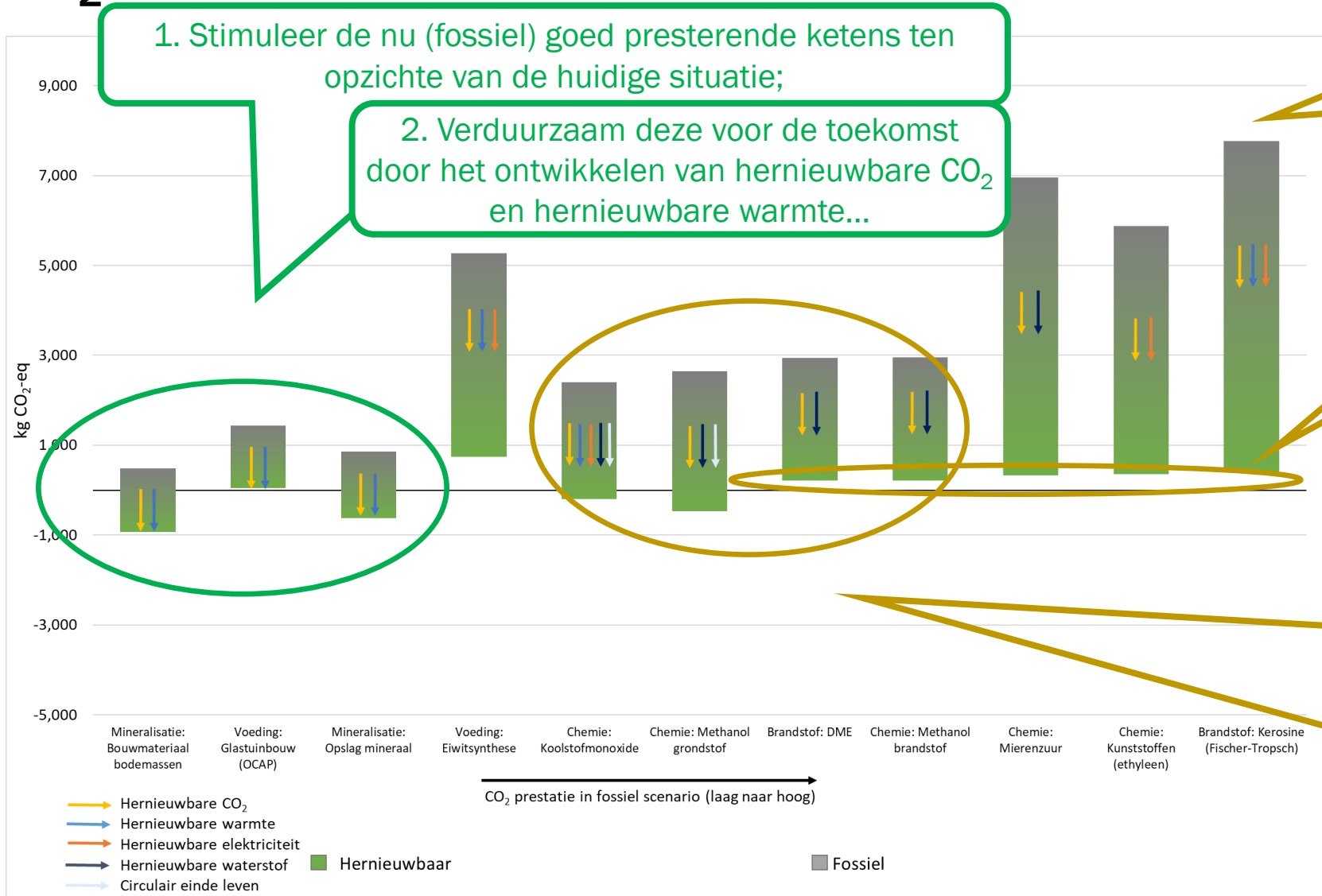
## CO<sub>2</sub>-PRESTATIE RELATIEF TEN OPZICHTE VAN HUIDIGE SITUATIE





## MANAGEMENT SAMENVATTING

## CO<sub>2</sub>-EMISSIONS NAAR DE ATMOSFEER: ABSOLUUT



...want geen enkele fossiele CCU productketen leidt tot een absolute daling van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer

...restemissie van fossiele technologie infrastructuur

3. Ontwikkel voor langere termijn ook opties die pas met ketenverduurzaming scoren of geen alternatief hebben;  
ontwikkel daarvoor hernieuwbare waterstof infrastructuur;  
focus voor CCU niet op hernieuwbare elektriciteit

# › MANAGEMENT SAMENVATTING

## TOELICHTING LCA-ANALYSE PER CCU-KETEN

- Dat CCU-routes op lange termijn een (kleine) footprint blijven hebben (a.g.v. restemissies fossiele technologie infrastructuur), is begrijpelijk en acceptabel als: 1) de conventionele productieroutes slechter scoren, of: 2) deze footprint elders gecompenseerd wordt.
- Gekozen is voor de huidige meest volwassen CCU productieprocessen, wat niet noodzakelijk de beste hoeven te zijn. Alle processen bevinden zich nog in een (vroeg) ontwikkelstadium, waardoor de onzekerheden rond de technologieprestatie nog groot zijn.
- Brandstoffen: Brandstoffen zijn moeilijk helemaal CO<sub>2</sub>-neutraal te maken, omdat emissies bij gebruik vrijkomen. Er is waarschijnlijk geen grote markt voor CCU-brandstoffen in Zuid-Holland, omdat deze elders goedkoper geproduceerd kunnen worden, daar waar meer en goedkopere groene CO<sub>2</sub> beschikbaar is. Echter is er een belangrijke rol voor provincie Huid-Holland in technologieontwikkeling van nieuwe vormen van duurzame brandstoffen, internationaal vermarkten daarvan en de doorvoer van elders geproduceerde duurzame brandstoffen.
- Chemie: met name voor CO en methanol (bij chemisch gebruik) is er een interessante markt. Niet alle chemische ketens presteren even goed qua footprint, en de uitdaging is voldoende groene CO<sub>2</sub> en duurzame energie voor productie beschikbaar te hebben. Deze routes passen goed bij het huidig productiecluster en vermijden stranded assets.
- Mineralisatie: met name voor bouwmaterialen is er een grote nog onderontwikkelde markt die ondersteund moet worden om de potentie – ook in negatieve emissies – waar te maken. Met mineralisatie kan een flink negatieve CO<sub>2</sub> footprint worden behaald.
- Voeding: De synthese van eiwitten met CO<sub>2</sub> is een interessante nieuwe markt in opkomst, in combinatie met andere biochemische routes. Het leveren van CO<sub>2</sub> aan glastuinbouw blijft nodig en is pure noodzaak vanuit milieu en economisch perspectief. Met deze manier van voeding produceren kunnen ook andere milieuproblemen worden verminderd (stikstof, landgebruik, toxiciteit).
- Schaarste aan groene CO<sub>2</sub> zou het aantal mogelijke toepassingen voor CCU kunnen beperken. Op lange termijn is Direct Air Capture (DAC) daarvoor wellicht de sleutel, omdat secundaire biogene CO<sub>2</sub> stromen in volume altijd beperkt zullen blijven. Anticiperend beleid gericht op DAC is dus gewenst in Zuid-Holland (ruimtegebruik en beschikbaarheid warmte).



## › MANAGEMENT SAMENVATTING

# CCU HANDELINGSPERSPECTIEF PROVINCIE ZUID HOLLAND

- Tot nu toe zit CCU nauwelijks in de Europese scope. Eerste signalen komen vanuit het Fit-for-55 pakket via de RED II onder Renewable Fuels of Non-Biological Origin ([RFNBO's](#)) en de EU-ETS voor mineralisatie en RFNBOs; Verwachting is dat daar in komende 5 jaar beleid op wordt geformuleerd. Sleutel is: ontwikkeling van een universele methode om emissiewinst bij CCU te kunnen meten (via een LCA).
- Nederland volgt Europees beleid in innovatieprogramma's en in subsidiekaders krijgt CCU zeker aandacht. Tegelijkertijd: een beleidskader dat CCU waardeert, ontbreekt nog, behalve dan voor de glastuinbouw via de SDE++.
- Beleidscontext provincie Zuid-Holland: Naar verwachting wordt er op Europees niveau een standaard voor LCA's ontwikkeld. Dat zal de basis zijn voor EU- en rijksbeleid en -subsidies. Vooruitlopend op effectuering van dit beleid kan de provincie al kijken hoe CCU-routes die leiden tot substantiële emissiereducties, verder ontwikkeld kunnen worden vanuit innovatieperspectief (TRL 4 tot en met 7); nog niet vanuit grootschalig opschaalperspectief. Dat is wellicht over enkele jaren aan de orde.
- Handelingsperspectief voor Provincie Zuid-Holland:
  - › Locatiebeleid gericht op het faciliteren van met name demo-opstellingen rondom CCU;
  - › Aanjagen van een aansluitende CO<sub>2</sub> infrastructuur met toegang voor CCU bedrijven, in en buiten het Haven-Industrieel Complex (HIC), zoals Porthos/OCAP;
  - › Focus op ondersteunen opschaling mineralisatie, voeding en chemie. Grote volumes synthetische brandstoffen kunnen waarschijnlijk elders voor een lagere prijs worden geproduceerd en zullen ook zonder verdere provinciale inzet worden opgepakt door de industrie op basis van o.a. de RED II. Provincie Zuid-Holland blijft wel een belangrijke hub voor doorvoer;
  - › Ondersteunen van het publiek-private 'eco'systeem (netwerk, toegang tot financiële middelen, vergunningen, milieuruimte, etc.) waarin deze demo's tot stand kunnen komen, onder het motto 'we are here to land your business'.



# Analyse huidig CCU-landschap

## *Hoofdstuk 1*

### › KWALITATIEVE OVERVIEW VAN KETENELEMENTEN IN ZUID-HOLLAND



# › 1. ANALYSE HUIDIG CCU-LANDSCHAP PROVINCIE ZUID-HOLLAND

## DEELONDERWERPEN

1. Alle geïdentificeerde Carbon Capture and Utilization (CCU) ketenelementen die aanwezig zijn op Zuid-Hollandse bodem,
2. Missing links in het overzicht: technologieën die wel in Zuid-Holland zouden passen, maar waar we nog geen dynamiek op zien,
3. Een analyse op het huidige systeem rond CCU in provincie Zuid-Holland,
4. Een reflectie op de kritieke succesfactoren voor deze CCU-technieken, én de toegevoegde waarde van de technieken in het Zuid-Hollandse systeem,

# Huidige CCU-dynamiek in Provincie Zuid-Holland

(nog) niet in ZH

Mineralisatie

THE LINDE GROUP

AVR.

Cambridge  
Carbon  
Capture

CRH

CarbonS<sup>+</sup> CARBON CURE<sup>™</sup>  
Carbon Upcycling technologies  
Green Minerals  
PolyCiviel Excluton<sup>®</sup>  
DUURZAAM IN BESTRATEN

Basischemicaliën

THE LINDE GROUP PRODUCTS AIR L<sup>+</sup>

Air Liquide

avantium

Green Minerals  
STEP WISE  
Twence<sup>®</sup>  
a H2020 Project

Synthetische  
brandstoffen

climeworks  
uni per

Nouryon

COVAL Energy

Z E F  
zenid  
JET FUEL FROM AIR

NESTE Synkero  
CARBON RECYCLING INTERNATIONAL SkyNRG  
HALDOR TOPSOE BioMCN

Biologisch, e.g.  
(dier)voeding

alcoenergy  
sustainable pioneers | Rotterdam

OCAP<sup>®</sup>  
Powered by Linde.

HOST  
BIO-ENERGY INSTALLATIONS



FRAMES  
cpi | Bouman  
INDUSTRIES

Glastuinbouw  
Nederland  
morgen groeit vandaag  
Deep Branch<sup>®</sup>

PHOTANOL  
Omega Green

Geen specificatie

Port of  
Rotterdam

gasunie

ENGIE

Vopak

CO<sub>2</sub> aanbod

CCU-Technologie

CO<sub>2</sub> vraag

&flux



TNO innovation  
for life

# › BRONNEN EN AFNEMERS VAN CO<sub>2</sub>, INCLUSIEF CCS IN NEDERLAND

| Bronnen                            | Volume (kton/jr) | Operationeel | Levering aan | Afnemers                          | Volume (kton/jr)      | Operationeel |
|------------------------------------|------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------|
| <a href="#">AEB Amsterdam</a>      | 500              | 2023?        | CCS/CCU      | <a href="#">CCS</a>               |                       |              |
| <a href="#">AVR Rotterdam (ZH)</a> | 500              | 2023?        | CCS/CCU      | <a href="#">Porthos Rotterdam</a> | 2000-8000             | 2024         |
| <a href="#">Suez Roosendaal</a>    | 140              | 2024         | Gtb          | <a href="#">Athos Amsterdam</a>   | 1500-7500             | 2027         |
| <a href="#">AVR Duiven</a>         | 50               | Heden        | Gtb          | ARAMIS                            | 5000                  | 2026         |
| <a href="#">Gidara Energy (ZH)</a> | 100              | 2024?        | Gtb          | <a href="#">CCU</a>               |                       |              |
| <a href="#">HVC Alkmaar</a>        | PM               |              | Gtb          | Glastuinbouw (OCAP)               | 1200-2500             | 2019->       |
| <a href="#">Twence</a>             | 100              | 2022         | CCU/Gtb      | Liquefactie                       | 250                   | 2020         |
| <a href="#">Shell (ZH)</a>         | 400              | Heden        | Gtb          | Mineralisatie                     | 50-500                | PM           |
| <a href="#">Alco (ZH)</a>          | 200              | Heden        | Gtb          | Chemicaliën                       | 100-1000              | PM           |
| <a href="#">Tata Steel</a>         | PM               |              | CCU - Nafta  | Brandstoffen                      | 100-1000              | PM           |
| <b>Totaal</b>                      | <b>1990 + PM</b> |              |              | <b>Totaal</b>                     | <b>1700-5250 + PM</b> |              |

## › MISSING LINKS

### ALGEMEEN

- Veel bronnen (aanbod van CO<sub>2</sub>) kunnen ook zelf CO<sub>2</sub> toepassen als grondstof voor het leveren van duurzame alternatieven voor de producten die ze nu naar de markt brengen, e.g. Shell, BP, Nouryon.
- Hier speelt ook een fundamentele vraag: blijven we op lange termijn brandstoffen produceren in Rotterdam, of doen we dat op plekken waar de waterstof makkelijk te produceren is?
- Veel van deze partijen zien business development als een interne en competitieve opgave; wij weten dus niet (zeker) welke van deze bedrijven al heel actief zijn op CCU.
- Er zijn nog niet veel jonge, nieuwe bedrijven met een technologie om CCU toe te passen actief in Provincie Zuid-Holland. We zien nu alleen Deep Branch, ZEF en Zenid.
- De aanwezigheid van een CO<sub>2</sub> infrastructuur (OCAP, Porthos voor CCS) lijkt nog geen aanjager te zijn voor nieuwe bedrijven die CO<sub>2</sub> af willen nemen.



## › MISSING LINKS PER CCU-STROOM

- Bij verschillende potentiële afnemers worden bestaande fossiele CO<sub>2</sub>-bronnen niet meer als wenselijke bron gezien. Direct air capture als lange termijn oplossing scoort in dit opzicht heel goed. Dit speelt nog niet in de glastuinbouw.
- Bij mineralisatie constateren we dat de productie van bouwmaterialen niet zozeer in Provincie Zuid Holland plaatsvindt, maar er wel een grote markt is voor de toepassing ervan. Daarnaast: mineralisatieprojecten op basis van bodemassen vinden wel plaats buiten Provincie Zuid-Holland, maar nog niet binnen Provincie Zuid-Holland.
- Basischemicaliën en brandstoffen: we kunnen het veld niet overzien, omdat veel achter gesloten deuren plaats vindt. Dat geldt deels ook voor synthetische brandstoffen, al zien we daar wel dat Climeworks, ZEF, Zenid, SkyNRG (dus jonge, nieuwe bedrijven) wel actief naar buiten treden. Er zijn heel veel routes denkbaar, maar nader onderzoek (E-Fuels, CHAIN, FLIE) moet uitwijzen wat verstandig is.
- Alleen in de glastuinbouw en de (dier)voeding zien we een substantiële vraag waarbij het aanbod van CO<sub>2</sub> de vraag nog lang niet dekt.

## › ANALYSE VAN DYNAMIEK OP CCU

- Aan de kant van innovatiesubsidie bieden de bestaande instrumenten genoeg ruimte. Aan de investeringskant zien we de start- en scale-ups met succes groeien met behulp van met name private equity en subsidies.
- Het overheidsbeleid is gericht op innovatie en technologie, niet op de grootschalige uitrol en exploitatie. We zien dus ook nog nauwelijks dynamiek op grootschalige uitrol van technologie.
- Er kan weinig meer concreet gezegd worden over de marktpotentie van de verschillende toepassingen. De introductie van op CCU gebaseerde producten zal pas plaats vinden als het daarvoor benodigde instrumentarium (exploitatiesubsidie) ingericht is.
- Jonge nieuwe bedrijven zoeken ketensamenwerking; de enkele spelers die in provincie Zuid-Holland actief zijn, zijn daar succesvol in.
- Naast de glastuinbouw hadden wij vooral dynamiek verwacht op basischemicaliën en brandstoffen. Of die dynamiek er is, kunnen wij maar deels beoordelen. We zien in ieder geval weinig start-ups en scale-ups die hierover naar buiten communiceren en weinig tot geen berichtgeving vanuit de grote industriële spelers.
- Omdat de CCU markt eigenlijk nog niet bestaat, zien we ook nog weinig tot geen partijen die actief hun CO<sub>2</sub> aanbieden voor hergebruik. Om dezelfde reden zien we ook nog weinig tot geen spelers in de markt die specifiek om producten vragen waarin CO<sub>2</sub> is vastgelegd.
- Het vinden van de match tussen bron, infrastructuur, technologie, financier en afnemer gaat dus nog niet vanzelf.

## › KRITIEKE SUCCESFACTOREN VOOR DYNAMIEK OP CCU

- Het vervangen van bestaande productieprocessen die over de tijd uitgefaseerd worden, is een route voor de bedrijven die achter de voordeur plaats vindt. Vanuit het perspectief van het voorkomen van stranded assets en het behouden van marktaandeel kan dit leiden tot grote investeringen door de industrie.
- In de toekomst is ook van belang dat er een aaneensluitende CO<sub>2</sub> infrastructuur aanwezig is, met toegang voor CCU bedrijven, in en buiten het HIC (Porthos/OCAP). Momenteel focust Porthos zich echter (nog) op CCS.
- IQ, CTD, Smartport, Deltalinqs, PoR en andere stakeholders proberen te acquireren op nieuwe CCU ketens en spelers. Momenteel start de business development fase van deze samenwerking. Een duidelijke publiek-private samenwerking met als missie 'we are here to land your business' zou daar goed in passen.
- Tegelijkertijd (Hoofdstuk 4) landen de beleidsmatige randvoorwaarden voor succesvolle uitrol van CCU (RFNBO in RED II, SAF Mandate, Herkenning mineralisatie als CCS, CO<sub>2</sub> glastuinbouw in SDE++ e.a.) pas dit en komend jaar in vastgestelde beleidsstukken. We zijn dus vroeg, maar deze instrumenten kunnen leiden tot grote dynamiek op het gebied van CCU.

## › CONCLUSIES OVER HET CCU LANDSCHAP IN DE PROVINCIE

- Er is nog geen CCU markt, maar de puzzelstukjes in de CCU-ketens zijn grotendeels wel in beeld en deels aanwezig. Met name nieuwe CO<sub>2</sub>-afnemers missen nog.
- De CO<sub>2</sub>-bronnen zijn er wel, maar de technologie providers en de eindgebruiker weten provincie Zuid-Holland nog niet te vinden, op de glastuinbouw na. Aanwezige infrastructuur is nog geen unieke asset gebleken (behalve voor Deep Branch).
- Overheidsinstrumentarium ondersteunt innovatie en technologie ontwikkeling, maar nog niet de grootschalige uitrol.
- Kortom, dit is een prima momentum voor provincie Zuid-Holland om vanuit toekomstbestendig economisch perspectief haar positie en handelingskader te vormen.
- Daarbij is het wel zaak om te kunnen onderbouwen waarom provincie Zuid-Holland welke ketens wil ondersteunen vanuit milieu- en economisch perspectief. Op de lange termijn is bijvoorbeeld het inzetten op fossiele CO<sub>2</sub>-bronnen niet zinvol.
- Die positie en dat handelingskader kan leiden tot een bredere publiek-private samenwerking met als missie 'we are here to land your CCU business'.



Resultaten  
Levenscyclusanalyse (LCA)  
*Hoofdstuk 2*

› **KWANTITATIEVE KETENANALYSE  
VAN CCU IN ZUID HOLLAND**

## › **GOAL EN SCOPE**

# **CO<sub>2</sub> REDUCTIE RELATIEF EN ABSOLUUT IN BEELD**

### › Doel van de Levenscyclusanalyse (LCA):

- › Inzicht bieden voor een aantal sterk variërende productketens in de (mogelijke) CO<sub>2</sub>-emissies van Carbon Capture and Utilization (CCU), in samenhang op systeemniveau en met proceskeuzes in elke ketenstap;
- › De resultaten en interpretatie focussen op opties voor CCU in verschillende situaties op korte en lange termijn;
- › Samen met de potentie analyse van de ketens in provincie Zuid-Holland kan hiermee een onderbouwde keuze voor CCU routes worden gemaakt.

### › Functionele eenheid:

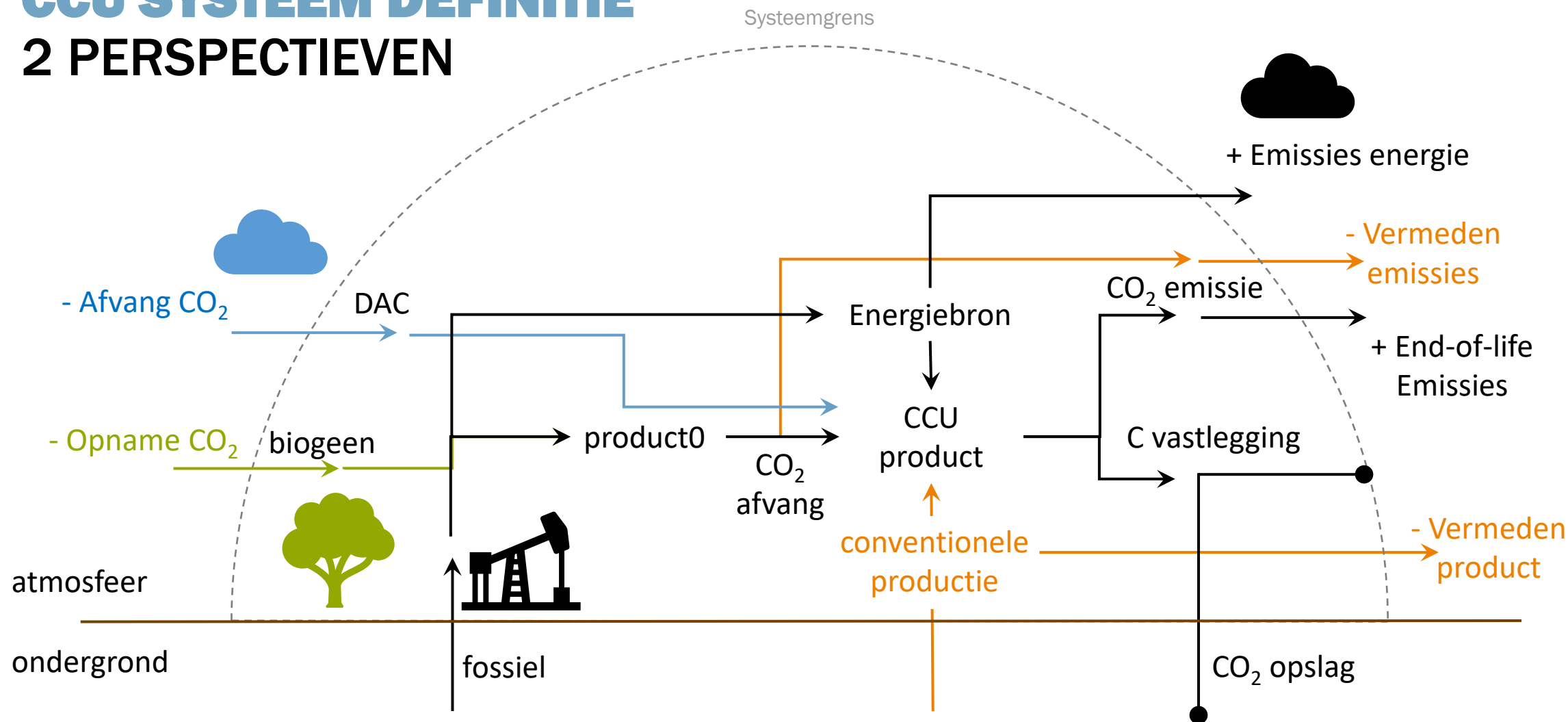
- › Het afvangen en omzetten en maken van producten van 1 ton afgevangen CO<sub>2</sub>, inclusief het afvalscenario (end-of-life) van het gemaakte product.

### › Systeemgrenzen:

- › Cradle-to-grave (wieg tot graf) analyse voor de geselecteerde productketens (afvang CO<sub>2</sub> tot en met end-of-life (EoL) CCU product);
- › Met focus op de proporties van de verschillende ketenelementen (energie, waterstof, materialen etc.);
- › Met en zonder CO<sub>2</sub> baten van vermeden huidige emissie en productie (absoluut en relatief perspectief, zie volgende slide).

# CCU SYSTEEM DEFINITIE

## 2 PERSPECTIEVEN

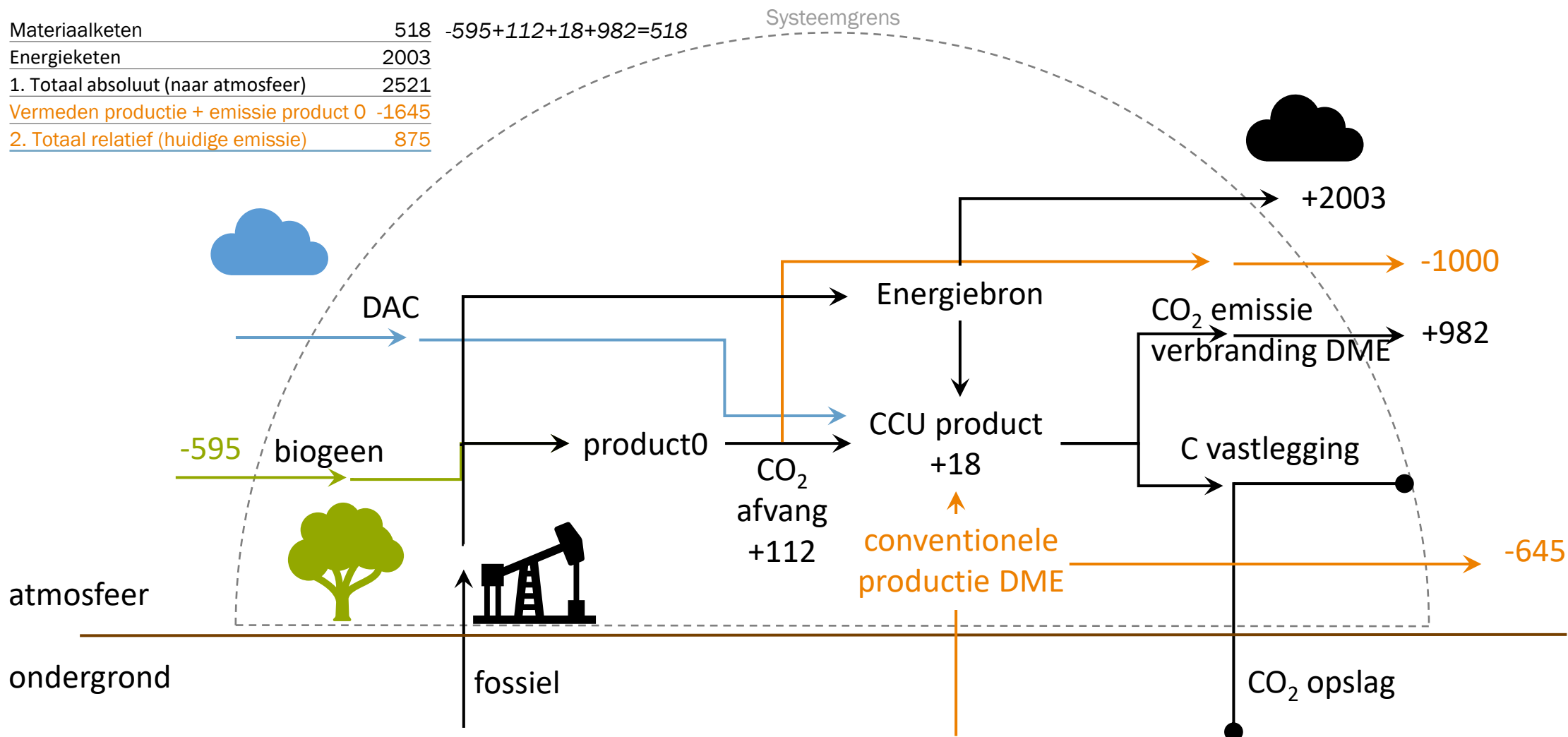


Perspectief:

1. **Absoluut** = CO<sub>2</sub> naar de atmosfeer = zonder vermijding conventionele productie, lange termijn situatie
2. **Relatief** = vermindering van de huidige CO<sub>2</sub> uitstoot = met vermijding conventionele productie en emissie van product0

# CCU SYSTEEM DEFINITIE: VOORBEELD AVI -> DME

|                                        |       |                       |
|----------------------------------------|-------|-----------------------|
| Materiaalketen                         | 518   | $-595+112+18+982=518$ |
| Energieketen                           | 2003  |                       |
| 1. Totaal absoluut (naar atmosfeer)    | 2521  |                       |
| Vermeden productie + emissie product 0 | -1645 |                       |
| 2. Totaal relatief (huidige emissie)   | 875   |                       |



# › INVENTORY KETENSTAPPEN

## DATAVERZAMELING VOOR:

Inclusief: Materialen  
installatie, solvents,  
water, overige  
grondstoffen.

### Producten & processen (CCU + conventioneel)

Brandstof: DME

Brandstof: Kerosine (Fischer-Tropsch)

Brandstof: Methanol

Chemie: Koolstofmonoxide

Chemie: Kunststoffen (ethyleen)

Chemie: Methanol

Chemie: Mierenzuur

Mineralisatie: Bouwmateriaal bodemassen

Mineralisatie: Opslag mineraal

Voeding: Eiwitsynthese

Voeding: Glastuinbouw (OCAP)

Referentie: CCS

### CO<sub>2</sub> afvang technologie

Directe afvang

MEA rookgassen AVI

MEA rookgassen energie

MEA rookgassen energie, toekomst

Direct Air Capture

Direct Air Capture, toekomst

### End-of-life

CO<sub>2</sub> emissie

CO<sub>2</sub> vastlegging

CO<sub>2</sub> afvang

CO<sub>2</sub> opslag

AEC

Circulair

50% AVI / 50% emissie

50% CO<sub>2</sub> afvang / 50% emissie

50% circulair / 50% emissie

### Energie

#### Waterstof

Grijs: Stoom Methaan Reformer op aardgas

Blauw: Stoom Methaan Reformer op aardgas met CO<sub>2</sub> opslag

Groen: Electrolyse met groene stroom

#### Brandstof

Kolen

Aardgas

Biomassa primair

Biomassa secundair

#### Elektriciteit

Huidige mix

Duurzame mix

› Technologie data: Literatuur, (TNO) experts

› CO<sub>2</sub> data: ecoinvent, emissiefactoren, RIVM, North Sea Energy, EU



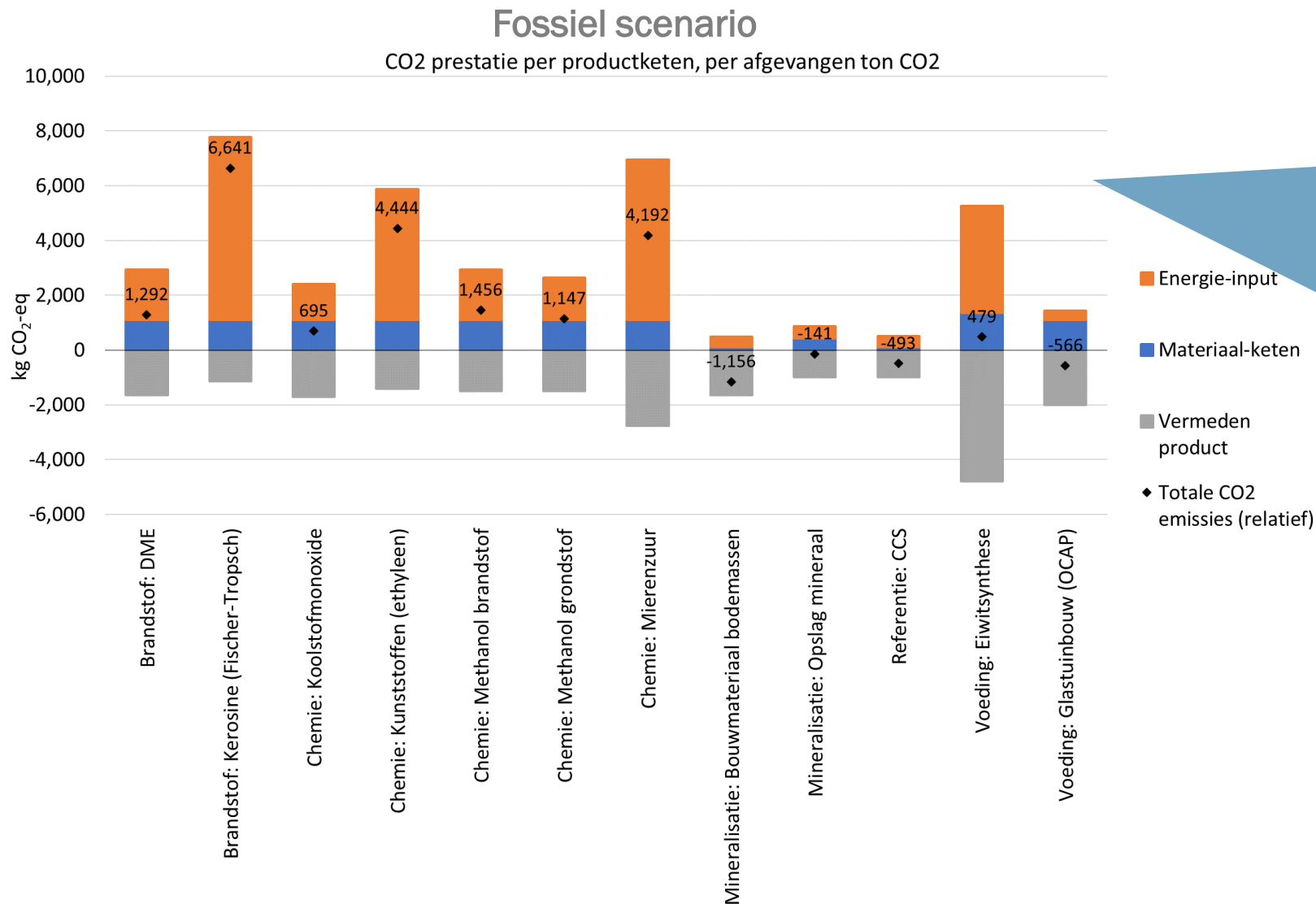
## › 2 EXTREME SCENARIO'S OP ALLE KETENSTAPPEN

Om de bandbreedte van CCU productketens te verkennen rekenen we met een hoog emissie en een laag emissie scenario:

- › Fossiel: huidige praktijk;
- › Hernieuwbaar: hernieuwbare koolstof en energie, behalve (langdurige) installaties & infrastructuur.

| Scenario's   | Bron            | End-of-life                                                         | Elektriciteit | Warmte            | Waterstof |
|--------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------|-----------|
| Fossiel      | Aardgascentrale | Standaard<br>(verbranding met<br>energieterugwinning of<br>emissie) | Huidige mix   | Aardgas           | Grijs     |
| Hernieuwbaar | DAC             | Circulair                                                           | Duurzaam      | Biogeen secundair | Groen     |

# CO2 PRESTATIE (RELATIEF - HUIDIGE EMISSIE)



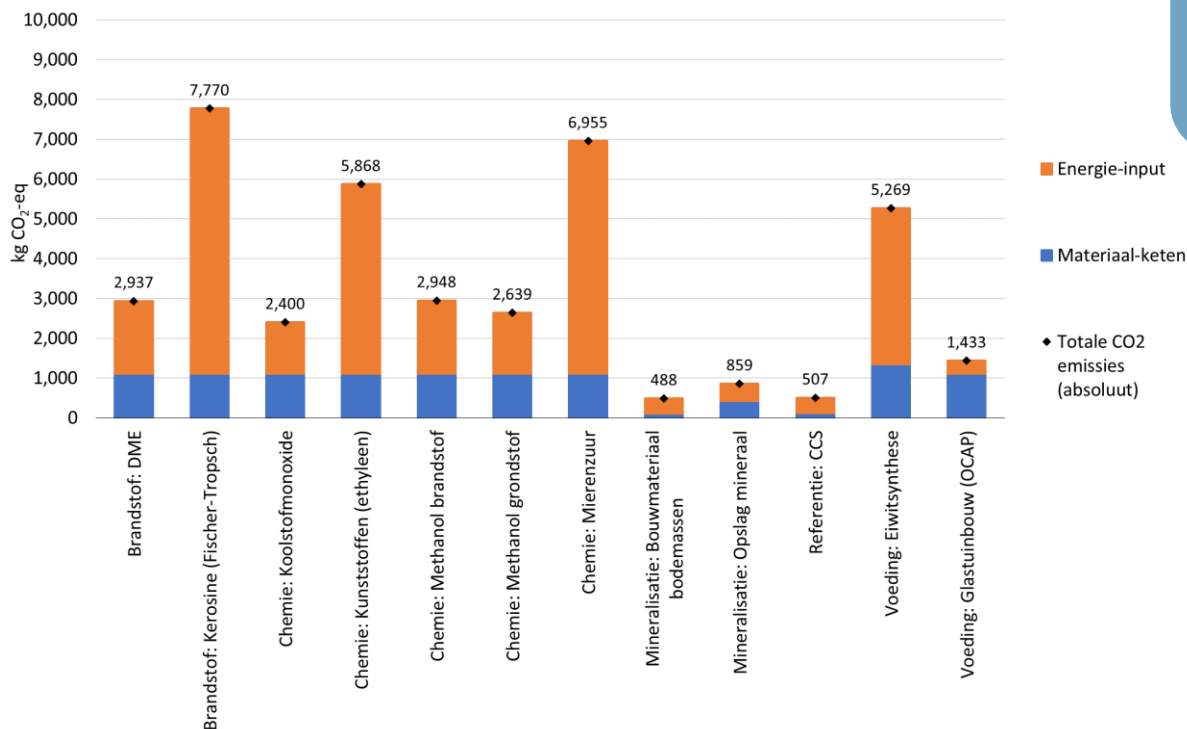
In het Fossiel scenario zijn er voor de meeste productketens hoge(re) emissies via de CCU route t.o.v. de huidige conventionele situatie a.g.v. de grote hoeveelheid benodigde elektriciteit / warmte / waterstof.

Uitzondering zijn mineralisatie & glastuinbouw, welke CO<sub>2</sub> emissies reduceren (door weinig energiebehoefte in de keten)

# CO2 PRESTATIE (ABSOLUUT NAAR ATMOSFEER)

## Fossiel scenario

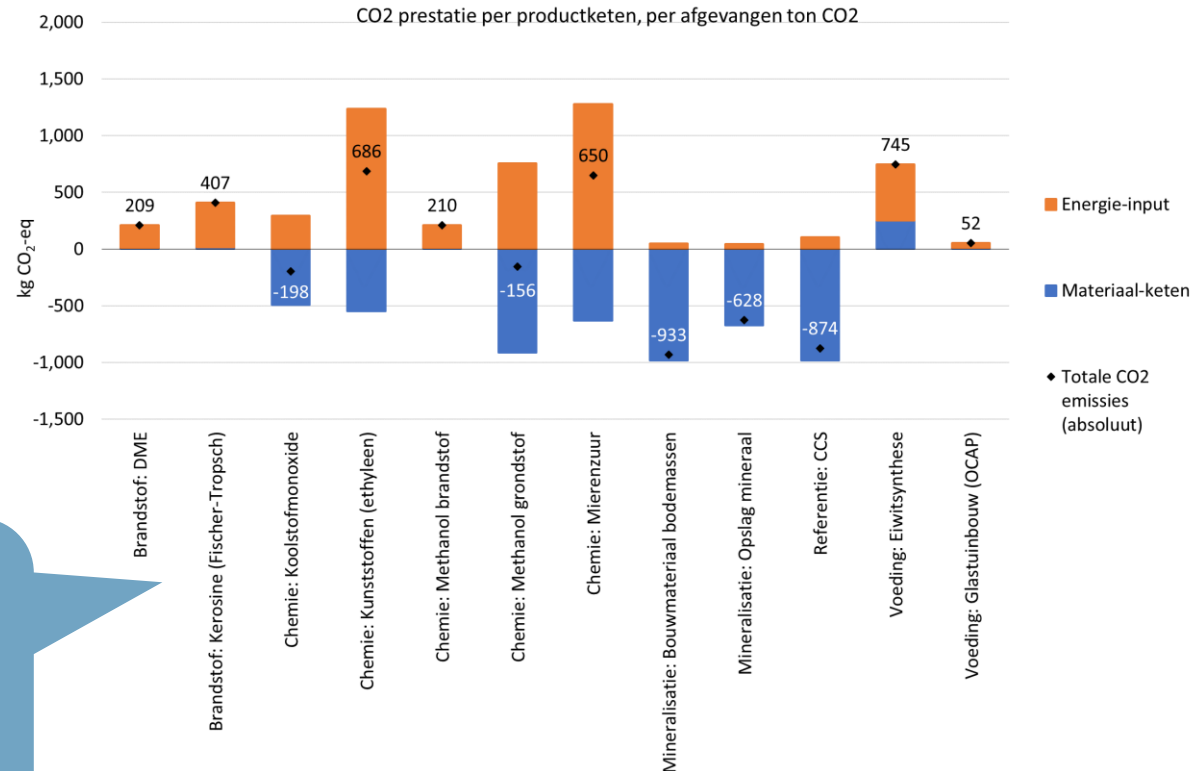
CO2 prestatie per productketen, per afgevangen ton CO2



In het Fossiel scenario veroorzaken alle CCU ketens een netto emissie naar de atmosfeer als gevolg van de grote hoeveelheid benodigde elektriciteit / warmte / waterstof; CCU volgens het Fossiele scenario is dus niet houdbaar in een CO<sub>2</sub> neutrale toekomst

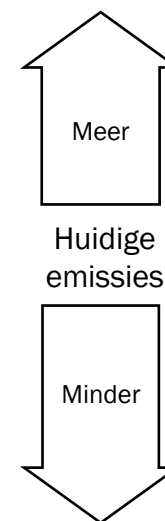
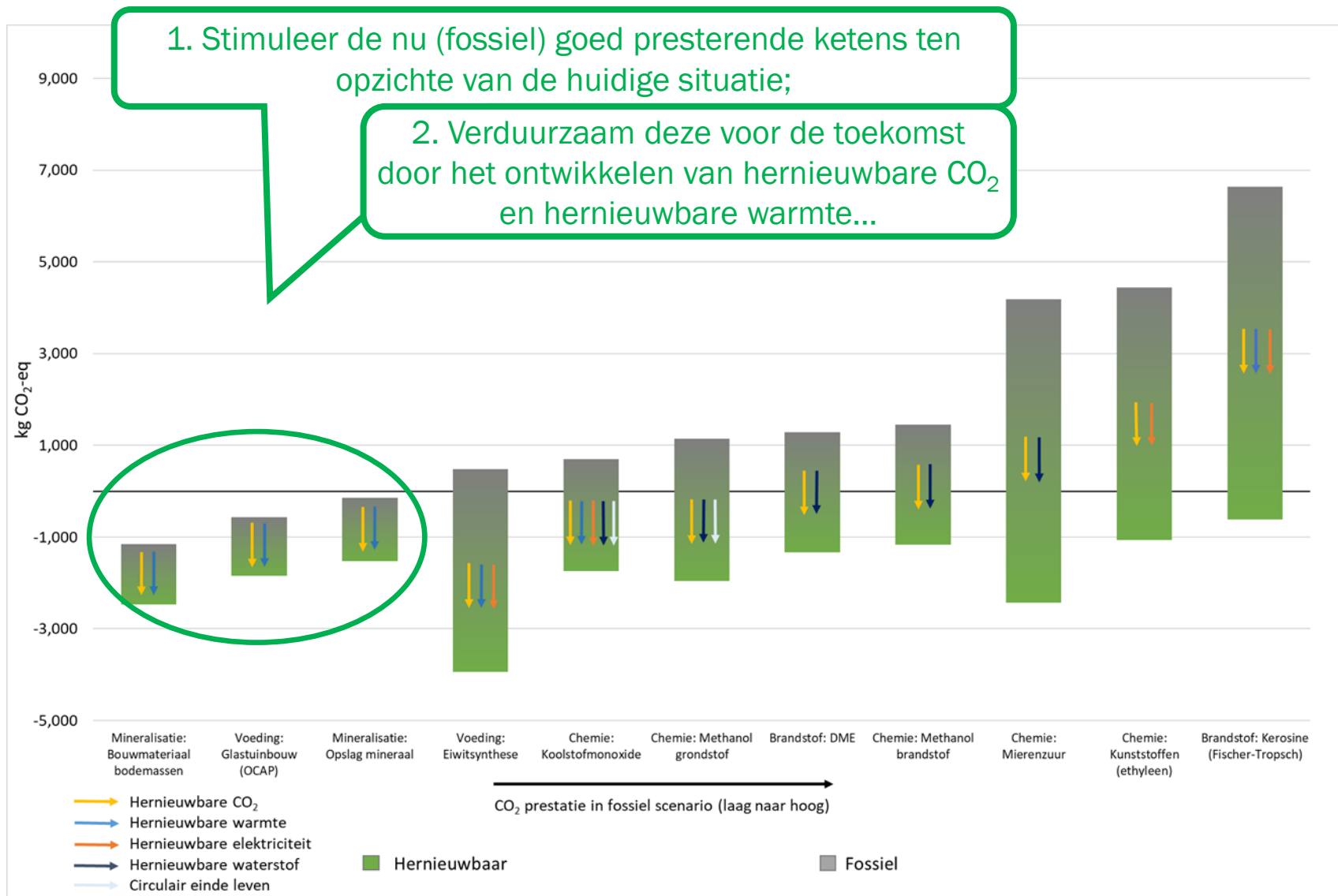
## Hernieuwbaar scenario

CO2 prestatie per productketen, per afgevangen ton CO2



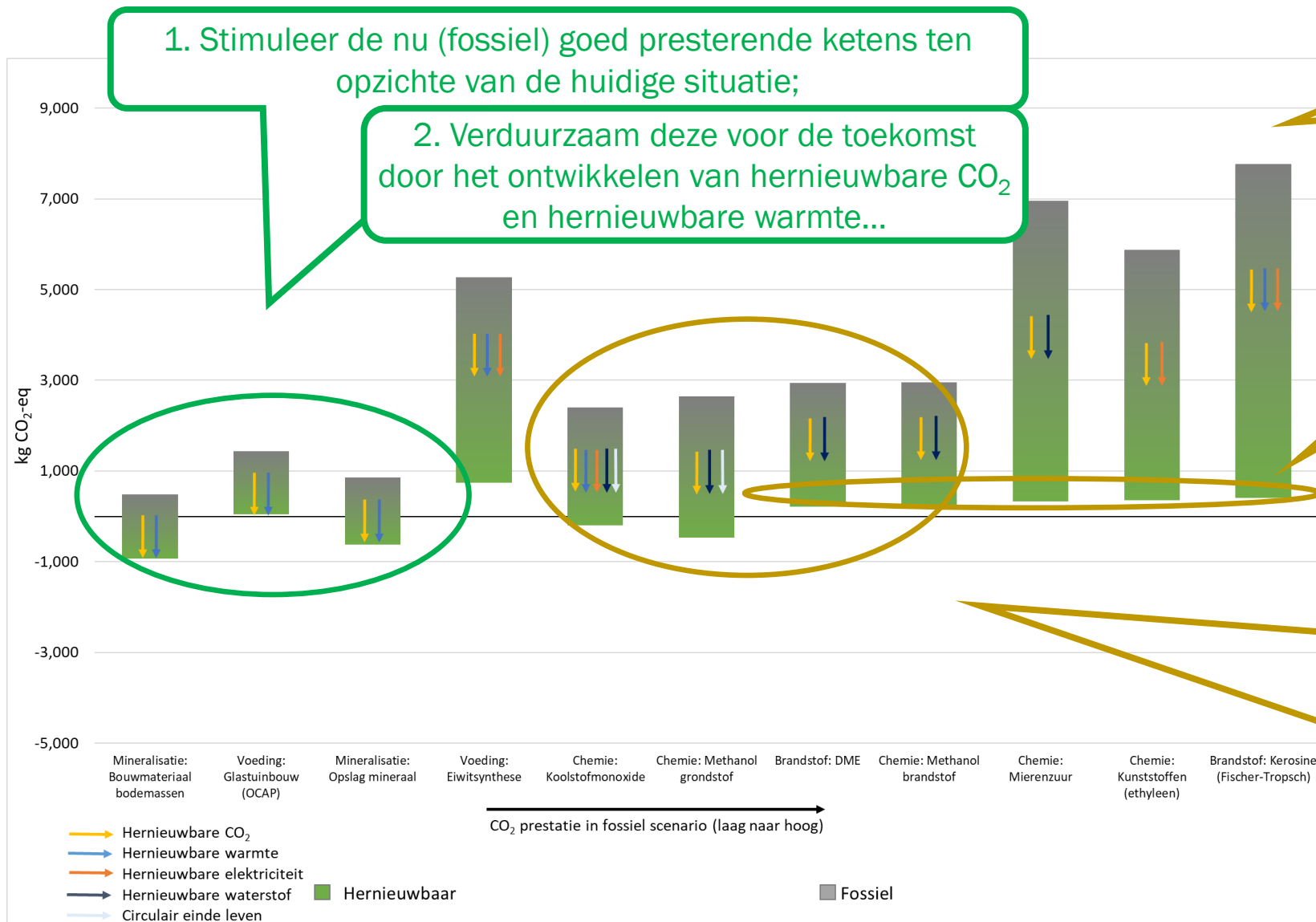
In het Hernieuwbaar scenario is de sluiting van materiaalketens (opslag koolstof) doorslaggevend om CO<sub>2</sub> neutraal of reducerend te zijn. Dit lukt voor vier productketens én CCS. Er blijft altijd uitstoot van energie-input, omdat groene energie nooit 100% CO<sub>2</sub> neutraal is.

# CO2 PRESTATIE RELATIEF TEN OPZICHTE VAN HUIDIGE SITUATIE GEORDEND VOLGENS PRESTATIE IN FOSSIEL SCENARIO



# CO2 PRESTATIE ABSOLUTE EMISSIES NAAR DE ATMOSFEER

## ZELFDE ORDENING



...want geen enkele fossiele productketen leidt tot een absolute daling van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer

...restemissie van fossiele technologie infrastructuur

3. Ontwikkel voor langere termijn ook opties die pas met ketenverduurzaming scoren of geen alternatief hebben;  
ontwikkel daarvoor hernieuwbare waterstof infrastructuur;  
focus voor CCU niet op hernieuwbare elektriciteit



## › CONCLUSIES OVER EFFECTIEVE CCU

1

- › In het Fossiele scenario, waarin koolstof en energie net als in de huidige situatie voornamelijk fossiel zijn:
  - › Is vooral de grote hoeveelheid benodigde elektriciteit / warmte/ waterstof de oorzaak van hoge(re) emissies t.o.v. de huidige conventionele productie. Mineralisatie & glastuinbouw hebben een lagere energiebehoefte en presteren daarom beter dan de huidige productie. **Mineralisatie & glastuinbouw zijn daarom op korte termijn CO<sub>2</sub> reducerende CCU productketens.** Vergroening van de keten maakt dit effect sterker;
  - › Leiden alle CCU routes tot netto emissies naar de atmosfeer, en voldoen dus niet aan CO<sub>2</sub> neutraliteit.
- › In het Hernieuwbare scenario, waarin alle koolstof en energie groen is:

2

- › Leidt mineralisatie tot de laagste emissies naar de atmosfeer. **De laagste emissies naar de atmosfeer wordt bereikt door mineralisatie met groene warmte en een groene CO<sub>2</sub> bron.** Dit laatste is voor alle effectieve CCU routes nodig;

3a

- › **Kunnen ook specifieke chemische routes (methanol en koolstofmonoxide) CO<sub>2</sub> aan de atmosfeer onttrekken. Hiervoor is groene waterstof nodig.** Om de absolute emissies naar de atmosfeer nul of lager te krijgen, dient de materiaalketen te sluiten, met name de end of life (circulair); Brandstoffen en voedingsproducten komen daardoor niet aan een CO<sub>2</sub> reducerende footprint;

3b

- › Voor brandstoffen en voeding zullen dus in absolute zin geen CO<sub>2</sub> neutrale keten realiseren. Voor deze producten moet worden gekeken of er geen CO<sub>2</sub> neutraal alternatief beschikbaar is. Zo niet, dan kunnen **CCU routes voor brandstoffen en voeding toch ook op lange termijn gewenst zijn.** De potentie van de keten (grootte van de markt) speelt hierin ook een significante rol.
- › CCS referentie: In het Fossiele scenario bespaart CCS alleen minder emissies dan bouw materiaal. Ook in het Hernieuwbare scenario geeft CCS op bouwmaterialen na de minste emissies naar de atmosfeer. **CCS kan dus qua CO<sub>2</sub> een robuuste (afvang en transport) technologische brugfunctie vervullen richting CCU.**

# Analyse CCU-ketens

## *Hoofdstuk 3*

➤ **TOELICHTING OP GESELECTEERDE  
KETENS**



## › 3. ANALYSE CCU KETENS

### INLEIDING

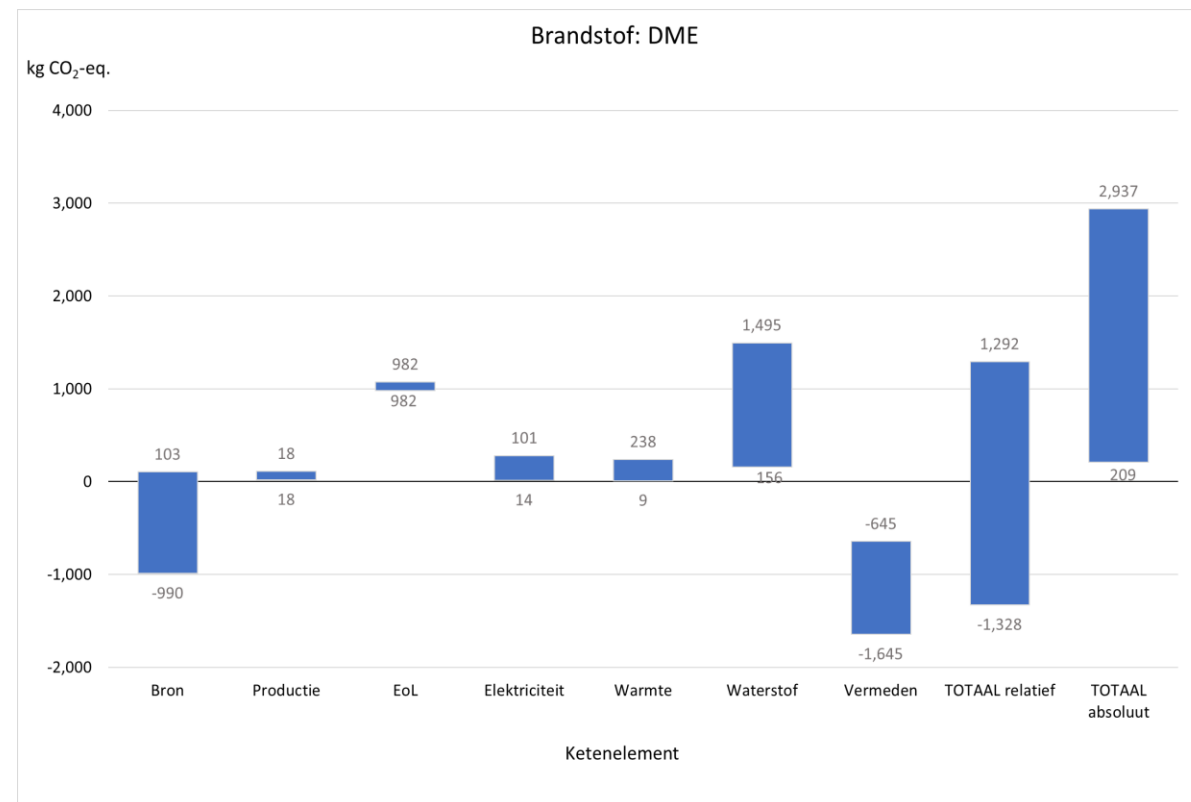
- › In Hoofdstuk 3 wordt toelichting gegeven op de resultaten van de Levenscyclusanalyse (LCA) studie (Hoofdstuk 2).
- › De gebruikte functionele eenheid is ook hier: **Het afvangen en omzetten en maken van producten van 1 ton afgevangen CO<sub>2</sub>, inclusief het afvalscenario (end-of-life (EoL)) van het gemaakte product.**
- › Elf CCU-routes (exclusief de referentie van Carbon Capture and Storage (CCS)) worden hier uitgelicht op gebied van potentie en/of bestaande grootte binnen de provincie.
- › Per route wordt er duiding gegeven van:
  - Klimaatimpact in termen van CO<sub>2</sub>-emissiereductie
  - Technologie fit in provincie Zuid-Holland
  - Economische impact en mogelijke markt
- › Voor alle routes geldt dezelfde functionele eenheid (1 ton afgevangen CO<sub>2</sub>)



### 3. ANALYSE CCU KETENS

## BRANDSTOF: DME

- › Vanuit het perspectief van klimaatimpact is meteen duidelijk dat de footprint met name bepaald wordt door de CO<sub>2</sub> bron en de waterstof bron. Indien beide volledig groen zijn, kan een substantiële emissiereductie plaats vinden ten opzichte van de huidige grijze productie, maar de productie van DME zal altijd een (beperkte) CO<sub>2</sub> footprint houden.
- › Vanuit technologisch perspectief is de productie van DME als alternatieve brandstof voor *hard to abate* transportfuncties een interessante optie. Daar waar dat wel kan, is elektrificatie/waterstof wellicht beter. De productie van brandstoffen is één van de kerncompetenties van het Haven Industriële Cluster (HIC), dus de technologie-fit in Zuid-Holland is optimaal voor technologie ontwikkeling.
- › Vanuit economisch perspectief verwachten wij dat andere regio's makkelijker toegang zullen hebben tot groene bronnen en dus voor een lagere kostprijs kunnen produceren. Zuid-Holland kan zeker baat hebben bij technologie ontwikkeling, ook als de industriële implementatie – bij gebrek aan groene bronnen voor CO<sub>2</sub> en waterstof in Zuid-Holland – elders plaats vindt met in Zuid-Holland ontwikkelde technologie.



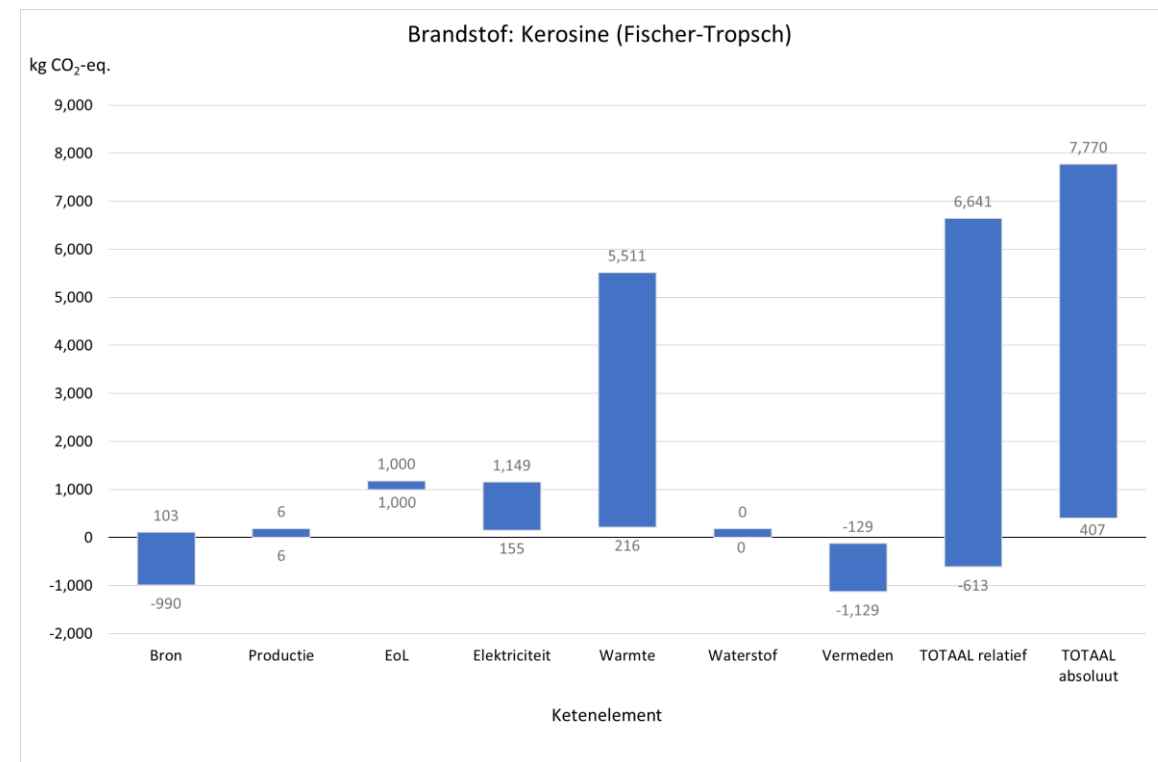




### 3. ANALYSE CCU KETENS

## BRANDSTOF: KEROSINE

- › Vanuit het perspectief van klimaatimpact is duidelijk dat de footprint met name bepaald wordt door de warmtebron (330-350 graden °C). Het heeft geen zin kerosine te produceren met niet-groene warmte en in mindere mate met CO<sub>2</sub> van fossiele oorsprong. Ook in het groenste scenario blijft de productie van kerosine een flinke CO<sub>2</sub> footprint houden.
- › Vanuit technologisch perspectief blijft de productie van kerosine noodzakelijk, bij gebrek aan een alternatief. De noodzakelijke hoge temperatuur warmte dient op een groene manier geproduceerd te worden. De productie van brandstoffen is één van de kerncompetenties van het Haven Industriële Cluster (HIC), dus de technologie-fit in Zuid-Holland is optimaal voor technologie ontwikkeling
- › Vanuit economisch perspectief verwachten wij dat andere regio's makkelijker toegang zullen hebben tot groene waterstof als warmtebron en dus voor een lagere kostprijs kunnen produceren. Zuid-Holland kan zeker baat hebben bij technologie ontwikkeling, ook als de industriële implementatie elders plaats vindt met in Zuid-Holland ontwikkelde technologie. Als doorvoermarkt zal Zuid-Holland belangrijk blijven.



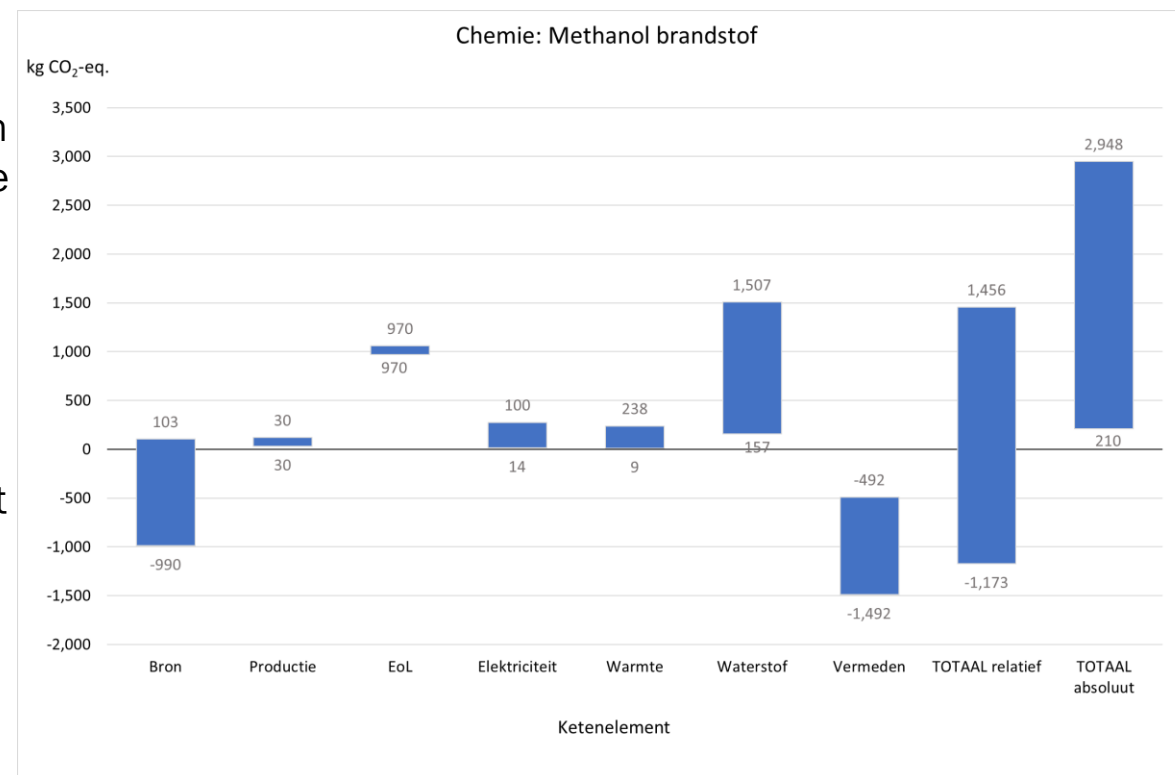




### 3. ANALYSE CCU KETENS

## BRANDSTOF: METHANOL

- › Vanuit het perspectief van klimaatimpact is te zien dat de footprint het meest bepaald wordt door de CO<sub>2</sub> en waterstof input. Een negatieve footprint zal de productie van synthetische methanol nooit krijgen. Indien koolstof en energiebron volledig groen zijn, kan een substantiële emissiereductie plaats vinden ten opzichte van de huidige grijze productie. Op lange termijn is inzet van methanol als brandstof alleen gewenst als het alternatief nog slechter scoort. Er moet hierbij goed gekeken worden naar de footprint van groene alternatieven, zoals methanol uit (secundaire) biomassa.
- › Vanuit technologisch perspectief is de productie van methanol dagelijkse praktijk in Zuid-Holland. Gezien de grote methanol markt in Rotterdam is de ontwikkeling van duurzamere productiemethoden een ideale technologie fit.
- › Vanuit economisch perspectief zien wij Zuid-Holland niet concurrerend synthetische methanol produceren ten opzichte van andere regio's. Als doorvoermarkt zal Zuid-Holland wel een belangrijke rol behouden. Zuid-Holland kan zeker baat hebben bij technologie ontwikkeling, ook als de industriële implementatie elders plaats vindt met in Zuid-Holland ontwikkelde technologie.

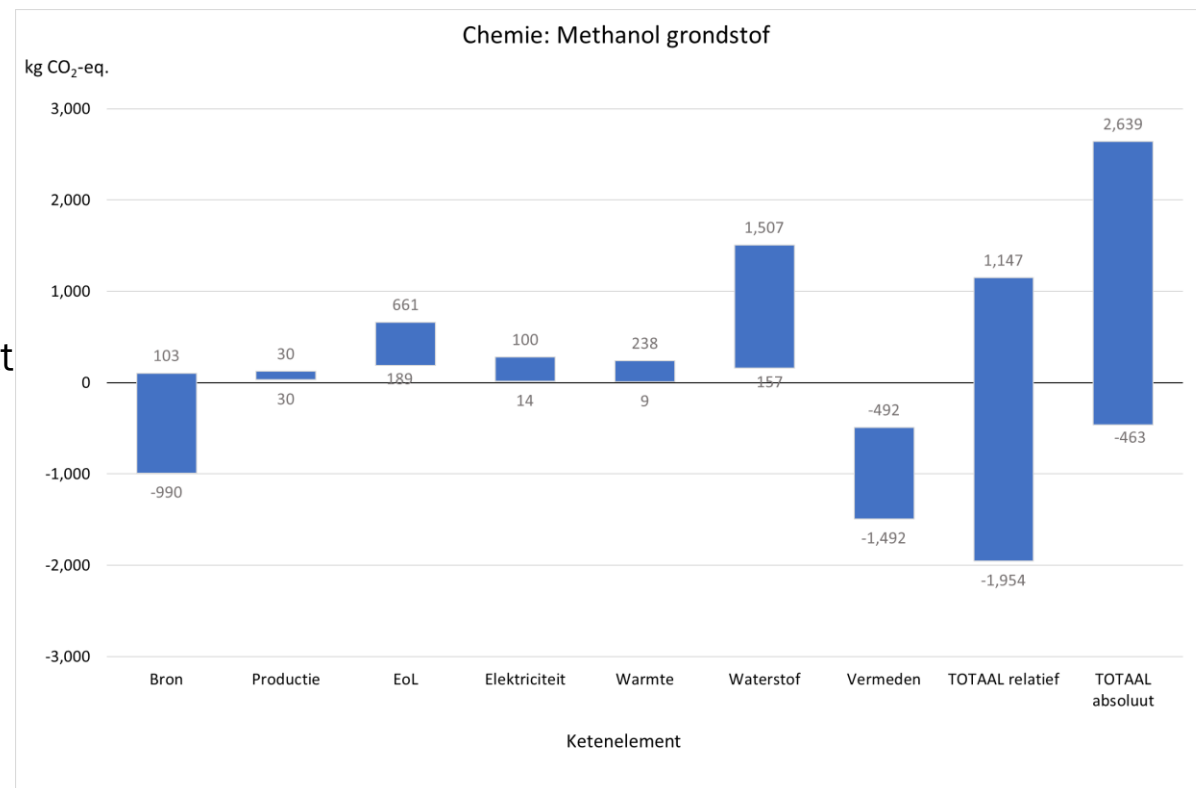




### 3. ANALYSE CCU KETENS

## CHEMIE: METHANOL

- Vanuit het perspectief van klimaatimpact is te zien dat de footprint het meest bepaald wordt door de waterstof- en CO<sub>2</sub> bron. Indien koolstof en waterstofbron volledig groen zijn, kan een substantiële emissiereductie plaats vinden ten opzichte van de huidige grijze productie en zelfs een negatieve footprint bereikt worden. Er moet hierbij ook gekeken worden naar de footprint van groene alternatieven, zoals methanol uit (secundaire) biomassa.
- Vanuit technologisch perspectief is de productie van methanol dagelijkse praktijk in Zuid-Holland. Gezien de grote methanol markt in Rotterdam is de ontwikkeling van duurzamere productiemethoden een ideale technologie fit. Temeer omdat met methanol als grondstof bestaande assets in gebruik kunnen blijven.
- Vanuit economisch perspectief zien wij Zuid-Holland niet concurrerend synthetische methanol produceren ten opzichte van andere regio's. Het kan wel zijn dat gebruikers van methanol een hoge waarde hechten aan een negatieve footprint en daar (meer) voor willen betalen. Zuid-Holland kan zeker baat hebben bij technologie ontwikkeling, ook als de industriële implementatie elders plaats vindt met in Zuid-Holland ontwikkelde technologie.

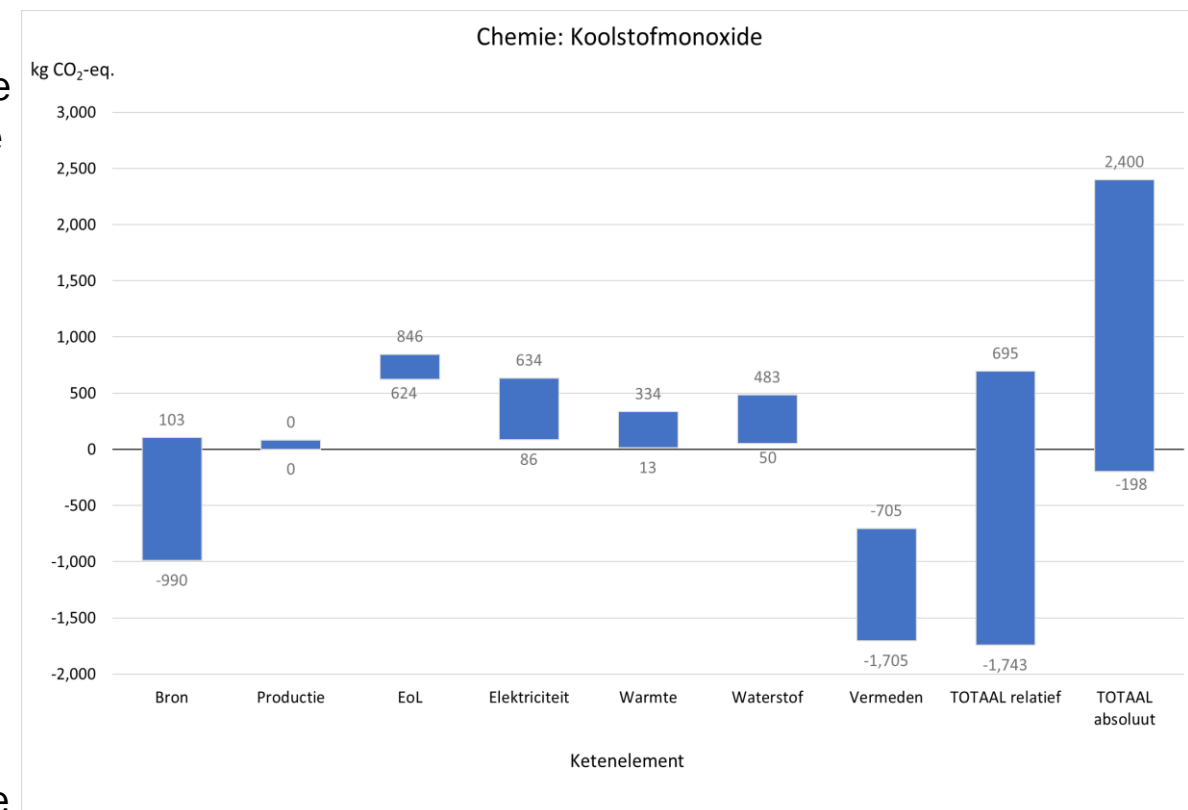




### 3. ANALYSE CCU KETENS

## CHEMIE: KOOLSTOFMONOXIDE

- › Vanuit het perspectief van klimaatimpact is te zien dat de footprint het meest bepaald wordt door de CO<sub>2</sub> bron. Indien koolstof en energiebron volledig groen zijn, kan een substantiële emissiereductie plaats vinden ten opzichte van de huidige grijze productie en in theorie kan zelfs tot een negatieve footprint worden gekomen.
- › Vanuit technologisch perspectief is de productie van koolstofmonoxide als alternatieve grondstof voor veel chemische producten een interessante optie. Op die manier kunnen dezelfde producten in het HIC gemaakt blijven worden met voor een belangrijk deel dezelfde assets dus de technologie-fit in Zuid-Holland is optimaal voor technologie ontwikkeling en grootschalige uitrol.
- › Vanuit economisch perspectief verwachten wij dat andere regio's makkelijker toegang zullen hebben tot groene bronnen, maar behoud van assets en de toegevoegde waarde van nieuwe grondstoffenroutes in de chemie schatten wij in als van zeer hoge waarde voor het HIC.

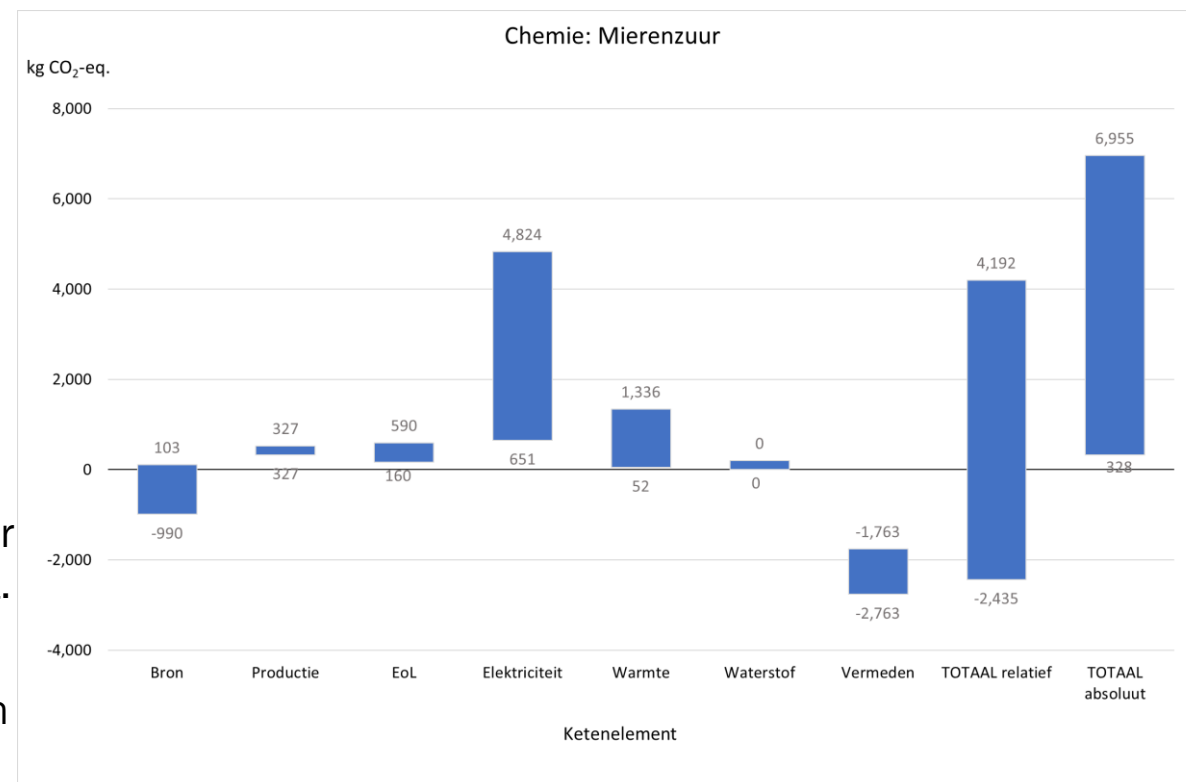




### 3. ANALYSE CCU KETENS

## CHEMIE: MIERENZUUR

- › Vanuit het perspectief van klimaatimpact is te zien dat de footprint het meest bepaald wordt door de elektriciteitsbron. Indien koolstof en waterstofbron volledig groen zijn, kan een substantiële emissiereductie plaats vinden ten opzichte van de huidige grijze productie, maar een negatieve footprint is geen mogelijkheid.
- › Vanuit technologisch perspectief is het gebruik van mierenzuur als grondstof relatief nieuw. Over de technologische toepasbaarheid (mede door de hoge energie input) is nog niet alles bekend. Wellicht krijgt mierenzuur in een aantal specifieke markten een rol, bijvoorbeeld als medium voor biotechnologie. Er is dus nog niet alles te zeggen over een mogelijke technologie fit.
- › Vanuit economisch perspectief is de markt voor mierenzuur nog onzeker. In de chemie, maar ook als brandstof, is het de vraag in welke markten de energetische input de toepassing gaat rechtvaardigen. Qua technologie ontwikkeling kan Zuid-Holland een rol spelen.

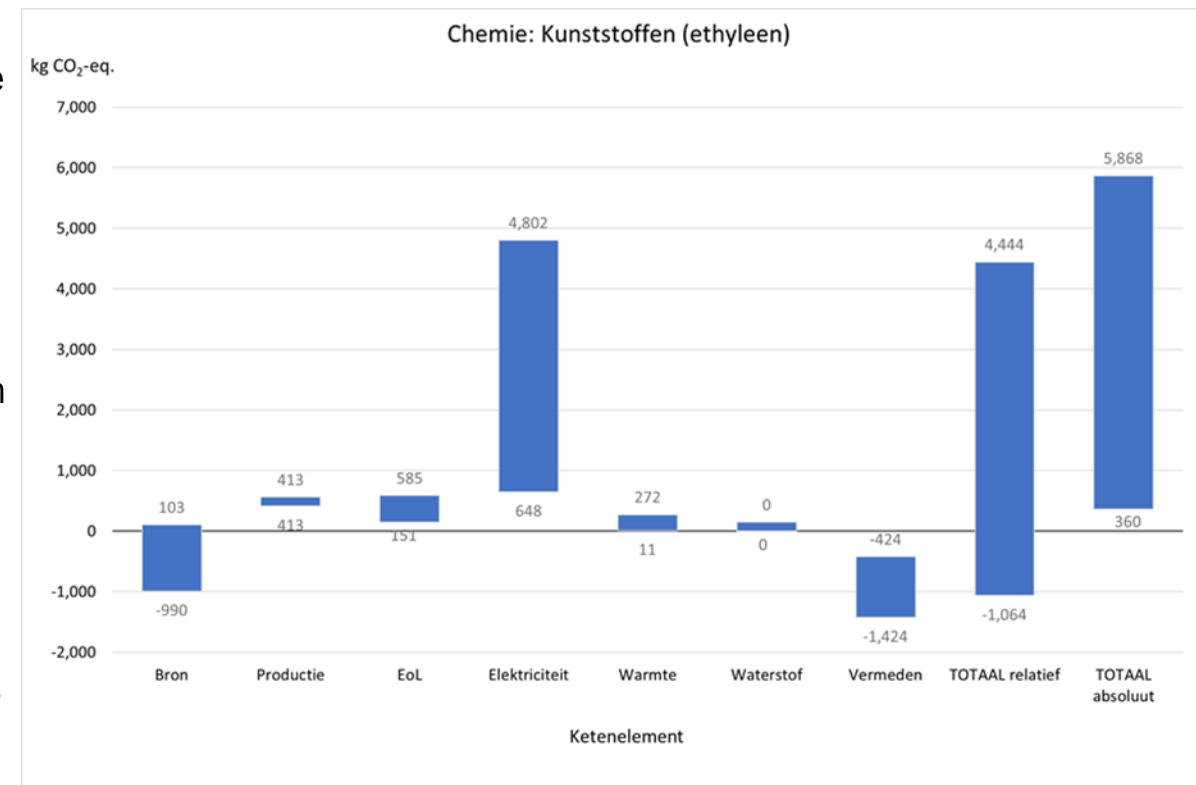




### 3. ANALYSE CCU KETENS

## CHEMIE: KUNSTSTOFFEN

- Vanuit het perspectief van klimaatimpact is te zien dat de footprint het meest bepaald wordt door de energie (elektriciteit) bron. Door de kinetische eigenschappen van CO<sub>2</sub> en ethyleen is veel energie nodig voor deze conversie en dit is milieutechnisch daarom lastig. Productie van kunststoffen met grijze elektriciteit en grijze CO<sub>2</sub> heeft geen enkele zin. Indien koolstof en energiebron volledig groen zijn, kan een substantiële emissiereductie plaats vinden ten opzichte van de huidige grijze productie. Ook met groene energiebronnen blijft de CO<sub>2</sub> footprint positief, en presteren andere ketens beter.
- Vanuit technologisch perspectief is de productie van kunststoffen een kerncompetentie van het HIC. Voor toepassingen waarbij gebruik van kunststoffen beter blijkt dan het alternatief heeft Zuid-Holland een ideale uitgangspositie voor technologie ontwikkeling en grootschalige uitrol.
- Vanuit economisch perspectief zien wij – vanwege de hoge economische waarde – ondanks een CO<sub>2</sub> footprint een toekomst voor de productie van synthetische kunststoffen in Zuid-Holland. Vanwege de hoge waarde verwachten wij dat de producenten van kunststoffen verhoudingsgewijs meer kunnen betalen voor de groene CO<sub>2</sub> en elektriciteit. Onder voorwaarde van groene grondstoffen zien wij hier een markt voor Zuid-Holland.



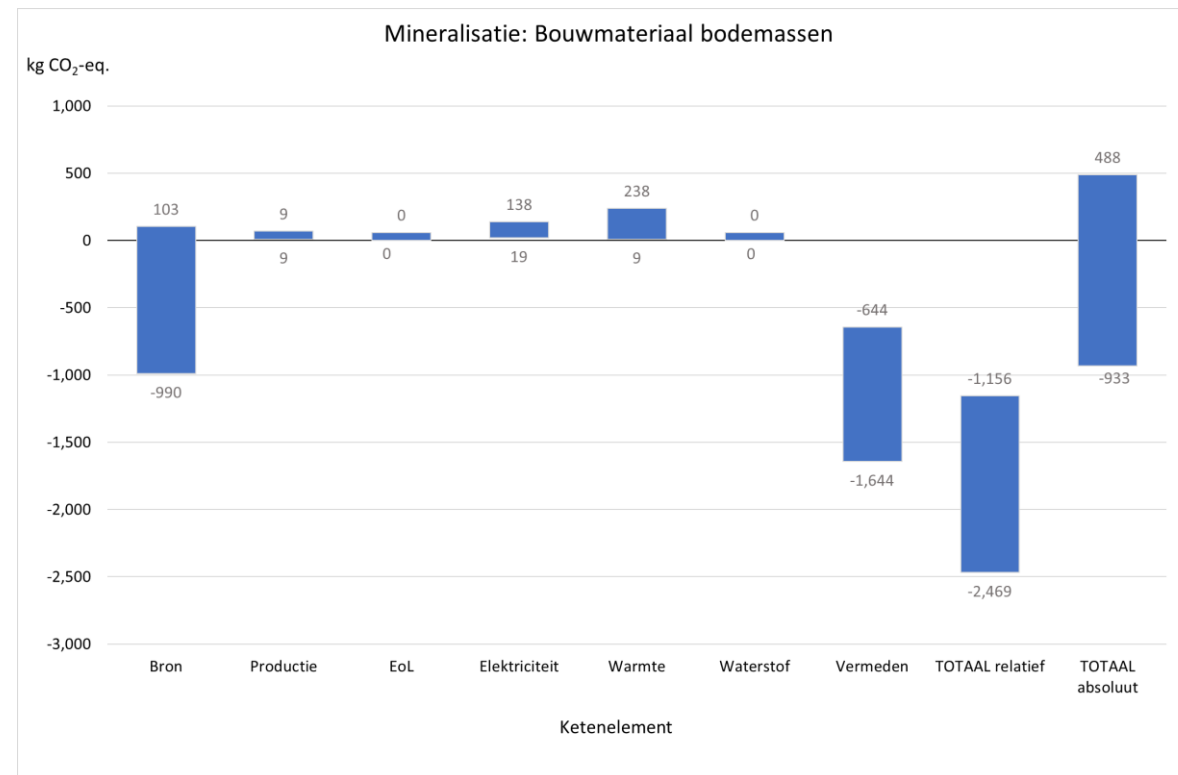




### 3. ANALYSE CCU KETENS

## MINERALISATIE: BOUWMATERIAAL

- Vanuit het perspectief van klimaatimpact is meteen duidelijk dat de footprint met name bepaald wordt door de CO<sub>2</sub> bron. Zeker ten opzichte van huidige productieprocessen kan een sterk negatieve footprint bereikt worden, maar ook in de toekomst blijft dat zo. Hier is dus serieus sprake van negatieve emissies. Daarnaast wordt een afvalproduct (bodemas) omgezet tot bouw materiaal.
- Vanuit technologisch perspectief is de productie van bouwmaterialen uit bodemassen vooral buiten Zuid-Holland (en Europa) al commercieel. In Nederland wordt de eerste pilot ontwikkeld in Duiven. Gezien de relatief grote volumes bodemassen in Nederland (2 miljoen ton), waarvan een deel in de installaties in Rotterdam en Dordrecht, zou er een technologische fit moeten zijn in Zuid-Holland.
- Vanuit economisch perspectief zien we een interessante markt ontstaan vanuit de bouwopgave in Zuid-Holland en vanuit de beschikbaarheid van bodemassen. Deze nieuwe markt voor Zuid-Holland kent echter nog geen ontwikkeld systeem van vragende en aanbiedende partijen. Vanuit het perspectief van klimaatimpact zou dat wel zeer gewenst zijn.

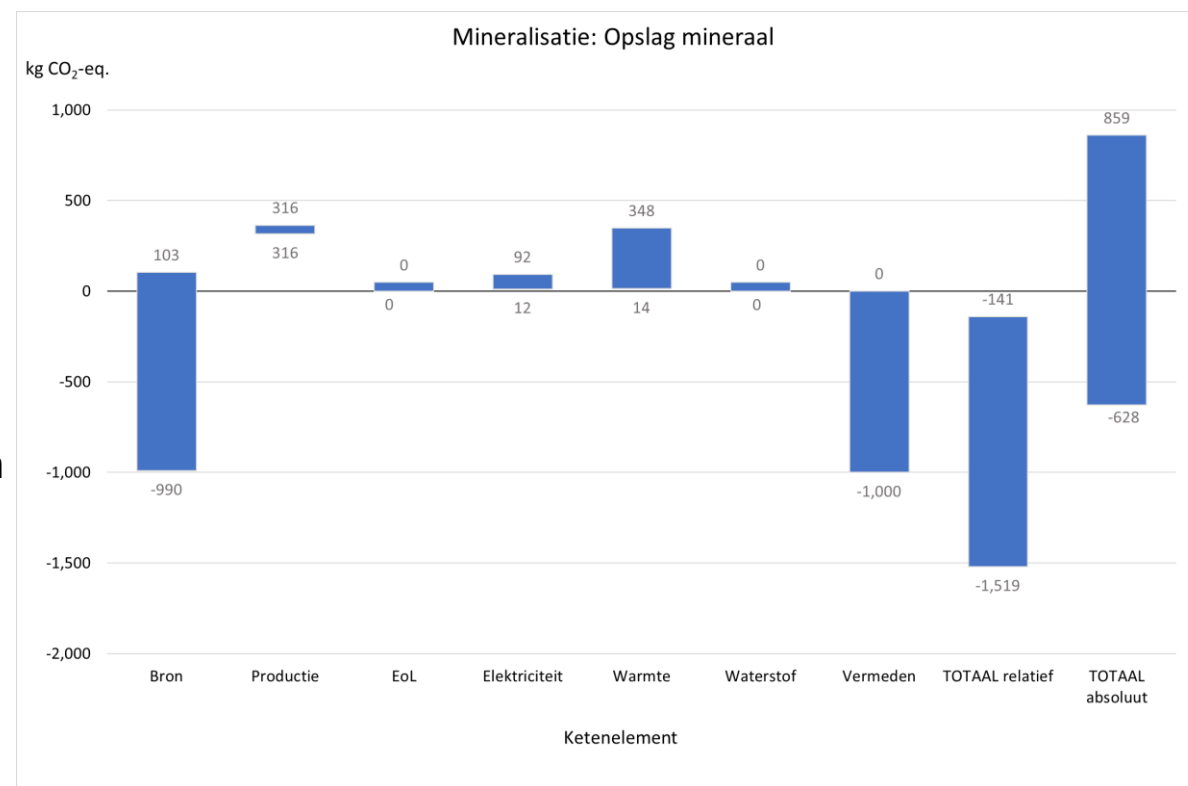




### 3. ANALYSE CCU KETENS

## MINERALISATIE: OPSLAG

- › Vanuit het perspectief van klimaatimpact is duidelijk dat de footprint met name bepaald wordt door de CO<sub>2</sub> bron. Zeker ten opzichte van huidige productieprocessen kan een sterk negatieve footprint bereikt worden, maar ook in de toekomst blijft dat zo (minder dan bij bouwmaterialen). Ook hier is dus sprake van negatieve emissies. Er is nog wel onzekerheid over de daadwerkelijke footprint in relatie tot het delven van het uitgangsmateriaal en het transport ervan.
- › Vanuit technologisch perspectief is het opslaan van CO<sub>2</sub> in mineralen al commercieel. De eerste projecten op dit gebied zijn in Nederland al in ontwikkeling of uitgevoerd (met name olivijn projecten). De toepassing ervan in Zuid-Holland kan - met name bij de aanleg van openbare werken en dan in de vorm van (half)verharding - wellicht een goede rol spelen.
- › Vanuit economisch perspectief zien we een interessante markt in Zuid-Holland vanuit het perspectief van openbare werken en de behoefte aan vormen van half verharding in relatie tot klimaatadaptatie. Vanuit het perspectief van klimaatimpact zou dat ook gewenst zijn.

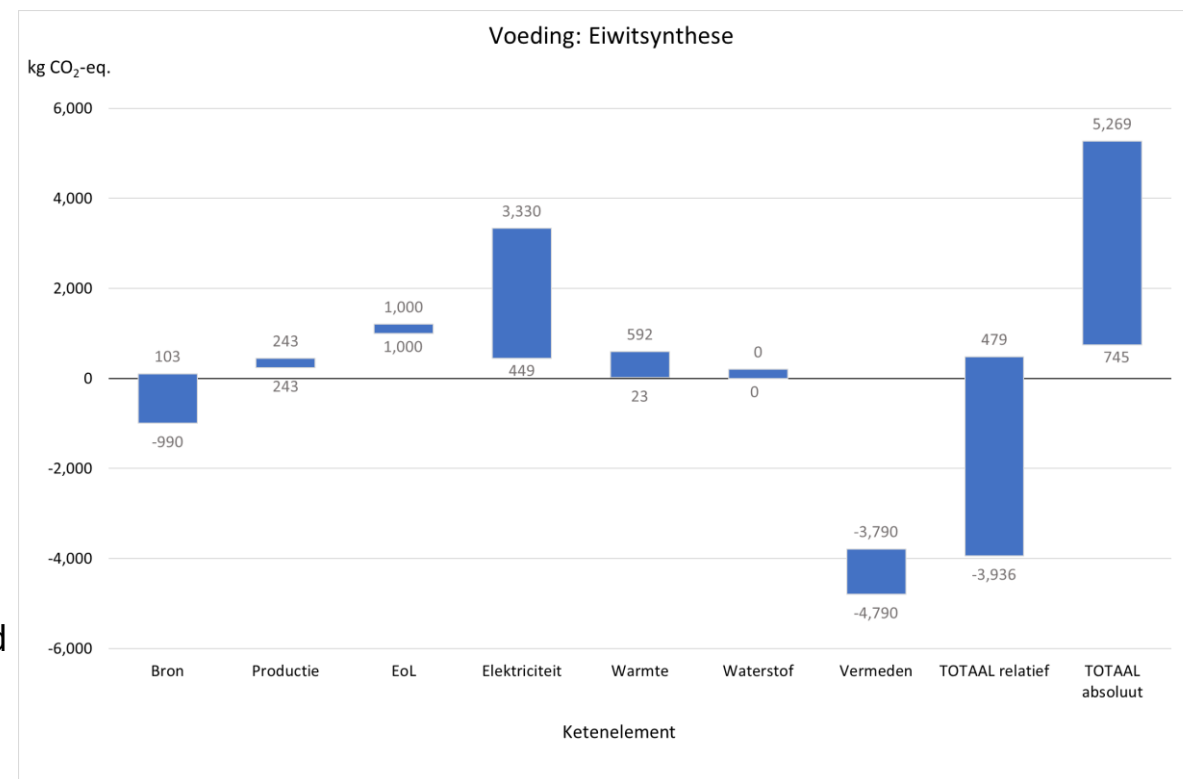




### 3. ANALYSE CCU KETENS

## VOEDING: EIWITSYNTHESE

- › Vanuit het perspectief van klimaatimpact is te zien dat de footprint het meest bepaald wordt door de energie en CO<sub>2</sub> bron. Indien koolstof en energiebron volledig groen zijn, kan een substantiële emissiereductie plaats vinden ten opzichte van de huidige productie. Een negatieve footprint is niet mogelijk. De waarde zit dan ook in het vermijden van de alternatieve productieroutes (landbouw) met een slechtere footprint en impact op landverbruik, toxiciteit en verzuring.
- › Vanuit technologisch perspectief is de productie van synthetische eiwitten nog relatief nieuw (in Zuid-Holland). Gezien de grote relatieve impact is dit een interessante markt die Zuid-Holland zou kunnen passen. De eerlijkheid gebiedt te zeggen dat andere clusters in Nederland misschien beter scoren op bestaande biochemische productieketens.
- › Vanuit economisch perspectief is het nog onzeker of Zuid-Holland concurrerend kan produceren. Kostprijs van grondstoffen en nabijheid van de afzet zijn daarbij belangrijke factoren. Zuid-Holland kan zeker baat hebben bij technologie ontwikkeling, ook als de industriële implementatie elders plaats vindt. Of eiwitsynthese bij kan dragen aan het groeiende aantal biochemische verwaardingsroutes in Zuid-Holland is nog onduidelijk.

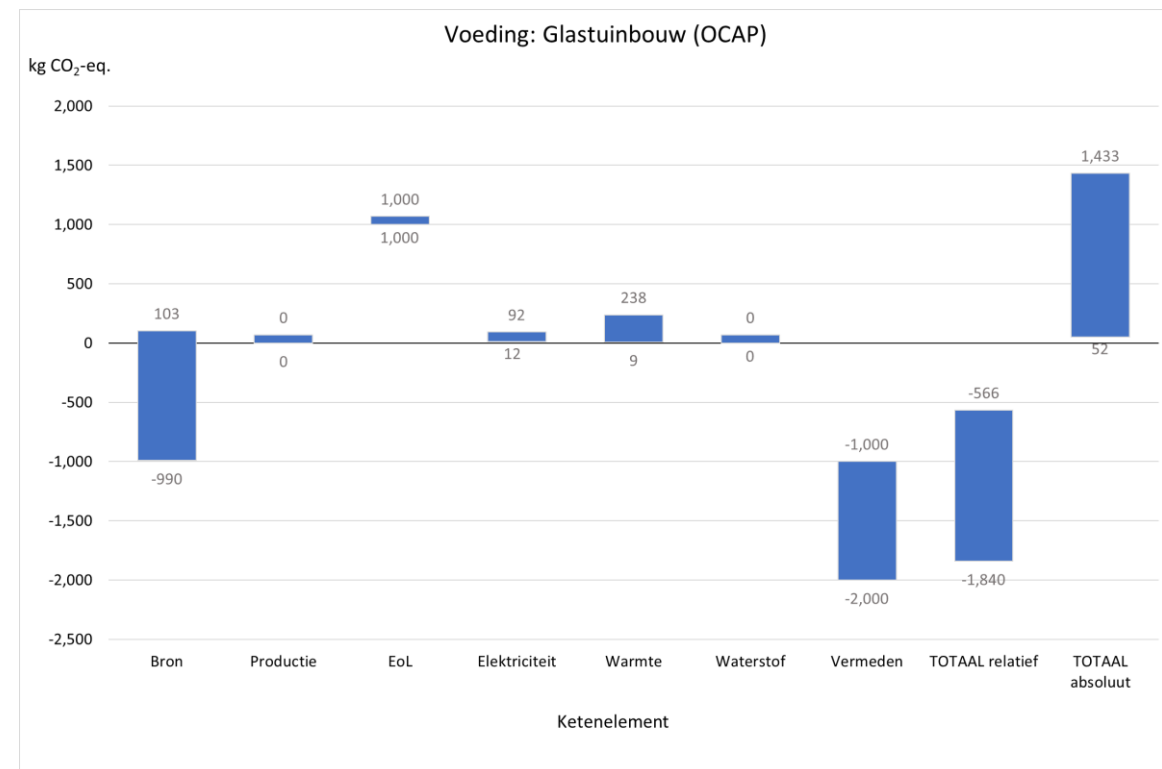




### 3. ANALYSE CCU KETENS

## VOEDING: GLASTUINBOUW

- › Vanuit het perspectief van klimaatimpact bepaalt de oorsprong van de CO<sub>2</sub> de footprint van het product. Belangrijk is te beseffen dat voor de korte termijn de tuinder vooral gebaat is bij het vermijden van aardgasverbruik doordat hij andere CO<sub>2</sub> krijgt; de oorsprong is voor de tuinder op dit moment minder van belang. Een negatieve footprint bij toepassing in de tuinbouw kan niet worden bereikt, omdat de CO<sub>2</sub> in voedsel niet langdurig wordt opgeslagen.
- › Vanuit technologisch perspectief is de toepassing van CO<sub>2</sub> in de kas dagelijkse praktijk in Zuid-Holland. Sterker nog, de vraag naar CO<sub>2</sub> is veel groter dan de markt op dit moment kan bieden. Vanuit technologisch perspectief is het dan ook zeer interessant te kijken naar aanvullende CO<sub>2</sub> bronnen voor de tuinbouw.
- › Vanuit economisch perspectief is de duurzaamheid van de productie in de glastuinbouw de sleutel voor het voortbestaan ervan. Zuid-Holland is het wereldcentrum van de glastuinbouw en zou dus in dat opzicht voor moeten lopen op wat er elders in de wereld gebeurt. Voldoende CO<sub>2</sub> voor de glastuinbouw is dan ook vanuit economisch perspectief een keiharde noodzaak.



## › 3. ANALYSE CCU KETENS

### CONCLUSIES

- › Zonder groene CO<sub>2</sub> en energie heeft het op lange termijn helemaal geen zin om CCU toe te passen, behalve bij echte vastlegging van de koolstof in bouwmaterialen.
- › Dat CCU routes op lange termijn een footprint blijven hebben (a.g.v. restemissies fossiele technologie infrastructuur), is begrijpelijk en acceptabel als:
  1. de alternatieve productieroutes slechter scoren, of;
  2. deze footprint elders weer gecompenseerd wordt.
- › Schaarste aan groene CO<sub>2</sub> zou het aantal mogelijke toepassingen voor CCU kunnen beperken. Op lange termijn is DAC daarvoor wellicht de sleutel, omdat biogene stromen in volume altijd beperkt zullen blijven. Anticiperend beleid gericht op DAC is dus gewenst in Zuid-Holland (ruimtegebruik en beschikbaarheid warmte).
- › Beschikbaarheid van groene waterstof in voldoende volume en voor een concurrerende prijs kan met name in brandstoffen het verschil maken, beschikbaarheid van groene elektriciteit is in sommige chemische routes de sleutel en soms is duurzame warmte dat. Met name voor kerosine zou dat een game-changer kunnen zijn.
- › Vanuit technologisch perspectief gezien is een technologie fit op alle thema's in Zuid-Holland te vinden. Eigenlijk is dat geen uitsluitend criterium, behalve waar het gaat om het in stand houden van bestaande assets in het HIC.
- › Vanuit economisch perspectief zijn, vooral in brandstoffen en chemicaliën, de routes die veel waarde toevoegen interessant en niet zozeer de basisproducten, omdat zij elders goedkoper geproduceerd kunnen worden. Voor mineralisatie zien we grote kansen en de glastuinbouw is een niet te vermijden markt.



[Terug naar](#)  
inhoudsopgave



## › 3. ANALYSE CCU KETENS

### CONCLUSIES

- › Gekozen is voor de huidige meest volwassen CCU productieprocessen, wat niet noodzakelijk de beste hoeft te zijn. Alle processen bevinden zich nog in een vroeg ontwikkelstadium, waardoor de onzekerheden rond de technologieprestatie nog groot zijn.
- › Brandstoffen: Brandstoffen zijn moeilijk helemaal CO<sub>2</sub>-neutraal te maken, omdat emissies bij gebruik vrijkomen. Er is waarschijnlijk geen grote productiemarkt voor CCU-brandstoffen in Zuid-Holland, omdat brandstoffen elders goedkoper geproduceerd kunnen worden. Wel is er een hele belangrijke rol voor provincie Zuid-Holland in technologieontwikkeling van nieuwe vormen van duurzame brandstoffen, internationaal vermarkten daarvan en de doorvoer van elders geproduceerde duurzame brandstoffen.
- › Chemie: met name voor CO en methanol (bij chemisch gebruik) is er een interessante markt. Niet alle chemische ketens presteren even goed qua footprint, en de uitdaging is voldoende groene CO<sub>2</sub> en duurzame energie voor productie beschikbaar te hebben. Deze routes passen goed bij het huidig productiecluster en vermijdt *stranded assets*.
- › Mineralisatie: met name voor bouwmaterialen is er een grote nog onderontwikkelde markt die ondersteund moet worden om de potentie – ook in negatieve emissies – waar te maken. Met mineralisatie kan een flinke negatieve CO<sub>2</sub> footprint worden verkregen.
- › Voeding: De synthese van eiwitten met CO<sub>2</sub> is een interessante nieuwe markt in combinatie met andere biochemische routes in opkomst. Het leveren van CO<sub>2</sub> aan glastuinbouw blijft nodig en is pure noodzaak vanuit milieu en economisch perspectief.



[Terug naar](#)  
inhoudsopgave

Beleidsaanbevelingen voor  
provincie Zuid Holland  
*Hoofdstuk 4*

» **VAN LCA NAAR HANDELINGS-  
PERSPECTIEF AAN DE HAND VAN  
NATIONALE EN EUROPESE KADERS**

## › 4. BELEIDSAANBEVELINGEN VOOR PROVINCIE ZUID HOLLAND

### DEELONDERWERPEN

- Europees instrumentarium:
  - RED II
  - EU-ETS
  - Overig
  - Financieringsprogramma's
- Nationaal instrumentarium:
  - SDE++
  - Klimaatakkoord
  - CO<sub>2</sub>-heffing
  - Pilot CO<sub>2</sub>-toedeling Glastuinbouw
  - Smartport samenwerking
  - Financieringsprogramma's
- Provinciaal handelingsperspectief

# Europees instrumentarium

# › EUROPEES INSTRUMENTARIUM

## RED II

- De [Renewable Energy Directive 2018/2001/EU](#) (ofwel RED II) specificeert nationale targets voor hernieuwbare energie per land.
- De RED II heeft daarnaast duurzaamheids- en broeikasgasemissiereductiecriteria vastgesteld voor biobrandstoffen, vloeibare biomassa en biomassabrandstoffen.
- Uiterlijk op 1 januari 2021 wordt (...) een gedelegeerde handeling vastgesteld ter aanvulling van deze richtlijn door de vaststelling van de nodige minimumdrempels voor broeikasgasemissiereductie van brandstoffen op basis van hergebruikte koolstof (RCFs) middels de levenscyclusbeoordeling, waarbij rekening wordt gehouden met de specifieke kenmerken van elke brandstof.
- Bijmengverplichting:
  - De RED II vereist dat in 2030 minimaal 2,6% van de aan transport geleverde energie gedekt is door Renewable Fuel of Non-Biological Origin (RFNBOs), waaronder CCU-fuels vallen;
  - De RED II vereist dat in 2030 50% van het gebruik van waterstof in de industrie wordt gedekt door RFNBOs voor energetische en non-energetische doeleinden. Hieronder valt geen transport.
- Deze verplichtingen creëren een vraag naar RFNBOs in de industrie, mogelijk in de vorm van methanol, mierenzuur etc.

# › EUROPESE INSTRUMENTARIUM

## EU-ETS

- De EU-ETS erkent, in een voorstel dat voortkomt uit het [Fitfor55](#) pakket, dat CO<sub>2</sub> die chemisch en permanent in een product is gebonden – zoals bij CO<sub>2</sub>-mineralisatie – is uitgesloten van de verplichting tot inlevering van emissierechten. Precieze richtlijnen volgen over een aantal maanden.
- De ETS kondigt specifieke bepalingen aan om dubbeltellingen te voorkomen van emissies die vrijkomen door het gebruik van RFNBOs, en die zijn geproduceerd uit CO<sub>2</sub> die wordt uitgestoten in het kader van activiteiten die onder het ETS vallen.



# › OVERIGE INSTRUMENTARIUM EU

## DIRECT GEADRESSEERD IN FIT-FOR-55 PAKKET

- [ReFuelEU Aviation](#):
  - Stelt bindende *doelen per volume-aandelen* voor RFNBO: minimaal 0,7% van kerosine moet vervangen worden door RFNBOs tegen 2025; minimaal 8% tegen 2040 en minimaal 28% tegen 2050. Dit is onderdeel van de bijmengverplichting van 2% aan Sustainable Aviation Fuels (SAF) in 2025, 5% in 2030 tot 63% in 2050.
- [Fuel EU Maritime](#):
  - Stelt bindende *broeikasgasreductiedoelstellingen* voor schepen vast: 2% in 2025; 6% in 2030; 26% in 2040 en 75% in 2050 door RFNBOs op te nemen om deze doelen te bereiken.
- Herziening [Energy Taxation Directive](#):
  - Stelt minimale belastingtarieven vast van 0% voor een overgangperiode van 10 jaar (2023-2033) voor RFNBOs en andere duurzame en koolstofarme brandstoffen (zoals methanol, e-LNG, e-diesel etc.) voor specifieke soorten lucht- en watervvaart.

# › OVERIG INSTRUMENTARIUM EU

## GEADRESSEERD IN BREDERE FIT-FOR-55 PAKKET

- [Carbon Removal Credit Mechanism](#) (CRCM):
  - Dit mechanisme verleent certificaten aan bedrijven die aantoonbaar CO<sub>2</sub> verwijderen ('removal') uit de atmosfeer;
  - Momenteel worden criteria voor de definitie van 'removal' opgesteld, de duur van de CO<sub>2</sub>-opslag, de potentie voor lekkage, toepassing van de certificaten, etc. Deze criteria zullen bepalen welke oplossingen in scope zijn.
- [Carbon Border Adjustment Mechanism](#) (CBAM):
  - Dit mechanisme zal een CO<sub>2</sub>-prijs opleggen aan de import van een selectie van producten, zodat ambitieuze, duurzame Europese producten niet worden vervangen door non-EU producten die goedkoper, maar minder duurzaam zijn.
- [Energy Efficiency Directive](#):
  - Geen directe verwijzing naar CCU, maar decarbonisering van industrieën is opgenomen als bijdrage aan vermindering van energieverbruik.
- [Deployment of Alternative Fuels Infrastructure](#):
  - Werkt aan verschuiving naar hernieuwbare en koolstofarme brandstoffen in bestaande infrastructuur.
- [Effort Sharing Regulation](#):
  - Streeft naar gedifferentieerde nationale plannen voor CO<sub>2</sub>-emissiereducties om de lasten van klimaatactie eerlijk te delen.

# TIJDLIJN

## EUROPEES INSTRUMENTARIUM

| Instrument                                     | Datum voor in werking treding                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Herziening EU-ETS                              | Het Fitfor55-pakket zal de komende maanden worden besproken door de Raad van de Europese Unie en het Europees Parlement voordat het definitief door alle EU-instellingen wordt aangenomen. |
| Herziening RED II                              |                                                                                                                                                                                            |
| ReFuelEU Aviation                              |                                                                                                                                                                                            |
| Fuel EU Maritime                               |                                                                                                                                                                                            |
| Herziening Energy Taxation Directive           |                                                                                                                                                                                            |
| Carbon Removal Credit Mechanism                | Naar verwachting in 2023                                                                                                                                                                   |
| Carbon Border Adjustment Mechanism             | Januari 2026, na een 3-jarige transitieperiode                                                                                                                                             |
| Energy Efficiency Directive                    | Voorstel gedaan in juli 2021; komende maanden besproken                                                                                                                                    |
| Deployment of Alternative Fuels Infrastructure | 8 december 2021                                                                                                                                                                            |
| Effort Sharing Regulation                      | Voorstel gedaan in juli 2021; komende maanden besproken                                                                                                                                    |

# › EUROPEES INSTRUMENTARIUM

## FINANCIERINGSPROGRAMMA'S

- Het [ETS Innovatiefonds](#) zal in de periode 2020-2030, afhankelijk van de koolstofprijs, ongeveer € 20 miljard aan steun verlenen voor de commerciële demonstratie van innovatieve koolstofarme technologieën, met als doel industriële oplossingen op de markt te brengen om Europa koolstofarmer te maken en de overgang naar klimaatneutraliteit te ondersteunen.
- Het [Just Transition Mechanism](#) bestaat uit drie pijlers:
  - [Het Just Transition Fund](#) (JTM) streeft ernaar om, voor de meest getroffen gebieden, de economische, ecologische en sociale kosten van de overgang naar klimaatneutraliteit tegen 2050 te verlichten, en ervoor te zorgen dat deze EU-doelstelling op een effectieve en eerlijke manier wordt bereikt. Dit Fonds is m.n. bedoeld voor [opschalingsinitiatieven](#);
  - Een specifieke regeling in het kader van [InvestEU](#), de opvolger van o.a. het [Europees Fonds voor strategische investeringen](#);
  - Een door de European Investment Bank verstrekte leningsfaciliteit voor de openbare sector om extra investeringen in de betrokken regio's te mobiliseren.
- Andere EU-financieringsprogramma's die CCU synergetisch zouden kunnen financieren:
  - [Horizon 2020](#);
  - Europese structuurinvesteringfondsen;
  - [Onderzoek voor Kolen- en Staalfondsen](#).

## › CONCLUSIE EUROPESE BELEIDSCONTEXT

- Tot nu toe zit CCU nog nauwelijks in de Europese scope. De ambitie daarvoor leeft wel binnen Europa. De EC ziet de uitdaging, maar heeft nog niet de handvatten / instrumenten om daar beleid op te vormen.
- Eerste signalen komen vanuit het Fit-for-55 pakket via de RED II onder RFNBOs en de EU-ETS voor mineralisatie en RFNBOs.
- Verwachting is dat daar in komende 5 jaar beleid op wordt geformuleerd.
- Sleutel is: ontwikkeling van universele methode om emissiewinst bij CCU te kunnen meten (bijvoorbeeld met LCA).
- De Temporary Working Group Carbon Dioxide Removal is bijvoorbeeld bezig met een definitie van Carbon Dioxide Removal, gebaseerd op het [Zero emissions platform](#) rapport *Europe needs robust accounting for carbon dioxide **removal***.

# Nationaal instrumentarium

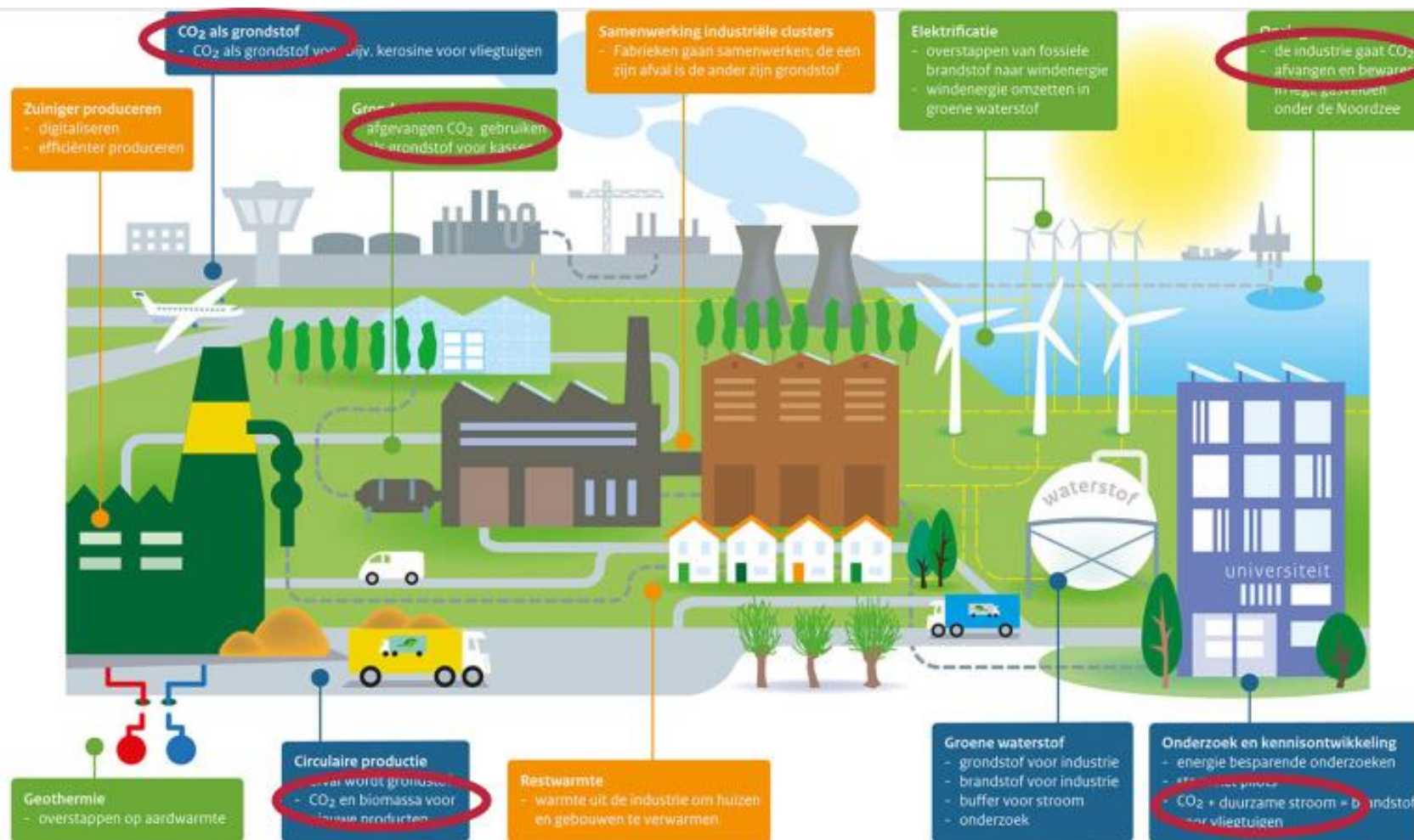


# › **NATIONAAL INSTRUMENTARIUM**

## **SDE++**

- › Belangrijkste Nederlandse subsidie voor duurzame technologieën.
- › Betaalt het verschil tussen het duurzame en reguliere alternatief.
- › Sinds dit jaar alleen open voor aanvragen vanuit de glastuinbouw.
- › Andere CCU routes worden op korte termijn niet verwacht in de SDE++.
- › Voor CCS geldt: SDE++ betaalt het verschil tussen wat het kost om CO<sub>2</sub> op te slaan, en wat het kost om de CO<sub>2</sub> te emitteren (EU-ETS prijs).

# NATIONAAL INSTRUMENTARIUM KLIMAATAKKOORD



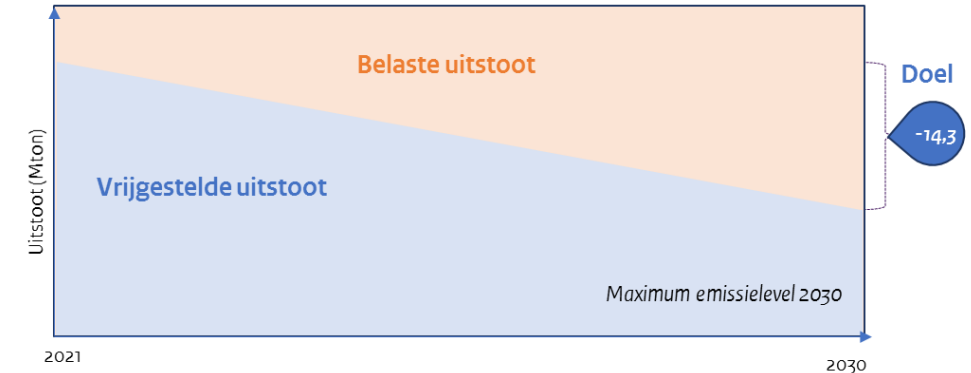
# › **NATIONAAL INSTRUMENTARIUM**

## **KLIMAATAKKOORD**

- Heeft in lijn met de RED II afspraken gemaakt over verduurzaming van grondstoffengebruik (lijn 3 Klimaatakkoord), zoals vervangen van fossiele koolstof door hernieuwbare bronnen (biomassa, afval, CO<sub>2</sub>).
- De tuinbouw gaat meer CO<sub>2</sub> afnemen vanuit de industrie.
- Zet actief in op de ETS-erkenning voor relevante CO<sub>2</sub>-reductiemaatregelen, zoals CCU, (...).
- Onderdeel Klimaatakkoord: MMIP6:
  - Meerjarig missiegedreven innovatieprogramma, het deelprogramma 3 behandelt CCU;
  - CCU wordt geïdentificeerd als belangrijke kans om emissies te reduceren;
  - Inzet op CCU nu vooral gericht op leren en innoveren.
- Inzet van middelen vanuit het Klimaatakkoord:
  - De focus van de inzet van middelen wordt gericht op drie of vier families van technologieën, zoals elektrolyse van water (groene waterstof), elektrificatie, CCU, circulaire processen, betere inzet van reststromen en groen gas en warmte-uitkoppeling.

# › NATIONAAL INSTRUMENTARIUM

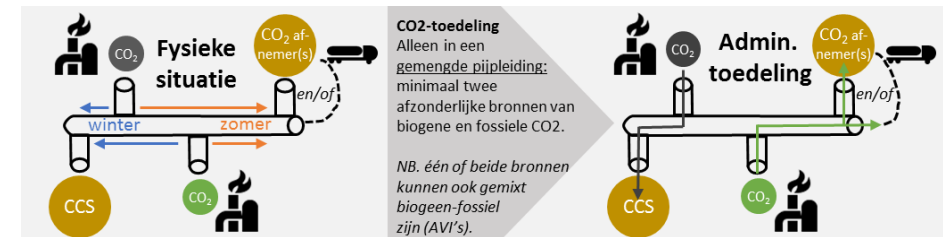
## NATIONALE CO<sub>2</sub>-HEFFING



- › Van 1 januari 2021 t/m 2030 is de [CO<sub>2</sub>-heffing](#) voor de industrie in werking, met als doel een effectieve prikkel te geven om de benodigde CO<sub>2</sub>-uitstoot in de industrie te reduceren en daarmee de doelstelling voor 2030 uit het Klimaatakkoord te borgen, namelijk een daling van 14,3 Mton t.o.v. 2021.
- › Het heffingstarief, de prijs per ton over de belaste uitstoot, loopt lineair op van € 30 in 2021 tot € 125 in 2030 (onderhevig aan evt. herijkingen). Voor installaties die ook onder het EU-ETS vallen, wordt de ETS-prijs in mindering gebracht op het heffingstarief.
- › Onderdeel van de heffing is de handel in dispensatierechten tussen bedrijven. Zo kunnen bedrijven die meer kunnen reduceren dan voor hun eigen installatie nodig is binnen de heffing, hun overschot aan dispensatierechten verhandelen met bedrijven die minder handelingsperspectief hebben.
- › Echter, zolang we niet kunnen aantonen wat de emissiereductie van CCU is aan de hand van LCA-analyses, kunnen we ook nog geen emissiereductie toekennen onder de CO<sub>2</sub>-heffing.
- › Voor de glastuinbouw wordt de emissiereductie toegekend aan het verminderde aardgasverbruik bij de tuinders.

# › **NATIONAAL INSTRUMENTARIUM**

## **PILOT CO<sub>2</sub>-TOEDELING GLASTUINBOUW**

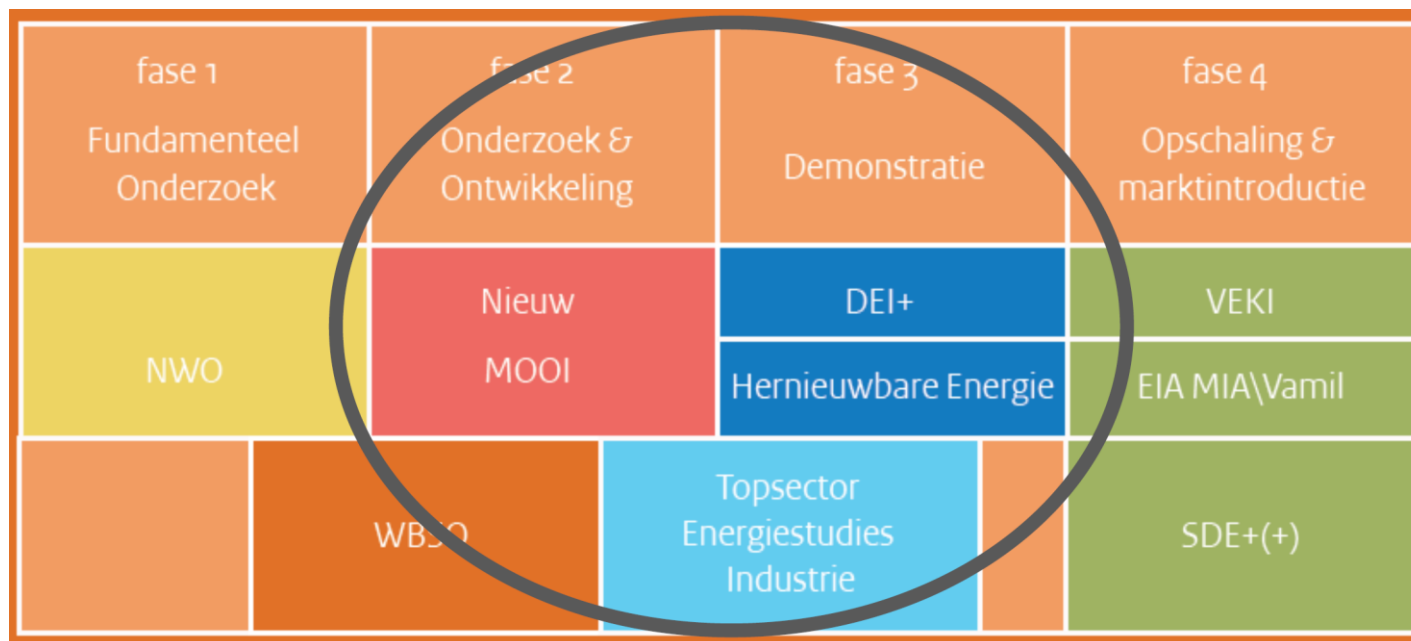


- › Er is onderzocht hoe de CO<sub>2</sub>-infrastructuur zo kan worden benut dat levering aan zowel de glastuinbouw als CCS optimaal wordt ingericht, zowel technisch als administratief.
- › Hiertoe is een oplossing in ontwikkeling waarbij door middel van een administratieve verrekening op jaarbasis uitsluitend biogene CO<sub>2</sub> aan de glastuinbouw wordt geleverd en fossiele CO<sub>2</sub> voor CCS.
- › Deze administratieve toedeling is nodig, omdat CO<sub>2</sub> van fossiele oorsprong telt als uitstoot en CO<sub>2</sub> van biogene oorsprong (biomassa) niet meetelt als uitstoot in het EU-ETS.
- › Dit is relevant, omdat voor biogene CO<sub>2</sub>-uitstoot niet hoeft te worden betaald in het EU-ETS en de nationale CO<sub>2</sub>-heffing.
- › Door CO<sub>2</sub>-toedeling kan meer biogene CO<sub>2</sub> nuttig gebruikt worden en kan er beter ingespeeld worden op de seizoensgebonden vraag van de glastuinbouw.
- › Het onderzoek laat zien dat er potentie is voor CO<sub>2</sub>-toedeling, maar dat het toepassen en inpassen ervan nog onzekerheden kent. Het blijft ongewis of de technische risico's (zie [kamerbrief](#)) in de toekomst opgelost kunnen worden.

# › **NATIONAAL INSTRUMENTARIUM**

## **FINANCIERINGSPROGRAMMA'S**

- › Zie hiervoor de [Factsheet CCU-subsidies 2020](#). Aan bod komen de regelingen MOOI, DEI+, Topsector Energiestudies, TSE Industrie en Hernieuwbare brandstoffen.
- › Veranderingen: in juli 2021 werd de [TSE Industrie](#) regeling opnieuw opengesteld (momenteel alweer gesloten).





## › CONCLUSIE NATIONALE BELEIDSCONTEXT

- › Nederland volgt hier het Europees beleid.
- › In innovatieprogramma's en in subsidiekaders krijgt CCU zeker aandacht.
- › Tegelijkertijd: een beleidskader dat CCU waardeert, ontbreekt nog.
- › Behalve dan voor de glastuinbouw met SDE++: glastuinbouw is subsidiabel geworden voor exploitatiesubsidies.

# Provinciaal handelingsperspectief

## › PROVINCIALE BELEIDSCONTEXT

- › Naar verwachting wordt er op Europees niveau een standaard voor LCAs ontwikkeld die berekent hoeveel emissies je bespaart met een CCU toepassing.
- › Dat zal de basis zijn voor beleid en subsidies.
- › Nederland en provincie Zuid-Holland kunnen dat beleid volgen en hoeven dat niet zelf te ontwikkelen.
- › Toch kunnen we nu al wel zeggen dat wij verwachten dat de CCU-routes die leiden tot substantiële emissiereducties, ondersteund gaan worden vanuit Europees (en dus Nederlands) beleids- en subsidie-instrumentarium.
- › Vooruitlopend op effectuering van het beleid kan de provincie al kijken hoe die technologieën in Zuid-Holland verder ontwikkeld kunnen worden.
- › Vanuit innovatieperspectief (TRL 4 tot en met 7), nog niet vanuit grootschalig opschaalperspectief. Dat is wellicht over enkele jaren aan de orde.
- › In andere industriële clusters lopen m.n. private samenwerkingen: in Zeeland richt de North CCU Hub zich op een strategie voor groene methanol; in Groningen is er een duidelijke strategie voor het verwaarden van CO<sub>2</sub> uit groene reststromen (BioMCN, Photanol, OmegaGreen); in Limburg vindt een hele brede zoektocht plaats (OCI en Brightlands). In Amsterdam loopt, sinds het te koop staan van AEB en de huidige ontwikkelingen rondom Athos, weinig samenwerking op CCU.
- › In geen van deze clusters speelt een publiek getrokken samenwerking op CCU. Provincie Zuid-Holland zou daarin dus de *first of its kind* kunnen zijn.

## › PROVINCIAAL HANDELINGSPERSPECTIEF

- › Hoofdvraag: Hoe faciliteren we de CCU-technologieën met CO<sub>2</sub>-emissiereductie potentieel op Zuid-Hollandse bodem?
- › We constateren op basis van de LCA en de technologische en economische fit in Zuid-Holland dat de volgende productketens op basis van CCU in Zuid-Holland tot nieuwe toekomstbestendige economie kan leiden:
  - › Technologie ontwikkeling over de hele scope van de onderzochte waardeketens (11) in de lagere TRL's;
  - › Grootschalige implementatie van met name mineralisatie, glastuinbouw, eiwitsynthese, chemie (CO en methanol) én waardevermeerdering van basisproducten die elders op basis van CCU zijn gemaakt (e.g. kerosine vanuit methanol).
- › Qua beleidsontwikkeling en grootschalige (exploitatie) subsidies kan Zuid-Holland de ontwikkeling op Europees en Nationaal niveau volgen. Zuid-Holland kan zich aanvullend daarop onderscheiden door:
  - › Locatiebeleid gericht op het faciliteren van met name demo-opstellingen rondom CCU;
  - › Aanjagen van een aansluitende CO<sub>2</sub> infrastructuur met toegang voor CCU-bedrijven, in en buiten het HIC (Porthos/OCAP);
  - › Ondersteunen van het publiek-private 'eco'systeem (netwerk, toegang tot financiële middelen, vergunningen, milieuruimte etc.) waarin deze demo's tot stand kunnen komen, onder het motto 'we are here to land your business';
  - › Op het gebied van mineralisatie moeten partijen die grote volumes bodemassen produceren bij elkaar gebracht worden. Met deze partijen kunnen we onderzoeken wat de volumes aan bodemassen / te produceren product zijn, en welke interessante mineralisatieroutes er zijn, om zo die waardeketen scherper in beeld te krijgen en aan te kunnen jagen.



[Terug naar](#)  
inhoudsopgave

&flux

TNO innovation  
for life

BIJLAGES



# › **BIJLAGE 1**

## **ACHTERGRONDANALYSE LCA**

In bijlage 1 (in pdf) is een uitgebreide achtergrondanalyse opgenomen van de LCA-analyses die zijn verricht. Deze bijlage is bedoeld als naslagwerk en ter inzage van de gebruikte aannames, feiten en cijfers.



## › **BIJLAGE 2**

# **INTERVIEWS EN KLANKBORDGROEP**

De resultaten van dit onderzoek zijn gevalideerd door middel van interviews en drie klankbordgroep-sessies op locatie (waarvan de laatste online).

### › Interviews:

- › Marco van Steekelenburg, energie en innovatie, PZH
- › Wijnand van Smaalen, visie toekomstige economie, PZH
- › Robert Geurts, coördinator energietransitie en industrie, PZH
- › Els Boesveld, adviseur economie m.b.t. industrie, PZH
- › Natalya Rijk en Martijn van de Sande, nationale wetgeving en instrumentarium, Min. van EZK en RVO
- › Anastasios Perimenis, EU wetgeving, CO2 Value Europe

### › Klankbordgroep:

- › Jacob Limbeek, OCAP
- › Hessel Jongebreur, ZEF
- › Michiel Timmerije, AVR
- › Natalya Rijk, min. van EZK
- › Wiebe Buist, Deltalinqs
- › Geoffrey Schouten, ISPT
- › Melle Sijbrandij en Angelique Erkenbosch, IQ
- › Edwin Perdijk, PZH (opdrachtgever)
- › Wouter Groenen, PZH

## › **BIJLAGE 3**

# **CONTACTGEGEVENS**

- › Doorpraten over dit onderzoek? Dat doen we graag!
- › Dit onderzoek is in gezamenlijkheid uitgevoerd, maar voor specifieke vragen kunt u voor de verschillende hoofdstukken terecht bij:

- H. 1 en 4: Thea Kampert en Petrus Postma, [&Flux](#)
- H. 2 en 3: Anna Schwarz en Toon van Harmelen, [TNO](#)

|                    |                                                                                      |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Thea Kampert:      | +31 6 48263234, <a href="mailto:thea@nflux.nl">thea@nflux.nl</a>                     |
| Petrus Postma:     | +31 6 10253885, <a href="mailto:petrus@nflux.nl">petrus@nflux.nl</a>                 |
| Anna Schwarz:      | +31 6 11455781, <a href="mailto:anna.schwarz@tno.nl">anna.schwarz@tno.nl</a>         |
| Toon van Harmelen: | +31 6 52803663, <a href="mailto:toon.vanharmelen@tno.nl">toon.vanharmelen@tno.nl</a> |



› **BEDANKT VOOR  
UW AANDACHT**

**&flux**

**TNO** innovation  
for life