

DE TOEKOMST VAN DE NEDERLANDSE ENERGIE- INTENSIEVE INDUSTRIE

EINDBEELDEN EN STRATEGIEËN VOOR DE
NEDERLANDSE ENERGIE-INTENSIEVE INDUSTRIE IN
EEN KLIMAATNEUTRALE SAMENLEVING
VOOR 2030 TOT 2050

HET VERHAAL



QUINTEL
INTELLIGENCE

VERANTWOORDING

OPDRACHTGEVERS

Netbeheer Nederland, Topconsortium voor Kennis en Innovatie Energie & Industrie, Institute for Sustainable Process Technology, Urgenda en OCI Nitrogen

MET MEDEWERKING VAN

Shell Nederland, Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie, Nederland ICT, Koninklijke VNP, Wageningen University & Research, Universiteit Utrecht, Grassa, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland en het Ministerie van Economische Zaken

AUTEURS

Dr. Ir. John Kerkhoven, Dr. Joris Berkhout, Tess Colijn B.Sc., allen werkzaam bij: Quintel Intelligence B.V.

MET BIJDRAGEN VAN

Dr. Chael Kruip, Drs. Dennis Schoenmakers, Dr. Alexander Wirtz en Dorine van der Vlies M.Sc., allen werkzaam bij Quintel Intelligence B.V.

REDACTE

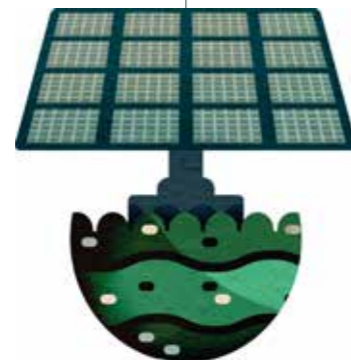
Yannick Fritschy

VORMGEVING

RoyaHamburger.com

DATUM

8 maart 2017



INHOUDSOPGAVE

Quotes	4
1. Een ongemakkelijk gevoel	6
2. Een klimaatneutrale energie-intensieve samenleving	10
3. Elektrische auto's komen net op tijd voor raffinaderijen (Raffinagesector)	16
4. Luchtige Chemie (Chemische industrie)	24
5. De kunstmest-wende (Kunstmestindustrie)	32
6. Autonome auto's, houten huizen en offshore windmolens (Staalindustrie)	40
7. Nooit meer plastic tasjes en eenmalig karton (Papier- en kartonindustrie)	46
8. Explosieve groei van klimaatneutrale Datacenters (Datacenters)	52
9. Vegetable Food for Thought (Voedselindustrie)	58
10. De Tesla van de landbouw (Landbouwsector)	66
11. Belastingen: leuker kunnen we het niet maken, wel duurzamer	72
12. Duurzaam Geluk	78
Bijlage A: Impact van de trends op brand- en grondstoffengebruik, CO ₂ -uitstoot en landgebruik	80
Bijlage B: Aanbevelingen voor netbeheerders van elektriciteits-, gas- en warmtenetten	83
Bijlage C: Aanbevelingen voor de Overheid	85
Bijlage D: Stuur-/begeleidingsgroep Het Verhaal	87

QUOTES

"Quintel's initiatief resulteert in provocatieve scenario's voor verschillende energie intensieve industrieën. Het uitgangspunt is bekende trends, die - uitvergroten en versneld - de speelvelden van de industrie verrassend kunnen veranderen. 'Het Verhaal' is daarmee een bijzonder inspirerende aanrader om ons denkraam te vergroten."

*Ewald Breunese,
(Shell Nederland)*

"Middels een vergezicht op een toekomst waarin we onze klimaatdoelstellingen tijdig binnen economische randvoorwaarden bereiken, verbindt 'Het Verhaal' ver-door-gespecialiseerde industriële- en agrozuilen en ontdekt zij de samenhang en de noodzaak tot een gezamenlijk pad."

*Johan Sanders,
(Wageningen University & Research)*

"De studie heeft laten zien dat er kansen liggen om overschotten elektriciteit om te zetten naar waterstof die, indien noodzakelijk, kan worden opgeslagen of direct kan worden getransporteerd naar verbruikslocaties. Toepassing kan energie en grondstof zijn. Deze omzetting kan bijdragen aan een volledig duurzaam energiesysteem waar vraag en aanbod op elk moment in balans zijn. TenneT en Gasunie zouden graag samen met de chemische industrie een volgende stap willen zetten om onder andere te onderzoeken welke flexibiliteit deze optie voor de elektriciteitssector kan gaan bieden en wat de mogelijkheden zijn om waterstof via het bestaande aardgasnet inclusief gasbergingen te transporteren."

*Piet Nienhuis,
(Gasunie)*

*Gert van der Lee,
(TenneT)*

"Het TKI heeft als missie het aanjagen van innovaties gericht op de verduurzaming van het energiesysteem van de (energie-intensieve) industrie. Voor onze programmering is het erg belangrijk inzicht te hebben in de mogelijke scenario's, transitiepaden en gedeelde beelden over de toekomst van deze industrieën. Deze Quintel studie levert daarvoor een hele mooie start, zeker door de benadering vanuit de gevolgen van radicale trendbreuken. Dat scherpt het denken en dat hebben wij nodig om deze grote uitdaging tot een goed einde te brengen. Wij gaan hier zeker mee verder om de komende jaren eindbeelden en transitiepaden verder in te vullen."

*Peter Alderliesten,
(Topconsortium voor Kennis en
Innovatie Energie & Industrie)*

"Als we echt de afspraken in Parijs willen naleven en willen voorkomen dat het meer dan 1,5 graad warmer wordt op aarde, dan zullen we binnen twintig jaar moeten stoppen met CO₂-uitstoot en moeten overstappen op duurzame energie en minder vervuilende productieprocessen. Dat was vooral voor de (zware) industrie nog slecht voorstelbaar. Dit Verhaal verkent mogelijke stappen en opties die de overgang naar een volhoudbare economie mogelijk maken. Daarmee is deze visie een mooi startpunt voor verdere gesprekken, veel discussie en hopelijk ook versnelde actie, want dat is meer dan ooit nodig. De rekening en de problemen doorschuiven naar de volgende generaties is te makkelijk. Innovatie, investeren en in actie komen, dat kunnen wij toch zelf ook wel? Gewoon. Doen!"

*Marjan Minnesma,
(Stichting Urgenda)*

"Het verhaal 'Industrie in transitie' kaart zeer terecht aan dat óók in de industrie veel mogelijk is om de CO₂ uitstoot te verminderen en maakt fundamentele veranderingen in de industrie bespreekbaar. Dit verhaal laat bovendien een mooi eindbeeld zien met vergaande elektrificatie en veel wind op zee. Om in het traject ernaartoe binnen het krappe beschikbare CO₂ budget te blijven, kunnen CO₂ afvang en opslag en/of biomassa-inzet een bijdrage leveren."

*Machteld van den Broek,
(Universiteit Utrecht)*



" 'Het Verhaal' van Quintel geeft verrassende beelden over de toekomst van de energie-intensieve industrie in Nederland. De gekozen aanpak om de vraag naar producten als startpunt te nemen levert daar een bijdrage aan. De ambities en wensen zijn uitgewerkt tot transitiepaden die aangeven in welke richting de industrie zich zou kunnen ontwikkelen richting 2050. Verschillende partijen zijn met elkaar in gesprek geweest om deze transitiepaden te verkennen. Voor de energie intensieve industrie is 'Het Verhaal' een welkome invulling hoe de klimaatdoelstelling bereikt zouden kunnen worden."

*Jan Jaap Nusselder,
(OCI Nitrogen)*

"De maatschappelijke beweging richting een duurzame circulaire biobased economie is volop in gang gezet. De papier- en kartonsector levert met haar hernieuwbare grondstoffen, CO₂-reductie en hoge recyclingpercentage (85 procent) een belangrijke bijdrage aan een duurzame economie. Desondanks is er voor de sector geen reden op haar lauweren te rusten, want om grondstoffekorten het hoofd te bieden moet nóg meer hoogwaardige recycling plaatsvinden. Binnen het innovatieprogramma 'Creating Sustainable Fibre Solutions' heeft de sector een icoon-traject 'Hergebruik en circulariteit' opgezet. Naast doelstellingen als een 'zero-waste factory' en het opkrikken van recyclingcijfers, is het verhogen van meermalig gebruik van papier en karton een belangrijk aandachtspunt. Onderliggend Verhaal helpt hierbij door het maatschappelijk belang en de economische kansen voor de verpakkingsector te benadrukken."

*Gerrit Jan Koopman,
(Koninklijke Vereniging van Nederlandse Papier- en
Karton- Fabrieken)*

"Dit verhaal geeft de netbeheerders nieuwe inzichten in de perspectieven voor de industrie in de energietransitie en de gevolgen hiervan voor het energiesysteem. Deze verkenning waarin nieuwe paden worden geschetst, nodigen uit tot nadere verdieping en het zetten van eerste stappen in de realisatie van de toekomstbeelden. De netbeheerders richten zich daarbij op de energie infrastructuur die nodig is om de transformaties in de intensieve industrie mogelijk te maken. Zij zien ernaar uit om de reis naar het geschetste eindbeeld samen met de industrie te vervolgen."

*Jan Pellis,
(Stedin)*

*Sander Schouwenaar,
(Enexis)*

*Marijn Artz,
(Netbeheer Nederland)*

"Delen van eindbeelden met elkaar inspireert en zet aan tot gezamenlijk actie. Zeker bij complexe processen als de energietransitie in combinatie met de intensieve industrie, wordt het al gauw te complex en te abstract. Dan is het mooi om die reis samen aan te gaan, met een bijzonder fraai eindbeeld als begin!"

*Abo Rassa,
(Alliander)*

"Gezien onze gemeenschappelijke maatschappelijke opgave om tot -80/-95% broeikasgas emissies te komen is de principiële vraag hoe we dat gaan bereiken. Gaan we steeds meer subdoelstellingen inzetten om beleid bij te sturen of gaan we in co-creatie van bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheid inzetten op één bovenliggende doelstelling van CO₂-reductie. Met een innovatie instrumentarium dat zorgt dat bedrijven gaan investeren in innovatie in duurzame materialen en nieuwe en efficiëntere installaties en processen, zodat uiteindelijk zaken die het meeste bijdragen aan de einddoelstelling komen bovendrijven. Het 'Verhaal' van Quintel waarbij de lezers ook in de gelegenheid worden gesteld om hun beelden toe te voegen levert een interessante bijdrage aan deze discussie."

*Reinier Gerrits,
(Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie)*

"Van de diverse industrieën die zijn bekeken in het onderzoek 'Industrie in transitie' is de ICT-sector de jongste, de snelst groeiende, de meest geëlektrificeerde, de sector met het hoogste aandeel duurzame energie en daarmee de laagste CO₂-footprint. Het toekomstbeeld van een klimaatneutrale energie-intensieve industrie is ons niet vreemd, we zijn er hard op weg naar toe. Dit geeft ons een andere uitgangssituatie dan de meeste industrieën en ondanks de sterke dynamiek in de datacenter sector een redelijk overzichtelijk handelingsperspectief. Daarnaast laat het onderzoek goed zien dat digitalisering op alle andere industrieën een grote impact heeft en nog meer zal gaan hebben. Zowel vanuit het perspectief van smart industry in de productie als door de beschreven ICT-gedreven trends die de vraag naar hun producten en diensten sterk zal beïnvloeden. Daarnaast wordt duidelijk dat het energiesysteem zelf steeds slimmer zal moeten worden om de energietransitie in goede banen te leiden. Al met al een wezenlijke en hoopvolle exercitie, die de horizon legt voorbij de komende verkiezingen."

*Jeroen van der Tang,
(Nederland ICT)*

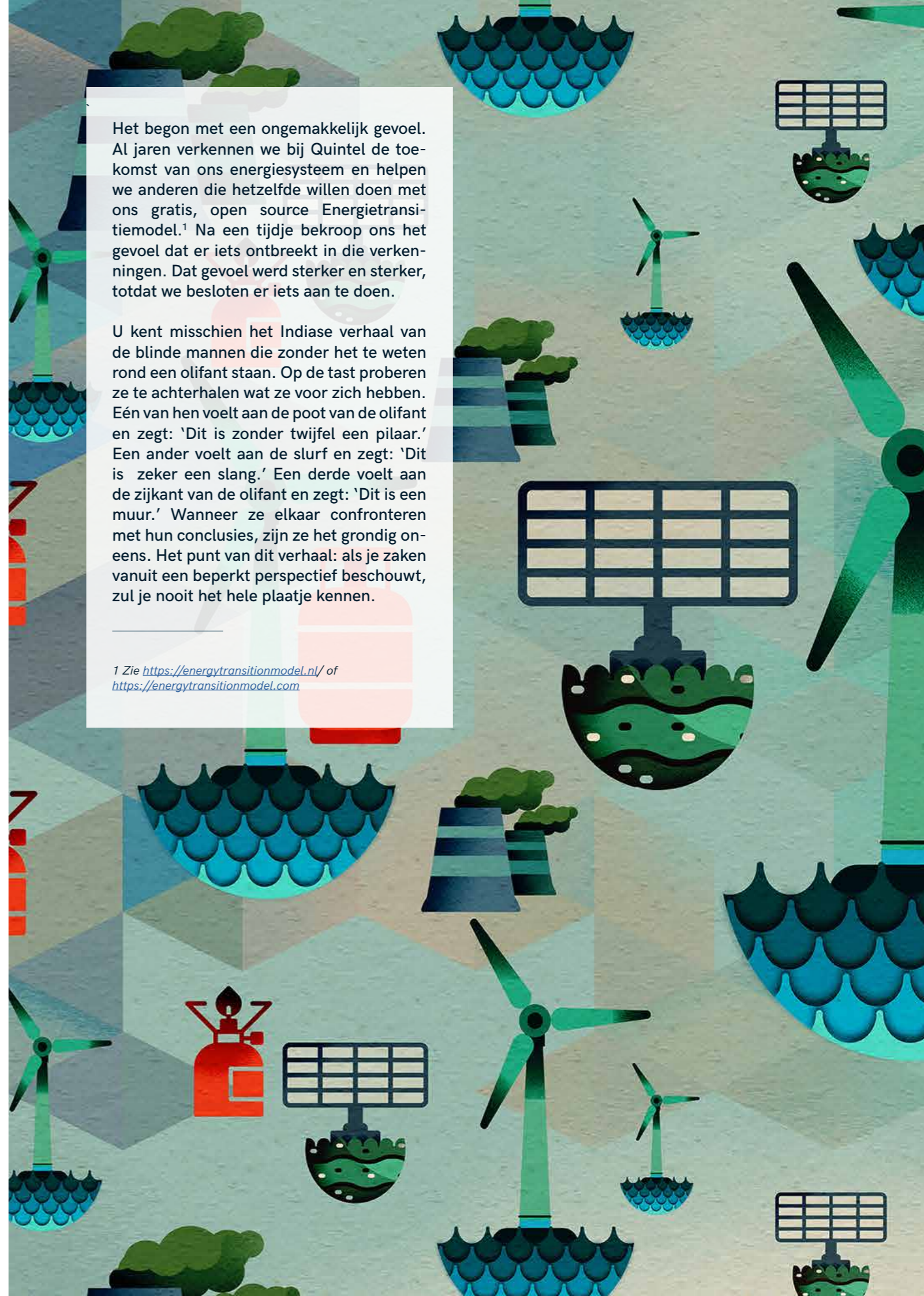


EEN ONGEMAKKELIJK GEVOEL

Het begon met een ongemakkelijk gevoel. Al jaren verkennen we bij Quintel de toekomst van ons energiesysteem en helpen we anderen die hetzelfde willen doen met ons gratis, open source Energietransitiemodel.¹ Na een tijdje bekwam ons het gevoel dat er iets ontbreekt in die verkenningen. Dat gevoel werd sterker en sterker, totdat we besloten er iets aan te doen.

U kent misschien het Indiase verhaal van de blinde mannen die zonder het te weten rond een olifant staan. Op de tast proberen ze te achterhalen wat ze voor zich hebben. Eén van hen voelt aan de poot van de olifant en zegt: 'Dit is zonder twijfel een pilaar.' Een ander voelt aan de slurf en zegt: 'Dit is zeker een slang.' Een derde voelt aan de zijkant van de olifant en zegt: 'Dit is een muur.' Wanneer ze elkaar confronteren met hun conclusies, zijn ze het grondig oneens. Het punt van dit verhaal: als je zaken vanuit een beperkt perspectief beschouwt, zul je nooit het hele plaatje kennen.

¹ Zie <https://energytransitionmodel.nl/> of <https://energytransitionmodel.com>



Wat betreft de toekomst van energie in onze samenleving is ons beeld momenteel net zo beperkt als dat van de Indiase mannen. We weten dat die toekomst heel anders zal zijn dan de huidige situatie, maar we worden het maar niet eens over welke veranderingen precies zullen plaatsvinden. Vandaar dat ongemakkelijke gevoel.

Over de noodzaak van maatregelen bestaat nog maar weinig twijfel. We moeten onze samenleving zodanig inrichten dat het klimaat niet onomkeerbaar verandert als gevolg van onze manier van leven. De tijd dringt bovendien. Het klimaat en de zeespiegel zijn al duidelijk aan het veranderen. Volgens sommigen moet onze samenleving in 2050 klimaatneutraal zijn, volgens anderen zelfs al in 2030. Maar of we nu nog 33 of nog maar 13 jaar hebben, we moeten hoe dan ook nu al volop inzetten op de benodigde veranderingen om op tijd klaar te zijn.

Om te weten welke weg we moeten inslaan, is het noodzakelijk ons een beeld te vormen van zo'n klimaatneutrale samenleving. Voor veel aspecten van onze samenleving bestaan er al zulke beelden. We weten redelijk hoe we onze huizen klimaatneutraal kunnen verwarmen, hoe we onszelf klimaatneutraal kunnen vervoeren en hoe we op een klimaatneutrale manier ons eten kunnen verbouwen. Maar als het gaat over de energie-intensieve industrie, die momenteel meer dan de helft van het energiegebruik en een derde van de CO₂-uitstoot voor haar rekening neemt, wordt het moeilijker. Door het diverse karakter van die industrie en de vele afhankelijkheden tussen afzonderlijke deelindustrieën ontbreekt het vooralsnog aan een eenduidig toekomstbeeld.

Dat toekomstbeeld kunnen we alleen creëren als we meer stappen vooruitdenken in onze verkenningen. In die verkenningen maken we voortdurend keuzes over welke factoren de energie-intensieve industrie sterk gaan veranderen. Natuurlijk houden we rekening met de gevolgen van die keuzes. In veel verkenningen speelt de opkomst van elektrisch vervoer bijvoorbeeld een belangrijke rol. Dat heeft grote gevolgen voor het energieverbruik van onder andere auto's en bussen. Dergelijke gevolgen nemen we al mee in onze verkenningen.

Maar waar we tot nu toe nog maar weinig rekening mee houden, zijn de gevolgen van de keuzes. Omdat voor elektrisch vervoer geen benzine of diesel nodig is, heeft deze keuze indirect een groot effect op de raffinaderijen, die deze benzine en diesel produceren. Die raffinaderijen spelen op hun beurt weer een belangrijke rol in het energiesysteem. Die rol zal veranderen als indirect gevolg van het toegenomen elektrisch vervoer. Dat is een gevolg van een gevolg dat we tot nu toe onvoldoende hebben meegenomen.

In de zomer van 2016 presenteerden we het rapport *Industrie in Transitie*.² Daarin probeerden we een beeld te schetsen van een klimaatneutrale energie-intensieve industrie. We hebben daarbij niet gekeken naar de energie-intensieve industrie zelf en de besparingen die zij

² *Industrie in Transitie, Hoe inconsistenties in het huidige denken de sleutel tot klimaatkansen zijn, juni 2016, Dr. Ir. John Kerkhoven en Rob Terwel B.Sc., Quintel Intelligence*

nastreeft, maar naar trends die de industrie van buitenaf radicaal kunnen veranderen. Soms zijn die trends het rechtstreekse gevolg van maatregelen om een klimaatneutrale samenleving te realiseren. Veel vaker resulteren die trends echter uit schijnbaar ongerelateerde veranderingen, zoals in bovenstaand voorbeeld over de raffinaderijen en het elektrisch vervoer. Het rapport was een eerste poging om rekening te houden met dergelijke gevolgen van aanstaande veranderingen in onze samenleving.

Wat u nu voor zich ziet, is het vervolg op dat rapport. Ditmaal is het echter geen rapport met analyses, cijfers en grafieken. Dit is een verhaal. Een verhaal dat vertelt hoe een klimaatneutrale samenleving er over enkele decennia mogelijk uit zal zien. Dat gebeurt in de vorm van 'eindbeelden' voor de energie-intensieve industrie als geheel en voor specifieke industriële sectoren. Het verhaal bevat bovendien de strategische stappen die de komende vijf tot tien jaar kunnen worden gezet om uiteindelijk dit eindbeeld te realiseren.

Het verhaal is bedoeld om te worden doorverteld, aangevuld en verbeterd. Het dient wat ons betreft als schietschijf. We dagen u uit om er samen met ons een beter verhaal van te maken. We beweren ook absoluut niet dat we een volledig of gedetailleerd beeld van de toekomst geven. Maar we presenteren naar ons idee wel alle belangrijke elementen die nodig zijn om ons de nieuwe klimaatneutrale industrie te kunnen voorstellen. En als we ons een toekomst kunnen voorstellen, dan kunnen we die ook realiseren.

Het verhaal is opgedeeld in tien hoofdstukken over de toekomst van de Nederlandse energie-intensieve industrie. Ieder hoofdstuk staat op zich en is slechts een paar pagina's lang; tegelijk zijn alle hoofdstukken verbonden met elkaar. Hoofdstuk 2 beschrijft kort de energie-intensieve industrie als geheel. De volgende acht hoofdstukken behandelen elk een individuele industriële sector in meer detail. Het laatste hoofdstuk gaat in op de rol van de bevolking. In een samenleving zonder rampen en oorlogen is er maar één effectieve manier om het gedrag van mensen te veranderen: de prijsprikkel. Daarom gaat dit hoofdstuk over hoe veranderde belastingen ervoor kunnen zorgen dat duurzame producten goedkoper worden dan hun niet-duurzame equivalenten.

Industrie is een nogal abstract begrip. Om het abstractie-niveau wat te verminderen, beginnen we elk hoofdstuk met een vooruitblik op hoe ons dagelijks leven de komende jaren kan gaan veranderen als we onze samenleving klimaatneutraal maken. Dit zal onder andere gevolgen hebben voor de manier waarop we ons verplaatsen, hoe we wonen, wat we eten en wat voor werk we doen.

De eerste vooruitblik gaat in op de vraag: 'Waar halen we de energie vandaan om die andere manier van leven daadwerkelijk te realiseren?' Gelukkig zal dit allesbehalve een probleem zijn. De vooruitblik is dan ook getiteld 'Oeps, te veel schone energie'.





EEN KLIMAATNEUTRALE ENERGIE-INTENSIEVE SAMENLEVING

OEPS, TE VEEL SCHONE ENERGIE

Het is januari 2030. Apparaten die kolen, gas of aardolie verbranden, zijn de afgelopen tien jaar bijna allemaal vervangen door elektrische apparaten. Voor de verwarming en apparatuur in onze gebouwen gebruiken we alleen nog maar elektriciteit. Onze auto's rijden op elektriciteit. En ook de industrie gebruikt in toenemende mate alleen nog maar elektriciteit.

Die stroom komt vrijwel altijd uit windmolens en zonnepanelen - waarbij 'zonnepaneel' eigenlijk een verkeerde term is. Zonnecellen zijn tegenwoordig namelijk geïntegreerd in gebouwdelen. Ramen, daken en muren zijn dus niet meer bedekt met panelen, maar wekken zelf stroom op. Daarnaast zijn windmolens, met name die op zee, beter en aanzienlijk goedkoper geworden.

Het waait nog steeds vaak in Nederland, en als het eens een dagje niet waait, dan schijnt de zon meestal wel. Omdat wind en zon elkaar zo goed aanvullen, praten we tegenwoordig niet meer over wind- en zonnestroom, maar over 'weerstrom'. Winderig of zonnig - het weer levert ons energie.

Dankzij de weerstrom hebben we zelden tekorten. Sterker nog, er zijn regelmatig momenten dat we te veel stroom hebben. Bij gebrek aan een beter woord noemen we dat 'overschotten', maar in feite zijn het dat niet, want we doen er iets nuttigs mee. We slaan de overtollige stroom op in de batterijen van de elektrische deelauto's en in onze huizen in buffervaten, zodat die onze hybride warmtepomp kan aansturen. Grote overschotten afkomstig van de windmolens op zee worden benut door industriële verbruikers, die hiermee bijvoorbeeld warmte, waterstofgas of ammoniak maken. Dit is voordelig, omdat de stroom op zulke momenten goedkoop is.

Enerzijds heb je dus decentrale stroomopslag via de vele buffervaten in huizen en batterijen in auto's, en anderzijds centrale opslag in de industrie. Daardoor is er een buitengewoon robuust systeem ontstaan waarbij geopolitieke afhankelijkheden en bijbehorende internationale spanningen verminderen. Gek genoeg hebben landen elkaar nu vaker nodig voor de afzet van overschotten dan om energietekorten aan te vullen.

Natuurlijk zijn er ook momenten dat we geen stroom hebben uit zon en wind. Die momenten vangen we op met waterstof, ammoniak of in uitzonderlijke gevallen met vergisting of vergassing van biomassa. Ook speelt op steeds meer plekken geothermie - het benutten van warmte diep in de aarde - een belangrijke rol in de verwarming van gebouwen en kassen. Aardgas wordt alleen nog maar in beperkte mate gewonnen. Het wordt dan gesplitst in waterstof en CO₂. De CO₂ wordt in sommige chemische processen als grondstof gebruikt. De waterstof wordt eveneens als grondstof of als energiebron in industriële processen ingezet.

Wanneer je de publieke strategiedocumenten van de verschillende industriële subsectoren erop naslaat, stuit je al snel op grote inconsistenties. Er wordt bijvoorbeeld aangenomen dat het gebruik van elektrisch vervoer sterk zal toenemen. Een elektrische auto gebruikt geen benzine of diesel, maar toch verwachten de grote oliebedrijven in Nederland dat hun omzet de komende jaren verder zal stijgen. En als je nog wat verder doordenkt, kom je tot de conclusie dat zelfrijdende elektrische auto's grote impact gaan hebben op de omzet van de staalproducenten. Deze auto's zullen namelijk door veel mensen gedeeld worden, zodat er in totaal veel minder auto's gemaakt hoeven te worden. Dit is iets waar de staalproducenten zelf nog geen rekening mee houden.

Dat de huidige toekomstbeelden zulke inconsistenties bevatten, is niet zo vreemd. De oplossingsrichting die in zo'n toekomstbeeld wordt beschreven, hangt namelijk sterk af van de systeemgrenzen die je kiest. Een voorbeeld: stel dat je de CO₂-uitstoot van de staalsector wilt verlagen. Wanneer je alleen naar de staalsector zelf kijkt, dan ligt de oplossing voor de hand: minder primair staal maken en meer recyclen. Voor het maken van primair staal zijn immers kolen nodig, terwijl recycling met elektriciteit kan. Maar als je de systeemgrenzen nu eens wat ruimer kiest, dan dienen zich heel andere, en mogelijk nog betere oplossingen aan. Veel staal wordt gebruikt in gewapend beton voor de bouw van huizen en kantoren. Dat gewapend beton kun je voor een groot deel vervangen door hout. Als je hiervoor hout gebruikt dat anders verbrand zou worden, sla je in de strijd tegen CO₂-uitstoot twee vliegen in één klap: de productie van staal neemt af en veel CO₂ dat bij verbranding zou vrijkomen, wordt nu voor langere tijd opgeslagen in het hout in gebouwen.

In het nu volgende toekomstbeeld hebben we geprobeerd om de systeemgrenzen zo ruim mogelijk te kiezen. We kijken naar de hele Nederlandse energie-intensieve industrie en haar relatie met de hele samenleving. Zo ontstaat een consistent beeld, waarin de samenhang tussen de verschillende industrieën sterker is dan bij de huidige toekomstbeelden. Natuurlijk is Nederland geen afgezonderd eiland en speelt het buitenland een grote rol. Omdat we het meest bekend zijn met de Nederlandse industrie, hebben we ons in eerste instantie alleen daarop gericht. Veel van onze ideeën zijn echter te vertalen naar de situatie in het buitenland.

IN ELF STAPPEN IS DIT ONS TOEKOMSTSCENARIO VAN DE VOLLEDIGE NEDERLANDSE ENERGIE-INTENSIEVE INDUSTRIE:

- 1. Oliemaatschappijen gaan in het noordwesten van Europa geen olie meer raffineren en ook geen benzine en diesel meer verkopen. In plaats daarvan gaan ze grote windmolenparken bouwen en exploiteren.*
- 2. De stroom die uit de nieuwe windmolens komt, gaat een grotendeels geëlektrificeerde samenleving van energie voorzien. Er wordt zoveel windvermogen gecreëerd dat het aanbod de vraag op zeer veel momenten overstijgt.*
- 3. Chemische bedrijven gaan met de 'overschotten' basischemicaliën maken die zo veel mogelijk de bestaande inzet van nafta vervangen. Aardgas wordt alleen toegepast als er CO of CO₂ nodig is voor de basischemicaliën. Biomassa en nafta worden als grondstof ingezet als de voorgaande routes te energie- of kapitaalintensief zijn. In zulke gevallen mogen de C-atomen in het eindproduct niet meer worden verbrand of in het milieu achterblijven.*
- 4. In het geëlektrificeerde vervoer worden zelfrijdende auto's de norm. Doordat ze door vele mensen worden gedeeld, zijn in totaal tot 90% minder auto's nodig. Veel staal uit het huidige autopark kan worden gerecycled voor nieuwe toepassingen.*
- 5. Ook in de bouwsector wordt staal minder ingezet. In plaats van gewapend beton wordt hout de norm.*
- 6. De grote hoeveelheden staal die vrijkomen door zelfrijdende auto's en sloop van oude huizen van gewapend beton, worden gerecycled tot staal voor windmolens. Daardoor is er geen nieuw staal nodig om windmolens te bouwen.*
- 7. Apparaten en robots, zoals zelfrijdende auto's, zorgen voor een sterke stijging in het dataverkeer en toenemende belasting van datacenters. Dat is geen groot probleem, want doordat deze datacenters al volledig geëlektrificeerd zijn, kunnen ze duurzame stroom uit de windmolenparken eenvoudig benutten.*
- 8. Eenmalig gebruik van geproduceerde goederen wordt niet meer geaccepteerd. Papier is vervangen door digitaal en karton voor eenmalig gebruik is vervangen door herbruikbare verpakkingen.*

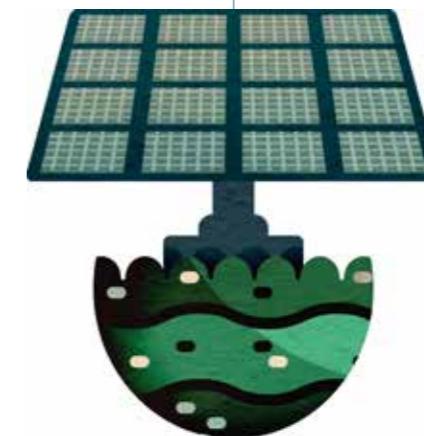
9. Er komt een verandering in de manier waarop we eten. Een plantaardiger eetpatroon stelt ons in staat landbouwgronden vrij te maken voor de teelt van biomassa als grondstof voor de chemie.

10. We leren om landbouwgronden veel beter te benutten. Gras wordt bijvoorbeeld in Nederland een groente die voor een belangrijk deel de eiwitten voor mens en dier oplevert.

11. Om ervoor te zorgen dat al het bovenstaande kan plaatsvinden, wordt de economie en met name het belastingregime veranderd. De manier waarop producten worden gebruikt in de samenleving en de levensduur ervan vormen de basis voor een differentiatie in het belastingtarief. Het verbranden van fossiele producten is daarmee definitief te duur geworden. Dakpannen vervangen door een dak van 'zonnepannen' die 25 jaar of langer blijven liggen, is veel aantrekkelijker geworden.

In veel elementen van dit verhaal staat de gedachte centraal dat er grote windmolenparken op de Noordzee zullen komen. Dit is in lijn met het huidige denken over de toekomst van onze energievoorziening. Het energiesysteem zal in sterke mate elektrificeren, waardoor de vraag naar elektriciteit zal toenemen. Dat windmolens op zee deze elektriciteit zullen opwekken, volgt uit het feit dat alle andere opties tekortschieten. Conventionele elektriciteitsopwekking op basis van kolen of aardgas wordt langzaam uitgefaseerd vanwege de daarmee gemoeide CO₂-uitstoot.

Die CO₂-uitstoot is er niet bij elektriciteitsproductie met kerncentrales, maar daar kleven maatschappelijke zorgen aan over de veiligheid en hoge investeringen. Zonnepanelen hebben deze maatschappelijke bezwaren niet, maar doordat de zon 's nachts niet schijnt en nauwelijks in de winter, zijn grotere buffercapaciteiten nodig dan bij windmolens. Windmolens op land stuiten dan weer vaak op verzet vanwege horizonvervuiling. Wat overblijft zijn windmolens op zee, die samen met zonnepanelen op het land de in het openingsverhaal genoemde weerstroom zullen produceren.





Artistieke impressie van het transitiepad voor een klimaatneutrale energie-intensieve samenleving

3



ELEKTRISCHE AUTO'S KOMEN NET OP TIJD VOOR RAFFINADERIJEN

AUTO'S DIE JE NIET KUNT RUIKEN

Het is februari 2030 en nu ik op straat loop, valt het me opeens op hoe stil het is en hoe fris het ruikt. Waar eens stinkende auto's en vrachtwagens voortraasden, suizen nu elektrische auto's geruisloos voorbij. Deze omslag heeft een enorme impact gehad op de raffinaderijen. Niemand heeft meer benzine of diesel nodig voor persoonlijk gebruik. Nu ook de scheepvaart is overgestapt op LNG en ammoniak, blijft er voor onze raffinaderijen alleen nog wat te doen voor de specialistische chemie.



Elektrificatie van vervoer gaat vermoedelijk al in het komende decennium een significante bijdrage leveren aan de krimp van de raffinagesector in Europa. Iedere elektrische auto die een auto op benzine of diesel vervangt, zal zorgen voor een afname van de productiegroei van raffinaderijen.

In maart 2016 heeft de Tweede Kamer een motie aangenomen waarin staat dat het kabinet ernaar moet streven dat in 2025 enkel emissieloze auto's verkocht worden. Ook in landen om ons heen is een trend richting elektrisch rijden zichtbaar. Noorwegen lijkt af te koersen op een beperking van de verkoop van auto's op benzine en diesel in 2025 en het Verenigd Koninkrijk wil brandstofauto's vanaf 2020 uitfaseren. De Bundestag in Duitsland wil vanaf 2030 geen nieuwe auto's op benzine en diesel meer toestaan. Ook hebben landen streefgetallen geformuleerd voor het aantal elektrische auto's in 2020: Duitsland 1 miljoen, Denemarken 0,5 miljoen en Frankrijk 2 miljoen. Als uiteindelijk al het West-Europese wegverkeer elektrificeert, verdwijnt 46% van de afzet van de Nederlandse raffinaderijen aan het Europese wegverkeer.

Naast het wegverkeer wordt er in Europa naar gestreefd om de zeescheepvaart minder vervuilend te maken door schepen deels of helemaal op LNG te laten varen. Net zoals bij de elektrische auto's heeft ieder schip op LNG effect op de raffinaderijen. Daarnaast onderzoekt de petrochemie de mogelijkheid om grondstoffen, die eerst voornamelijk op olie gebaseerd waren, te vervangen door biobased grondstoffen. Ook dit zal de omzet van de raffinaderijen op termijn sterk doen krimpen. Tevens zal stookolie niet meer worden ingezet voor de verwarming van gebouwen, iets wat bijvoorbeeld in België momenteel nog gebeurt. De stookolie zal worden vervangen door alternatieven of overbodig raken door betere isolatie.

De chemische industrie in Europa streeft eveneens naar het vervangen van op aardolie gebaseerde raffinageproducten voor grondstoffen en energievoorziening. De vervangers zijn biomassa en duurzame elektriciteit. Van deze twee heeft elektrificatie het meeste potentieel, omdat het klimaatneutraal is: elektriciteit kan opgewekt worden uit wind- en zonne-energie zonder dat daarbij CO₂ vrijkomt. Hoewel verbranding van biomassa op dit moment ook als CO₂-neutraal wordt geregistreerd, is dit in dit geval niet hetzelfde als klimaatneutraal. Bij het verbranden van biomassa komt namelijk wel degelijk CO₂ vrij. Door herplanting kan deze CO₂ weliswaar weer opgenomen worden, maar dat duurt lang. Vaste houtige biomassa doet er namelijk 20 tot 120 jaar over om dat wat is gekapt weer op te nemen aan CO₂. Dat is te lang als we onze doelstelling van 1,5 of 2 °C tempera-

tuurstijging als gevolg van menselijk handelen willen halen. Bovendien heeft de grond waarop biomassa wordt verbouwd meer waarde in andere sectoren, bijvoorbeeld voor voedselproductie of natuurherstel.

Wat de verhouding tussen elektriciteit en biomassa uiteindelijk ook zal zijn, één ding staat vast: het voorland van de olieraffinaderijen is ronduit slecht te noemen, zeker nu we als wereldbevolking het klimaatakkoord van Parijs hebben geratificeerd. Dat leidt tot de vraag welke rol er nog is weggelegd voor de grote oliemaatschappijen in de 21e eeuw. Wat zou een bedrijf als Shell bijvoorbeeld kunnen doen om een relevante en winstgevende speler te blijven in een wereld die van olie en gas af wil? Shell wordt hier gebruikt als voorbeeld omdat het voor Nederland een relevante vertegenwoordiger is van de raffinagesector.

DEZE VRAAG BEANTWOORDEN WE AAN DE HAND VAN TWEE BELANGRIJKE TRENDS:

1. *De samenleving gaat elektrificeren. Huizen krijgen warmtepompen in plaats van gasgestookte HR-ketels en elektrische auto's vervangen auto's op benzine en diesel. Zonnepanelen en windmolens komen in plaats van gas- en kolengestookte centrales.*

2. *Voor het duurzaam opwekken van elektriciteit is voor Nederland met name de optie van offshore wind interessant. De zon schijnt immers relatief weinig en op land is het moeilijk om plekken te vinden waar de bewoners de komst van windmolens accepteren.*

Op basis van deze trends is het antwoord misschien wel simpelweg als volgt: een bedrijf als Shell kan relevant blijven voor Nederland als het upstream offshore windparken gaat ontwikkelen die tegen 2020 goedkopere stroom kunnen leveren dan met aardgas of steenkool mogelijk is.

Ten tijde van het schrijven van dit verhaal zit Shell al op een verrassend laag prijsniveau in de aanbesteding van kavel 3 en 4 van de windparken bij Borssele. De elektriciteit uit deze parken gaat geleverd worden tegen ruim 5 cent per kWh, oftewel ruim 50 euro per MWh. De huidige prijs van elektriciteit uit kolen- en gascentrales is ongeveer 30 - 40 euro per MWh. Als je aanneemt dat die prijs met 25% of meer stijgt in de komende 15 jaar en dat de prijs voor CO₂-uitstoot in die

periode stijgt naar minstens 25 euro per ton, dan is een prijs van 40 euro per MWh al voldoende om kolen- en gascentrales in het volgende decennium met wind op de Noordzee weg te concurreren. Dat geldt zelfs als de uitgestoten CO₂ van die centrales wordt afgevangen.

Beide aannames zijn dusdanig waarschijnlijk dat het erg riskant wordt om nog te investeren in fossiel-gestookte centrales. Dat zou alleen voordelig kunnen zijn als de business-case voor deze centrales voornamelijk gebaseerd is op het idee van backup voor de momenten dat het niet waait en de zon niet schijnt.

Waarom is dit juist nú relevant voor een olie- en gasbedrijf als Shell? Omdat de kasstromen die de firma momenteel uit de olie- en gas-business verkrijgt, nog maar korte tijd kunnen zorgen voor de benodigde tientallen miljarden aan investeringsruimte om de hierboven beschreven omwenteling succesvol door te voeren. Er zijn geen andere bedrijven met Nederlandse wortels die voldoende kennis en financiële slagkracht hebben om een volledig duurzame energie- en grondstoffenvoorziening van de industrie te realiseren. De firma kan de expertise leveren om deze grote, complexe projecten te managen. Bovendien heeft deze onderneming ervaring met de offshore industrie, het hanteren van waterstof op industriële schaal en de energie- en grondstoffenvoorziening van chemische complexen. Je zou dus kunnen zeggen dat het idee van de massale introductie van elektrische auto's net op tijd komt om de raffinagesector te prikkelen om fundamenteel na te denken over haar toekomst.



EINDBEELD

De energie-intensieve industrie elektrificeert net als alle andere sectoren in de samenleving richting een klimaatneutrale economie. Shell transformeert zich tot een leidende partij op het gebied van goedkope offshore windstroom, waterstof en ammoniak ten behoeve van industriële complexen.



STRATEGIE

UPSTREAM

Tussen 2016 en 2020 worden offshore windmolens gemaakt die onder de 50 euro per MWh stroom kunnen maken.

Tussen 2020 en 2030 daalt de prijs van offshore windstroom onder die van gas- en kolengestookte centrales.

De capaciteit van de 'Nederlandse' offshore windmolenparken groeit naar 10 GW in 2025, 25 GW in 2030 en meer dan 75 GW in 2050.

De firma wordt leidend in de productie van goedkope offshore windmolenparken.

MIDSTREAM

De firma wordt leidend in de energie- en grondstoffenvoorziening van de chemische industrie waarbij stroom, waterstof en ammoniak uit offshore wind de basisproducten zijn.

De firma wordt ook leidend in de ontwikkeling van backup elektriciteitscentrales die draaien op waterstof en/of ammoniak ten behoeve van deze industrie.

Aan de industrie geleverde biomassa en aardolieproducten worden uitsluitend als grondstof ingezet voor recyclebare producten.

Aardgas wordt ingezet als grondstof, waarbij dit eerst omgezet wordt in waterstof en CO₂. De CO₂ wordt benut als grondstof en nooit uitgestoten.

De inzet van biomassa en fossiele brandstoffen als energiebron voor energie-intensieve bedrijven wordt voor 2050 overbodig.

DOWNSTREAM

De firma transformeert haar downstream business in de richting van snelle energielevering aan elektrische personenwagens via snellaadstations langs snelwegen en continue oplading van elektrische vrachtwagens via elektriciteitsleidingen boven het rechterdeel van de snelweg

OF

De firma beëindigt de downstream activiteiten zoals marketing, distributie en tankstations. De reden is dat deze business te weinig toegevoegde waarde meer heeft voor de mid- en upstream industriële activiteiten.

De Europese automobielenindustrie zou in dat geval kandidaat kunnen zijn voor de koop van deze downstream business, omdat dit locaties geeft voor snelladers voor de nieuwe generatie elektrische voertuigen.



Artistieke impressie van het transitiepad voor de raffinagesector

4 - GE LUCHTIGE CHEMIE

WAARDEVOLLE MOLECULEN UIT DE LUCHT

Het is maart 2030. Ik vraag me af waar die enorme fabrieken die vroeger op de Maasvlakte stonden, nou eigenlijk voor nodig waren. Terwijl ik erover nadenk, beseft ik dat daar de basis werd gelegd voor bijna alle producten die we gebruikten en dat daar een enorme hoeveelheid aardolie en aardgas voor nodig was. Gelukkig doen we dat nu anders. We gebruiken voornamelijk schone windstroom om die producten te maken. Maar misschien nog wel de belangrijkste verandering zit in de manier waarop we tegenwoordig omgaan met de eindproducten. Als we iets hebben gebruikt, gooien we het niet meer onmiddellijk weg. We proberen het zo vaak mogelijk te gebruiken, repareren het als dat nog kan en zo niet, dan recyclen we het. Zo zijn er veel minder nieuwe grondstoffen nodig.

Behalve als brandstof voor vervoersmiddelen en verwarmingstechnologie wordt olie en gas vandaag de dag veelvuldig ingezet als grondstof in de chemische industrie. Van die olie en dat gas wordt in de chemie uiteindelijk een breed scala aan producten gemaakt, variërend van plastic tot verf en van smeermiddelen tot kunstmest. Fossiele grondstoffen zijn echter eindig en vervuilend, dus zoekt men naar alternatieven.

De meest voor de hand liggende oplossing voor het vervangen van fossiele brand- en grondstoffen is een biobased economy: een economie waarin biomassa wordt ingezet in plaats van fossiele brand- en grondstoffen. Maar wat als we niet genoeg biomassa hebben voor het vervangen van alle fossiele brand- en grondstoffen, omdat we de grond waarop die biomassa wordt verbouwd, ook voor voedselproductie en natuur willen inzetten? En wat als er CO₂ vrijkomt bij de verbranding van biomassa? In dat geval is het wenselijk om ook te kijken of we een deel van de chemie kunnen voorzien van brand- en grondstoffen die niet fossiel of biomassa zijn.

ZO'N OPLOSSING VOOR EEN SYSTEEM WAARIN BIOMASSA, NAFTA, AARDGAS EN ELEKTRICITEIT EEN ROL SPELEN, VOLGT UIT DE VIJF IDEEËN VOOR EEN DUURZAME CHEMIE DIE WE HIER INTRODUCEREN:

1.
Koolstofhoudende eindproducten van een duurzame chemie mogen niet verbrand worden.

De koolstofatomen uit aardolie, aardgas, kolen of biomassa die je in een product stopt, komen pas vrij als CO₂ wanneer je het product verbrandt. De eindproducten moeten daarom recyclebaar zijn en het product moet zo lang mogelijk dienst doen in onze samenleving.

2.
Een duurzame chemie is gebaseerd op het gebruik van 'start-moleculen' die in zo min mogelijk omzettingen leiden tot het gewenste eindproduct.

Sommige eindproducten kun je beter uit aardolie of aardgas maken, andere beter uit biomassa. Het aantal omzettingen dat nodig is om het eindproduct te maken, bepaalt in hoge mate de keuze van de start-moleculen. Daarmee kan het energiegebruik en eventueel ook de CO₂-uitstoot lager zijn dan bij een eenzijdige keuze voor nafta, aardgas of biomassa. Wanneer je kunt volstaan met waterstof uit elektrolyse als start-molecuul, heb je zelfs helemaal geen fossiele brandstof of biomassa nodig.

3.
Een duurzame chemie gebruikt geen fossiele brandstoffen of biomassa ten behoeve van verwarming van het chemisch proces.

Je kunt ook hoge temperaturen bereiken met elektriciteit als energiebron. Soms is elektriciteit rechtstreeks geschikt en soms kun je het beter eerst omzetten in waterstof.

4.
De primaire energiebron voor een duurzame chemie is elektriciteit die wordt geproduceerd door offshore windmolenparken.

In Nederland kan alleen voldoende duurzame energie voor de chemie worden opgewekt via offshore windmolenparken. Elektriciteit uit zon, water en geothermie zullen ook een rol spelen, maar niet in dezelfde mate als offshore wind.

5.
In een duurzame chemie wordt elektriciteit omgezet naar waterstof of ammoniak als primaire grondstof. Aardgas wordt alleen omgezet naar waterstof in die gevallen dat er ook CO₂ als grondstof nodig is.

Belangrijke grondstoffen voor de chemie kun je zowel uit elektriciteit als uit aardgas winnen. Uit beide producten kun je namelijk waterstof maken. Bij het maken van waterstof uit elektriciteit komt geen CO₂ vrij. Bij aardgas wel, maar die CO₂ kan prima als grondstof dienen voor bepaalde chemische processen waarin koolstofatomen nodig zijn. Verder kun je waterstof met stikstof uit de lucht omzetten in ammoniak, wat ook weer een belangrijke grondstof is voor veel chemische producten.

Aan de hand van deze vijf ideeën wordt het mogelijk om een geheel nieuwe, duurzame chemie vorm te geven. De basis voor die chemie is wind. In plaats van petrochemie of biobased chemie zouden we dus ook kunnen spreken over luchtige chemie.

Carbon Capture and Storage (CCS) is een oplossing die slechts tijdelijk kan worden ingezet en niet past in het eindbeeld van de chemische industrie. Het winnen van CO₂ uit de lucht is ook een mogelijkheid, maar waarschijnlijk een oplossing die we pas kunnen realiseren nadat we bovenstaande ideeën hebben gerealiseerd.

Op basis van deze ideeën zal de toch al bescheiden rol van de afvalverbrandingsinstallaties in ons energiesysteem verder afnemen. Het verbranden van afval zal in toenemende mate vervangen moeten worden door recycling. Vooral het hoogcalorische deel van het afval, met name plastics, zal niet meer beschikbaar zijn voor verbranding.

Zoals gezegd produceert de chemische industrie in Nederland een breed scala aan eindproducten. Het is voor deze strategie niet zinvol om voor al die verschillende eindproducten een alternatief productieproces op te stellen. In plaats daarvan kijken we naar enkele platformchemicaliën: de bouwstenen waarop veel chemische eindproducten zijn gebaseerd. We maken hierbij onderscheid tussen organische chemie, anorganische chemie en kunstmest; kunstmest wordt in het volgende hoofdstuk uitgebreid besproken.

Eén van de belangrijkste bouwstenen uit de organische chemie is etheen, ook wel ethyleen genoemd. Hiervan wordt polyethyleen gemaakt, wat we vooral kennen van het plastic boterhamzakje. Etheen wordt nu nog verkregen door het kraken van nafta, één van de producten uit de raffinage van aardolie. Je kunt echter ook etheen maken met de CO en CO₂ die vrijkomt bij de productie van kunstmest en staal, door deze moleculen te laten reageren met water en elektriciteit. De productie van kunstmest en staal in combinatie met duurzame elektriciteit kan dus zorgen voor één van de belangrijkste grondstoffen voor de chemie.

Een belangrijke bouwsteen uit de anorganische chemie is chloor. Dit wordt momenteel voornamelijk gemaakt door aardgas om te zetten in stoom en elektriciteit. Vervolgens wordt met deze elektriciteit via elektrolyse uit zout chloor gemaakt. Het is echter ook goed denkbaar dat je de elektrolyse met weerstroom doet en de stoom uit het aardgasproces vervangt door stoom die wordt gemaakt uit waterstof dat uit duurzame elektriciteit voortkomt.

Een derde voorbeeld is de vervanging van PET. Plastic flesjes zijn veelal gemaakt van PET, een polyester dat gemaakt wordt uit tereftalaatzuur en ethyleenglycol. Het is één van de vijf meest verkochte plastics ter wereld. Een biobased alternatief, bio-PET, is qua Europese productie het op één na grootste biopolymeer. De bio-PET productieketen breekt eerst complexe moleculen af tot de meest elementaire bouwstenen uit de basischemie, waarna exact dezelfde stappen als in de fossiele PET-keten gevolgd worden om van deze bouwstenen PET te maken. Het is daarom ten eerste de vraag of de productie van biobased PET energetisch gunstiger is dan die van fossil-based PET.

Er zijn echter wel efficiëntere biobased ketens mogelijk voor de productie van dergelijke grondstoffen voor plastic flessen. Een daarvan gebruikt het materiaal PEF. De productieketen van bio-PEF is veel gestroomlijnder dan die van bio-PET

en doet meer recht aan het oorspronkelijke molecuul. De energetische efficiëntie van het biomassagebruik van de PEF-keten is dan ook fors hoger: maximaal 87% tegenover maximaal 62% voor bio-PET.

Al deze voorbeelden illustreren dat belangrijke platformchemicaliën ook gemaakt kunnen worden zonder aardolie en vaak ook zonder aardgas.



EINDBEELD

Een duurzame chemie is primair gebaseerd op elektriciteit, waterstof en ammoniak dat van uit offshore windmolenparken wordt verkregen. Duurzame elektriciteit is de energiebron. Dit wordt gebruikt om waterstof te maken uit water en chloor uit zout. Aardgas wordt ook omgezet naar waterstof, maar alleen in beperkte mate, zodat alle CO₂ die daarbij vrijkomt, benut kan worden als grondstof voor chemische processen. Voor moleculen die niet uit waterstof en ammoniak kunnen worden gemaakt, wordt een biobased route gevolgd indien dit een minder energie-intensief chemisch proces oplevert dan wanneer aardolie als grondstof zou zijn gebruikt. Als dat niet zo is, ligt een fossil-based route meer voor de hand. Daar waar aardgas, biomassa of aardolie de grondstof zijn, kan dit alleen in producten worden ingezet die in de komende decennia niet in afvalverbrandingsovens of in het milieu eindigen.

STRATEGIE

Pilot plants worden opgezet voor de productie van de basischemicaliën. Er komen spelregels voor de toepassing van deze basischemicaliën, die voldoen aan de volgende vijf ideeën:

1. Koolstofhoudende eindproducten van een duurzame chemie mogen niet verbrand worden.
2. Voor de productie van chemicaliën worden de startmoleculen zodanig gekozen, dat er zo min mogelijk omzettingen nodig zijn.
3. Voor verwarming van het chemisch proces worden geen fossiele brandstoffen of biomassa gebruikt.
4. Duurzame elektriciteit, voornamelijk uit offshore wind, is de primaire energiebron.
5. Waterstof en syngas, verkregen uit duurzame elektriciteit en in mindere mate aardgas, zijn de primaire grondstoffen voor de chemie. Pas als deze grondstoffen geen mogelijkheden bieden, zijn biomassa en aardolie opties.

Er wordt besproken welke aanpassingen aan onder andere het marktmodel en de ETS-prijs³ nodig zijn om deze productie in de EU competitief te kunnen doen.

De pilot plants worden opgeschaald zodra het is gelukt een EU-brede markt te creëren waarin een producent van buiten de EU importheffing moet betalen voor de CO₂-uitstoot bij de productie van basischemicaliën.

Additionele offshore windmolenstroom wordt gecontracteerd om te voldoen aan de groeiende vraag naar duurzame elektriciteit.

³ Zo lang er geen nieuwe differentiatie in belastingen wordt ingevoerd, zie hoofdstuk 11





Artistieke impressie van het transitiepad voor de chemische industrie

5

DE KUNSTMEST- WENDE

GROEN GROEIMIDDEL

Het is april 2030. Eigenlijk wist ik niet veel van kunstmest. Tot iemand me vertelde dat we zonder kunstmest niet genoeg eten kunnen produceren voor iedereen op aarde. Vroeger was er nog veel aardgas nodig voor de productie van kunstmest. Tot we ons realiseerden dat het groener kon. Nu hebben we regelmatig een teveel aan stroom. Die overschotten zetten we in om kunstmest te maken. Zo is kunstmest een echt groen groeimiddel geworden.



Kunstmest is nodig om de wereldbevolking van voedsel te voorzien, maar energie-intensief om te maken. Bovendien komt bij de productie veel CO₂ vrij. Dat heeft allemaal te maken met het stikstofatoom, dat aan een soort bindings-angst lijdt.

Stikstof is één van de belangrijke bouwstenen voor menselijk leven. Hoewel de lucht om ons heen voor het grootste deel uit stikstof bestaat, kunnen we het niet rechtstreeks opnemen. We hebben de natuur nodig om stikstof voor ons te binden in andere moleculen. De moleculen die dan ontstaan, kunnen we wel opnemen. De natuur bindt stikstof echter niet voldoende voor alle mensen op aarde. Daarom helpen we haar een handje door op industriële schaal stikstof te binden. Die gebonden stikstof wordt in de vorm van kunstmest aan de bodem toegevoegd.

In de productie van kunstmest speelt ammoniak een cruciale rol. Om ammoniak te maken, is stikstof, waterstof en veel energie nodig. Nederland heeft een grote kunstmestindustrie en produceert ongeveer 15% van alle ammoniak in Europa. Vanwege de ruime beschikbaarheid ligt het voor de hand om aardgas te gebruiken bij de productie, als bron van waterstof en als brandstof. De Nederlandse kunstmestindustrie gebruikt dan ook veel aardgas, bij elkaar zo'n 2,6 miljard m³ in 2014, oftewel 7% van het totale Nederlandse aardgasgebruik. Qua energie kwam het kunstmest-aardgasgebruik overeen met het elektriciteitsgebruik van alle huishoudens in Nederland.

Bij de verwerking van aardgas tot ammoniak komt veel CO₂ vrij. Ongeveer de helft van deze CO₂ wordt als grondstof hergebruikt in de kunstmestindustrie zelf of verkocht aan andere industrieën. De andere helft van de geproduceerde CO₂ komt echter terecht in de atmosfeer. Deze helft komt overeen met zo'n 2,6 MT, dat is 1,5 % van alle CO₂-uitstoot in Nederland.

Door die hoge CO₂-uitstoot is het aardgasgebruik niet alleen een risico voor het klimaat, maar ook nadelig voor de kunstmestindustrie zelf met betrekking tot haar internationale concurrentiepositie. Doordat het aardgas voor de kunstmestindustrie namelijk hoogcalorisch moet zijn, wordt het momenteel in belangrijke mate geïmporteerd. Door de beperkte beschikbaarheid van alternatieve aardgasleveranciers kan de prijs gaan stijgen. Daarnaast wordt onder het Europese handelssysteem de uitstoot van CO₂ de komende jaren waarschijnlijk steeds hoger beboet. Ook dat zal de concurrentiepositie niet ten goede komen.

Een alternatieve manier om kunstmest te produceren, komt voort uit een bijeffect van de weerstroom die ook al in eerdere hoofdstukken aan bod is gekomen. Om ook op momenten met weinig zon en zwakke wind volledig op duurzame elektriciteit te draaien, is het nodig om meer capaciteit aan windmolens en zonnepanelen neer te zetten dan we in gunstige weersomstandigheden nodig hebben. Dit heeft als gevolg dat er momenten zullen zijn waarop er meer elektriciteit wordt geproduceerd dan dat er nodig is. Op die momenten daalt de prijs van elektriciteit. Indien we een toepassing vinden voor die elektriciteit, zoals vergroening van de kunstmestproductie, zal de elektriciteit weer een hogere prijs krijgen waarmee de investeringen in weerstroomcapaciteit kunnen worden terugverdiend. In het voorbeeldscenario bij dit verhaal voor 2030 (zie bijlage A) gaat dit om zo'n 100 PJ aan elektriciteitsoverschotten verdeeld over zo'n 4000 uur per jaar. En als we meer dan 75 GW hebben gebouwd dan lopen die 'overschotten' op tot boven de 650 PJ.

Deze overschotten vormen een probleem voor TenneT, de beheerder van het Nederlandse hoogspanningsnet. TenneT is namelijk verantwoordelijk voor het handhaven van de balans tussen vraag en aanbod op dit net. In het slechtste geval zullen de windmolens en zonnepanelen moeten worden 'uitgeschakeld' om te vermijden dat er te veel aanbod is. Natuurlijk zal men er alles aan doen om te voorkomen dat de hoogwaardige elektriciteit wordt weggegooid, maar 100 PJ aan overschotten is niet zo makkelijk op te slaan in batterijen, elektrische auto's of warmtebuffers. Dat is namelijk meer elektriciteit dan het huidige jaargebruik van alle huishoudens in Nederland bij elkaar.

Hier kan de kunstmestindustrie uitkomst bieden. In plaats van uit aardgas, kun je waterstof namelijk ook uit water maken. Alles wat je dan nodig hebt is elektriciteit. Met de huidige elektrolysetechnologie kun je met 100 PJ aan stroom al genoeg waterstof maken voor de hele Nederlandse kunstmestindustrie. Van die waterstof kun je vervolgens ammoniak maken. Zo leg je op momenten van elektriciteitsoverschot een voorraad ammoniak aan. Daardoor kun je ondanks de variabele elektriciteitsoverschotten de productie van kunstmest continu laten draaien. Bovendien ontstaat door het creëren van dit soort oplossingen de mogelijkheid om de weerstroomcapaciteit verder uit te breiden totdat uiteindelijk de gehele industrie kan worden beleverd met duurzame elektriciteit.

Een deel van de CO₂-uitstoot die vrijkomt in het huidige productieproces van ammoniak wordt hergebruikt. Om alleen deze CO₂ te blijven produceren, kun je een deel van het huidige proces op basis van aardgas in stand houden. Door dit proces vooral in gang te zetten als er vanuit elektrolyse weinig waterstof wordt geproduceerd, kun je de waterstof-toevoer naar het ammoniakproces enigszins stabiliseren.

Zo ontstaat uit twee ogenschijnlijke problemen – het aardgasgebruik van de kunstmestindustrie en de overschotten aan weerstroom – een prachtige kans om kunstmest duurzaam te produceren uit voornamelijk wind en zon. Daarmee wordt het bovendien mogelijk om een veel groter aandeel wind- en zonnestroom in het hele Nederlandse energiesysteem op te nemen.

Om dit plan te realiseren, moet er nu al op kleine schaal begonnen worden. Hoogspanningsnetbeheerder TenneT moet de komende jaren al maatregelen nemen om beter om te gaan met de gevolgen van de toenemende elektriciteitsproductie uit wind en zon. Tegelijkertijd zal de kunstmestindustrie gaan oefenen met 'duurzame kunstmest'. Zo zal de industrie het duurder worden van het aardgas en de hogere CO₂-boetes voor zijn en bovendien een bijdrage leveren aan het oplossen van het klimaatprobleem.

Ammoniakproductie uit aardgas is het meest efficiënt als het productieproces stabiel en continu is. Dit lijkt in strijd met het onvoorspelbaardere karakter van weerstroom. Toch kan nu al 10% van de benodigde waterstof voor het ammoniakproces flexibel aan het proces worden toegevoerd. Hierdoor is het mogelijk om deze waterstof te maken met een elektrolyse-unit die naast de huidige productie-installaties wordt neergezet. Vooralsnog lijkt specifieke technologie van Siemens daarvoor geschikt. Om 10% van de benodigde waterstof te kunnen maken met elektrolyse-units moeten deze een totale capaciteit hebben van 320 MW. Als we aannemen dat de elektrolyse-unit een kwart van de tijd draait – soms op elektriciteitsoverschotten en soms op basislast – dan zou met die capaciteit op jaarbasis 2,5% van alle ammoniak uit weerstroom kunnen worden gemaakt.

Ter referentie TenneT zoekt voor 2017 'slechts' 200 MW aan omgekeerd noodvermogen en dit is dus minder dan de flexibiliteit die de kunstmestindustrie nu al kan bieden. Bijkomend voordeel is dat er maar twee kunstmestfabrieken zijn in Nederland, zodat TenneT maar weinig afspraken hoeft te maken. Daarbij is het wel belangrijk dat de kunstmestindustrie niet alle risico's zelf draagt voor het maken van duurzame kunstmest. Ook de overheid, TenneT en Siemens moeten bijdragen aan deze start.

OM DIT ALLEMAAL MOGELIJK TE MAKEN, MOET ER VEEL ENERGIE GETRANSPORTEERD WORDEN. ER ZIJN VIER MANIEREN OM DAT TE REALISEREN:

1. *De elektriciteit vervoeren naar de kunstmestproducenten, die er zelf via elektrolyse waterstof van maken om daar vervolgens ammoniak van te maken.*
2. *Waterstof produceren op de plekken waar de windstroom aan land komt. Deze waterstof vervolgens via leidingen naar de kunstmestproducenten transporteren, die er zelf ammoniak van maken.*
3. *Ammoniak produceren op plekken waar de windstroom aan land komt en deze ammoniak via leidingen naar de kunstmestproducenten vervoeren.*
4. *De kunstmestproducenten verplaatsen naar de plekken waar de windstroom aan land komt en daar via elektrolyse waterstof en vervolgens ammoniak produceren.*

Welke van deze opties het beste is, zal in 2017 verder moeten worden uitgezocht. Vooralsnog lijkt het logischer om de waterstof te vervoeren via pijpleidingen dan om de stroom, ammoniak of fabrieken te verplaatsen. De reden daarvoor is dat het grootste deel van de weerstroom zal komen van de windmolenparken die Nederland in de Noordzee bouwt. Om het equivalent van 2,6 miljard m³ aan aardgas te transporteren via het stroomnet zijn extra hoogspanningsleidingen nodig. Omdat de kunstmestfabrieken nu in Sluis en Geleen staan, moeten die nieuwe leidingen bovendien lang zijn. Transport van waterstof over lange afstanden is daarentegen al haalbaar – een deel van de benodigde infrastructuur is zelfs al aanwezig. Deze infrastructuur kan bovendien worden benut om een deel van de waterstof uit weerstroom te bufferen zodat de kunstmestfabrieken meer continue kunnen produceren.

Als de productie van waterstof uit weerstroom een succes blijkt, zal er een pad kunnen worden uitgezet waarbij de productie gelijke tred houdt met de elektriciteitsoverschotten. Indien dan vanaf 2023 op de juiste plaatsen progressief meer elektrolyse-capaciteit gebouwd wordt, gas- en CO₂-prijzen licht gaan stijgen en de kosten voor elektrolyse nog iets dalen, zal er ergens tussen 2030 en 2050 alle kunstmest in Nederland tegen een internationaal competitieve prijs uit weerstroom worden gemaakt. In het kort komen het eindbeeld en de strategie voor de kunstmestindustrie hierop neer:

EINDBEELD

Voor 2050 wordt alle kunstmest in Nederland geproduceerd uit weerstroom.

STRATEGIE

De overheid, kunstmestindustrie, TenneT, Shell (in haar nieuwe rol) of Air Liquide, GasUnie (in haar rol van transporteur van het 'nieuwe' gas) en Siemens maken in 2017 gezamenlijk afspraken over hoe de risico's van de eerste stappen in de 'kunstmest-wende' van aardgas naar elektriciteit gedeeld kunnen worden.

Voor 2023 wordt 5% van de kunstmest gemaakt uit 'weerstroom' door elektrolyse; dit levert voorlopig genoeg flexibiliteit voor het stroomnet.

Vanaf 2023 houdt de implementatie van elektrolyse voor kunstmest gelijke tred met de te verwachten elektriciteitsoverschotten.

Productie van kunstmest vindt zoveel mogelijk plaats op plekken waar stroomoverschotten zijn, tenzij het goedkoper of veiliger blijkt om stroom, waterstof of ammoniak te verplaatsen naar de huidige productielocaties van kunstmest.

Aardgas wordt alleen ingezet voor de productie van kunstmest om de hoeveelheid CO₂ te verkrijgen die nodig is voor andere chemische processen met CO₂ als grondstof, waarvoor het winnen van CO₂ uit de lucht te duur is.

Tussen 2030 en 2050 is meer dan 75% van alle in Nederland geproduceerde kunstmest 'groene kunstmest uit weerstroom'.





Artistieke impressie van het transitiepad voor de kunstmestindustrie



AUTONOME AUTO'S, HOUDEN HUIZEN EN OFFSHORE WINDMOLENS

RIJBEWIJS INLEVEREN

Het is mei 2030, half twaalf 's ochtends. Ik heb ineens zin om naar mijn zus te gaan. Ik maak mijn wens kenbaar aan mijn horloge. Ergens op een paar honderd meter van mijn huis rijdt een zelfrijdende auto weg van de inductielader waar die geparkeerd stond. Twee minuten later meldt deze elektrische auto zich via mijn slimme horloge. Ik loop mijn huis uit en stap in. De auto begroet me vriendelijk en rijdt me naar mijn zus. Mijn slimme horloge weet namelijk waar ze woont en heeft dit adres doorgegeven aan de auto.

Ik realiseer me hoe bijzonder het is dat er in deze straat helemaal geen geparkeerde auto's meer staan. Het is fijn dat ik geen zorgen meer heb over een parkeerplek of het onderhoud van mijn auto. Reizen is veel goedkoper en ook nog eens veel veiliger geworden. Doordat al deze auto's elektrisch rijden, is de lucht veel schoner geworden. En ik heb geen rijbewijs meer nodig.

Terwijl de auto rustig doorrijdt, staar ik uit het raam naar de huizen. Ze hebben geen dakpannen meer, maar zonnepanelen. Ze zijn mooier en sterker dan traditionele dakpannen. In de zomer lever ik met mijn burens dankzij de zonnepanelen niet alleen stroom voor de wijk, maar ook voor de energie-intensieve industrie. In de winter krijg ik op mijn beurt voornamelijk stroom van de gigantische windmolenparken die tegenwoordig op de Noordzee staan.

Nieuwe huizen worden alleen nog maar van hout, glas en kunststof gemaakt. Dakpannen, cement en gewapend beton worden tegenwoordig als ouderwets gezien. Mijn houten huis heeft een betere isolatie dan oude woningen, waardoor het energiegebruik voor verwarming en koeling lager is. Dankzij het fantastische binnenklimaat heb ik nu veel minder last van mijn luchtwegen. Mijn huis is nog nooit zo comfortabel geweest.

Auto's worden in de toekomst niet alleen elektrisch, maar ook autonoom. Niet alleen bedrijven in de automobiellindustrie zoals Tesla, maar ook technologiebedrijven zoals Google zijn bezig met het ontwikkelen van zelfrijdende auto's. De opmars van Tesla en Google is zo onstuitbaar dat de Duitse en Franse automobiellindustrie in 2016 besloot om eveneens volop in te zetten op elektrische en autonome voertuigen.

Als auto's autonoom worden, dan lijkt het ook logisch dat ze gedeeld gaan worden. Autonome auto's zijn daardoor niet alleen gemakkelijker, maar ook veel goedkoper. Voor een gedeelde auto zijn de reiskosten per kilometer ongeveer 25% van die van een privéauto – veel lager dan vrijwel elk ander type gemotoriseerd vervoer. Door de zeer hoge bezettingsgraad van gedeelde zelfrijdende auto's is bovendien slechts 10% van het huidige aantal auto's nodig.

Een direct gevolg van deze ontwikkeling is dat bijvoorbeeld de Duitse en Franse automobiellindustrie veel minder auto's zullen gaan produceren. In Nederland is deze industrie aanzienlijk kleiner, maar wel hebben we grote leveranciers die een belangrijke bijdrage leveren aan de automobiellindustrie in Europa. Een leverancier die bijvoorbeeld sterk beïnvloed zal worden door de overgang naar autonome auto's, is Tata Steel. Een elektrische auto bevat namelijk minder staal, doordat de verbrandingsmotor en de versnellingsbak ontbreken. Daarnaast zijn er door het gedeelde gebruik in totaal minder autonome auto's nodig. Bovendien lijkt het erop dat bij de productie van de nieuwe auto's meer andere materialen, zoals aluminium, koolstof en kunststoffen, zullen worden gebruikt. Dit alles verlaagt de afzetmogelijkheden van staal aan de automobiellindustrie.

Tegelijk met het krimpen van de automobiellindustrie komt er ook veel staal vrij uit de huidige auto's. Deze auto's kunnen gerecycled gaan worden, maar daarbij hoeft het staal niet opnieuw te worden ingezet voor de productie van autonome auto's. Er komt dan een hoeveelheid vrij die ongeveer gelijk is aan 2,5 keer de jaarlijkse Europese productie van staal. Dit geeft de mogelijkheid om nog veel meer dan nu gerecycled staal als grondstof te gebruiken. Dat verlaagt de energie-intensieve productie van staal uit ijzererts.

Naast de automobiellindustrie is ook de bouwsector een grote afzetmarkt voor de staalindustrie. In Nederland worden jaarlijks ongeveer 90.000 nieuwe woningen gebouwd. Daarvoor wordt ongeveer 9.000 kiloton beton en 160 tot 198 kiloton wapeningsstaal gebruikt. Zowel cement als staal zijn energie-intensief om te produceren. Het benutten van gerecycled staal uit overbodige auto's kan dus ook hier energiebesparend werken.

In de bouwsector is er echter nog een ander, mogelijk winstgevend alternatief voor staalproductie: de inzet van hout. Het verbranden van hout is een relatief inefficiënt proces, waarbij de CO₂ die de boom heeft opgenomen weer vrijkomt. In plaats van het te verbranden, kan hout echter ook gebruikt worden om voorwerpen of structuren te maken die vele jaren intact blijven. Bij de toepassing van hout in de woningbouw is de opslag van de CO₂ die de boom heeft opgenomen voor zo'n honderd jaar gegarandeerd. De boom en het huis zijn samen een eenvoudige vorm van negatieve CO₂ emissies.

De grootste energiewinst van het gebruik van hout in de woningbouw resulteert echter niet uit het lang vastleggen van opgenomen CO₂, maar uit het vermijden van cement en staal. Net zoals elektrische auto's niet of nauwelijks een raffinaderij nodig hebben, is voor houten huizen geen of veel minder cement- en staalindustrie vereist. Innovatieve houtprojecten met laagbouw- en hoogbouw woningen leiden tot verdere ontwikkeling en toepassing van hout in de bouwsector.

De prognose voor het aantal nieuwbouwwoningen in Nederland is op dit moment 90.000 per jaar. Met het hout dat we volgens het Energieakkoord in kolencentrales mogen bijstoken, kunnen we al 60.000 houten woningen bouwen. Het hout voor de 30.000 extra woningen is gelijk aan ongeveer 17% van het huidige bosareaal van Nederland. Daarmee kan Nederland niet in zijn eigen houtvraag voorzien. Het extra hout zal dus niet alleen uit de biomassa-industrie vrijgespeeld kunnen worden, maar kan ook geïmporteerd worden vanuit verantwoorde Europese houtkap.

Indien we tussen 2020 en 2050 ieder jaar 90.000 nieuwe woningen bouwen gaat het dus in totaal om 2,7 miljoen huizen, dat is maximaal 35% van de huidige woningvoorraad die potentieel energieneutraal en nieuw gebouwd zou kunnen worden uit hout.

De transitie naar autonome, elektrische auto's leidt samen met de transitie naar houten huizen tot een omzetverlies van 16 tot 24% in de huidige afzetmarkt voor de staalindustrie. Krimpt de staalindustrie definitief? Nee, want tegelijk met dit omzetverlies ontstaat er een nieuwe industrie die enorm behoefte heeft aan cement en staal: de offshore windmolenindustrie. Het staal dat wij in de 90.000 nieuwe woningen zouden gaan gebruiken wordt samen met het staal uit de overbodige auto's beschikbaar voor de bouw van windmolens. Daardoor kan er jaarlijks 1.000 MW aan offshore windcapaciteit worden gerealiseerd. Dit past bij de intentie van de minister van Economische Zaken om vanaf 2023 ieder jaar 1.000 MW offshore windvermogen op zee bij te plaatsen.

EINDBEELD

De staalindustrie zal in de toekomst geconfronteerd worden met minder afzet naar de automobiellindustrie, een grotere beschikbaarheid van gerecycled staal uit niet-autonome auto's en een verlies aan omzet in de bouwindustrie. In plaats van auto's en huizen biedt de markt voor offshore windmolens een kans. Daarnaast zullen energieneutrale houten huizen gekoppeld aan verantwoorde Europese houtkap een kans bieden voor de houtsector en bovendien de mogelijkheid creëren tot CO₂-opslag.

STRATEGIE

Nieuwe, energieneutrale woningen worden met hout gebouwd, in plaats van met cement, ijzer en staal. Dit hout wordt grotendeels vanuit verantwoorde houtkap geïmporteerd.

Het bouwbesluit wordt aangepast om de toepassing van cement, ijzer en staal voor nieuwe woningen te beperken. Nieuwbouwplannen worden alleen goedgekeurd als huizen energieneutraal en van hout en glas zijn. Deze omschakeling wordt binnen vijf jaar gerealiseerd.

De vrijkomende capaciteit van de bouwsector wordt benut om cement en staal te produceren voor offshore windmolenparken.

De productie van secundair staal wordt opgeschaald, waarbij het recyclen van auto's en staal uit gesloopte huizen steeds meer van belang gaat zijn.





Artistieke impressie van het transitiepad voor de staalindustrie



NOOIT MEER PLASTIC TASJES EN EENMALIG KARTON

RETOUR AFZENDER

Het is juni 2030. Alles wat ik nodig heb, koop ik tegenwoordig online. Waar dat vroeger betekende dat ik minstens eens in de week alle kartonnen verpakkingen van die bestellingen naar de papierbak moest sjouwen, is dat tegenwoordig een stuk beter geregeld. Ik kan de verpakking meteen teruggeven aan de bezorger. Als ik het pakket niet gelijk openmaak, of als ik niet thuis ben, dan geef ik het gewoon de volgende keer aan hem mee. De bezorgers zorgen er namelijk voor dat er voldoende verpakkingen in omloop zijn en leveren ze weer af bij de internetwinkels. Die verpakkingen worden dan meerdere keren gebruikt. Pas als ze echt te beschadigd zijn, worden ze gerecycled.



Het aantal online bestellingen stijgt almaar verder. Het overgrote deel van die bestellingen wordt verpakt in karton. De klant heeft niets aan dat karton en gooit het waarschijnlijk direct weg. Gelukkig eindigt het merendeel van dit karton in de papiercontainer, om uiteindelijk te worden gerecycled tot nieuw karton. Papier en karton zijn biobased, én behoren tot de meest circulaire materialen ter wereld. In Nederland wordt ongeveer 85% van al het papier en karton gerecycled.

Dit recycelen kost echter veel energie. Daarom werkt de papier- en kartonindustrie hard aan het verduurzamen van de benodigde energie door middel van onder andere biogas en geothermie. Ook in de transportsector, verantwoordelijk voor de inzameling van het oude papier en karton, wordt veel werk gestoken in elektrificatie en vervanging van fossiele brandstoffen door biobrandstoffen. Dit zijn echter typisch 'eerste-orde-oplossingen'. We zouden graag een oplossing vinden die een paar stappen verder gaat.

Het voornaamste doel van de kartonnen verpakking is het beschermen van de inhoud tegen beschadiging tijdens transport. Daarna wordt de verpakking weggegooid, ingezameld en gerecycled. Is het dan niet beter om een verpakking te maken die je kunt inzamelen en opnieuw gebruiken zonder dat je die eerst moet recycelen? Dan bespaar je alle energie die je bij het recycleproces gebruikt.

Wereldwijd zijn er al voorbeelden van meermalige verpakkingen voor pakketten. In Finland produceert Repack stevige plastic tassen waarin consumenten hun producten tegen een kleine borg kunnen laten bezorgen. De consument krijgt zijn borg terug wanneer hij de verpakking terugstuurt. Daarna wordt de verpakking opnieuw gebruikt, tot een keer of twintig in totaal. Een ander voorbeeld is Office Depot, dat zijn klanten de optie biedt om hun bestellingen in een papieren tas in een plastic krat te laten bezorgen. De bezorger neemt de plastic krat meteen weer mee, zodat deze opnieuw kan worden gebruikt. En in Nederland verpakt CB zijn producten in kartonnen dozen, waarvan het bedrijf zelf eigenaar blijft. Onbeschadigde dozen kunnen opgevouwen worden meegegeven aan de bezorger, zodat CB die kan hergebruiken.

Behalve dat er minder gerecycled hoeft te worden, heeft een meermalige verpakking nog enkele overduidelijke voordelen ten opzichte van een eenmalige verpakking. Het aantal transportbewegingen neemt af omdat er minder afval hoeft te worden ingezameld en er blijft minder afval bij de consument achter. Toch vergt het een flinke omschakeling om meermalige verpakkingen op grote schaal te gaan gebruiken, omdat zo'n systeem anders moet worden georganiseerd dan het bestaande.

Of mensen bereid zullen zijn die omschakeling te maken, hangt voor een groot deel af van het gemak waarmee meermalige verpakkingen kunnen worden ingezameld en geretourneerd aan de verzender. Een uitstapje naar een heel andere sector kan hier ter inspiratie dienen. In de voedselsector heb je het Euro Pool System. Hier zijn het plastic kratjes voor het verpakken van voedsel, bijvoorbeeld groente en fruit, die vele malen worden hergebruikt. In dit systeem is er een aparte partij die de kratjes inzamelt, reinigt en levert aan de voedselproducenten. Daarnaast zorgt het Euro Pool System dat er voldoende kratjes in omloop zijn om schommelingen in vraag en aanbod op te vangen.

Bij online bestellingen zouden pakketbezorgers deze rol kunnen vervullen. Zij rijden immers al naar de grote webwinkels om pakketten op te halen en naar de consumenten om de pakketten af te leveren. Op de terugweg kunnen ze dan lege pakketten ophalen bij de consumenten en afleveren bij de webwinkels. Het enige wat de pakketbezorgers dan nog moeten doen om hun rol als spin in het web waar te maken, is een extra verbinding leggen met de producenten van verpakkingsmateriaal. Die zullen de meermalige verpakkingen aan het einde van hun levensduur dan recycelen tot nieuwe producten.

Dan rest de vraag: uit welk materiaal moeten de verpakkingen bestaan? De twee voornaamste kandidaten zijn plastic en karton. Plastic heeft als grote voordeel dat het lang meegaat: de plastic tas van Repack ongeveer twintig keer en de kratjes van Office Depot honderden keren. Daarnaast biedt plastic veel bescherming. Veel huidige kartonnen dozen zijn moeilijk meermalig te gebruiken, omdat ze beschadigd raken bij het openen en vaak niet goed hersluitbaar zijn. Maar ook karton blijkt in veel stevigere varianten beschikbaar (heavy duty boxes) en kan op natuurlijke wijze waterafstotend en/of brandwerend gemaakt worden. Ook het sluitingsprobleem lijkt oplosbaar wanneer je denkt aan verhuisdozen. Die kunnen makkelijk geopend en gesloten worden en worden daarom vaak hergebruikt. Het is al mogelijk om verhuisdozen te huren en ze na gebruik terug te geven aan de verhuurder. Ook zijn er al speciale meermalig te gebruiken sluitingen voor reguliere kartonnen dozen ontwikkeld.

De toekomst van de papier- en kartonsector zal anders zijn dan haar verleden. De behoefte aan bulkproductie zal steeds verder afnemen: minder papier door digitalisering, minder toiletpapier als we overstappen op douche-wc's. Daarnaast neemt de hoeveelheid karton die wordt geproduceerd momenteel nog wel toe, maar zal deze sterk teruglopen als gevolg van meermalige verpakkingen. We schatten in dat de bulkproductie met wel 50% kan afnemen. Toch denken we niet dat dit slecht is voor de sector; de afname in bulkproductie opent namelijk de weg naar innovatievere producten die hogere marges en andere business modellen toelaten.

Meermalige verpakkingen zijn een grote kans voor de papier- en kartonsector om innovatieve producten op de markt te brengen met een grote zichtbaarheid. Als de kartonproducenten kartonnen verpakkingen kunnen maken die vele malen meegaan, dan kunnen ze hiermee de concurrentie aangaan met plastic tassen en kratjes. Karton heeft in ieder geval als voordelen dat het geproduceerd is uit natuurlijke hernieuwbare grondstoffen en daarnaast lichter, goedkoper en makkelijker te recycelen is. Als de kartonsector bijvoorbeeld verpakkingen zal maken die vijf keer meegaan, dan levert dit een energiebesparing tot 80% op bij gelijkblijvend gebruik. Als de sector in staat is om een groter marktaandeel te veroveren of de dozen nog vaker kan laten meegaan, dan kan deze besparing veel verder oplopen.

EINDBEELD

In de toekomst peinzen we er niet meer over om de verpakking van onze pakketjes na één keer gebruiken weg te gooien en te recycelen. De pakketbezorgers zorgen dat gebruikte verpakkingen worden meegenomen en terugbezorgd bij de verzenders voor hergebruik. Daarnaast zorgen ze ervoor dat er voldoende verpakkingen in omloop zijn. Ze kunnen hierbij kiezen tussen kartonnen en plastic verpakkingen. Voor de kartonsector ligt er de uitdaging om geen marktaandeel te verliezen aan plastic meermalige verpakkingen. Wanneer deze sector een goede meermalige verpakking kan ontwikkelen, is er veel potentieel omdat karton al natuurlijk, licht, goedkoop en goed recyclebaar is.

STRATEGIE

Herbruikbare kartonnen verpakkingen worden ontwikkeld die voldoen aan de volgende drie voorwaarden:

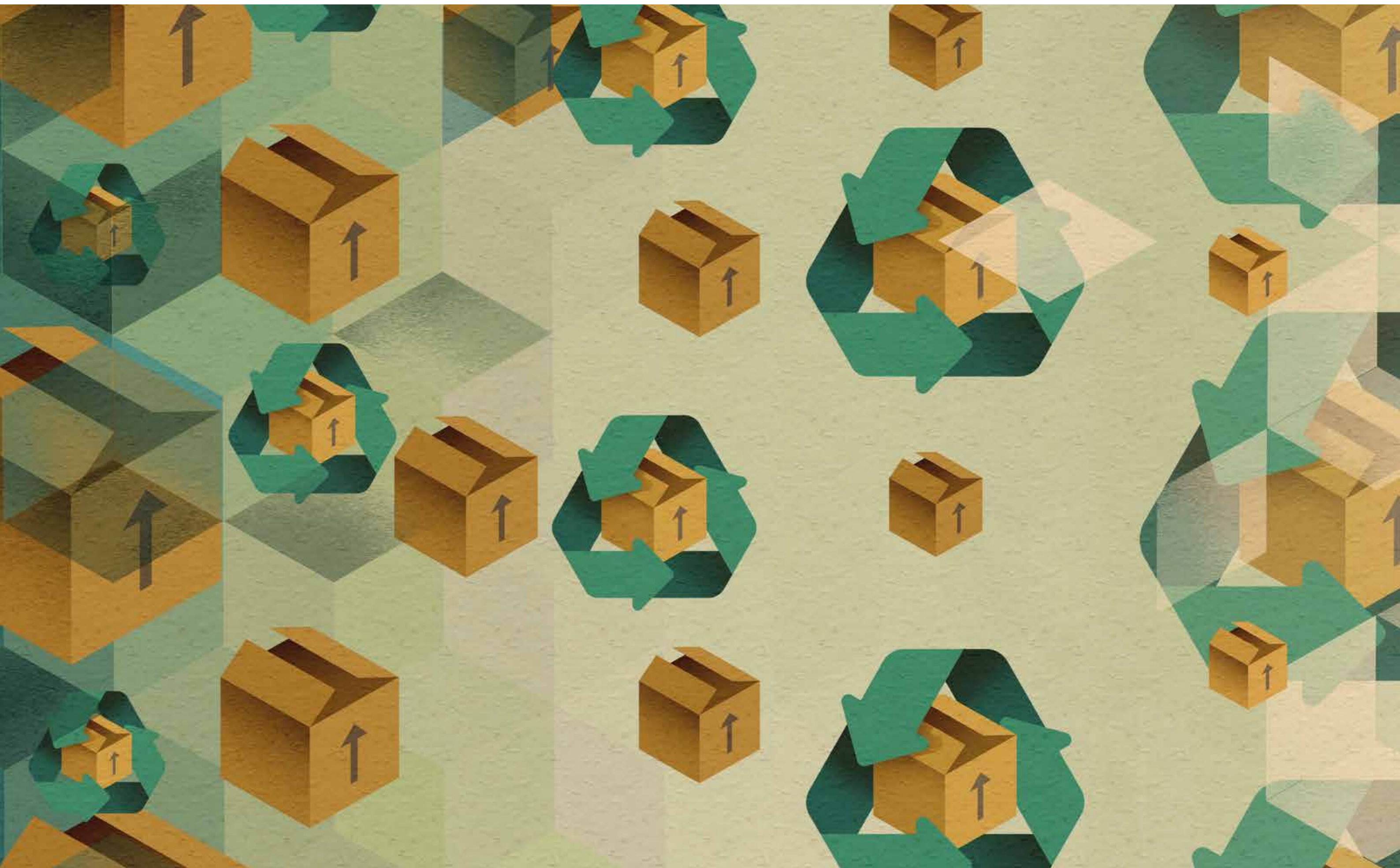
1. Een herbruikbare sluiting.
2. Eenvoudig plat te maken voor teruglevering.
3. Een lange levensduur.

Met pakketbezorgers worden afspraken gemaakt over standaardmaten voor deze meermalige kartonnen dozen.

Retourstromen van de pakketbezorgers worden verwerkt tot nieuwe dozen.

Deze strategie kan in het begin klein worden opgezet; blijkbaar lukt het CB al met z'n eigen verzendingen. Hoe sterker de alliantie met de pakketbezorgers en de online winkels, des te beter de meermalige verpakkingen kunnen worden geïmplementeerd en des te vaker de verpakkingen kunnen worden hergebruikt voordat ze gerecycled worden. Een goede maat voor het succes van het systeem is het gemiddeld aantal keer dat een kartonnen verpakking wordt gebruikt. Dat is nu één keer, maar moet met bovenstaande strategie snel kunnen stijgen.





Artistieke impressie van het transitiepad voor de kartonindustrie

8



EXPLOSIEMEE GROEI VAN KLIMAATNEUTRALE DATACENTERS

VERBONDEN WOLKEN

Het is juli 2030. Digitale data, opgeslagen in clouds, zijn een groot onderdeel van ons dagelijks leven geworden.

Mijn horloge doet dienst als agenda en brievenbus. Dankzij de verbinding met mijn computer en smartphone geeft het me reminders en email-notificaties. Daarnaast meet het horloge natuurlijk ook mijn hartslag en bloeddruk. Voor mij gelukkig niet zo belangrijk, maar mijn vader, die hartproblemen heeft, kan daardoor altijd op tijd de hulpdiensten bellen.

De temperatuur van mijn huis stuur ik eveneens aan met mijn horloge. Daarnaast kan ik het geluidsniveau en de luchtkwaliteit voortdurend in de gaten houden.

In mijn keuken weet de koelkast precies wat die allemaal in zich heeft. Tegen het eind van de week stuurt hij een boodschappenlijstje naar mijn smartphone. Mijn keukenmachine zet alle ingrediënten in recordtijd om in een warme maaltijd. De machine is altijd up-to-date met de nieuwste recepten van Poppy Oliver, die als tv-kok haar vader inmiddels ruimschoots is voorbijgestreefd.

De autonome elektrische auto waarmee ik naar mijn werk rijd, is ook volgestouwd met data. Op elk moment kent de auto niet alleen het wegennet, maar weet die ook waar alle andere auto's staan of rijden, hoe snel ze onderweg zijn en wat de status van alle stoplichten is. Daarmee vindt de auto altijd de snelste route.

Het gebruik van ICT neemt razendsnel toe in onze samenleving. Het dataverkeer, de dataverwerking en de dataopslag zijn de afgelopen 5 jaar telkens met 15 tot 25% per jaar gegroeid. Voor de nabije toekomst zijn er allerlei redenen om te veronderstellen dat deze groei nog wel even zal doorzetten. Het gebruik van intelligente apparaten in huis, de zelfrijdende auto, neurale netwerken: allemaal factoren die daaraan zullen bijdragen.

Door de groei van datacenters is er ook een groei van het energieverbruik te verwachten. Hoe sterk die toename zal zijn, hangt grotendeels af van de efficiëntie van de datacenters. De apparaten die betrokken zijn bij dataverkeer, -verwerking en -opslag worden steeds efficiënter gebruikt. Daardoor is het elektriciteitsgebruik van datacenters de laatste tijd met slechts zo'n 3 tot 4% per jaar gegroeid. Daarnaast wordt momenteel al 83% van het elektriciteitsgebruik van de ICT-sector ingekocht als duurzame energie waarvan ongeveer de helft in Nederland opgewekt wordt.

Veel van die efficiëntieverbetering is direct terug te voeren op innovatie in de werking van chips, waarvan elke component steeds kleiner en energiezuiniger wordt. De opkomst van virtuele servers en het verhogen van de bezettingsgraad van fysieke servers heeft ook sterk bijgedragen aan een hogere efficiëntie. Daarnaast heeft de overstap van serverruimten en interne lokale datacenters naar grootschalige colocatie-datacenters geleid tot een vermindering van de energiegroei. Tenslotte is het steeds slimmer koelen van de datacenters een factor van belang.

Indien het huidige groeitempo doorzet, dan zou je tegen 2050 een ICT-sector in Nederland hebben die ruim 150 maal zoveel dataverkeer, -verwerking en -opslag kent. Omdat energie-efficiëntie maatregelen op een gegeven moment volledig benut zullen zijn, kan het energieverbruik weer naar de onderliggende groei van 15 tot 25% per jaar toe kruipen.

GELUKKIG ZIJN ER ENKELE TRENDS WAARUIT WE VERONDERSTELLEN DAT WE EERDER BIJ 3 TOT 4% GROEI PER JAAR ZULLEN BLIJVEN:

1. *In 2013 werd geschat dat een omschakeling naar dataverwerking in clouds voor zakelijke software in de VS tot 87% energiereductie zou leiden. Er is alle reden om te veronderstellen dat een dergelijk besparingspotentieel ook voor Nederland geldt. In Nederland bevindt zich momenteel nog minder dan 15% van alle servers in cloud datacenters. Dit kan uitbreiden tot ongeveer 80%. Cloud computing kan tot in het volgende decennium verder worden opgevoerd.*

2. *Er is een duidelijke transitie van traditionele, lokale datacenters naar centrale 'hyperscale' datacenters. Traditionele datacenters hebben een Power Usage Effectiveness (PUE) van 1,5 tot 2,5. Hyperscale datacenters zoals die van Google bereiken nu al een PUE van 1,12 gemiddeld. Met de overstap naar hyperscale datacenters en de efficiëntieverbetering van deze datacenters tot een PUE van 1,1 of lager, zal in de komende jaren nog veel energie bespaard kunnen worden.*

3. *De Wet van Moore, die stelt dat het aantal transistors in een geïntegreerde schakeling elke twee jaar verdubbelt, lijkt in stand te blijven. Met name de chips betrokken bij dataverkeer, -verwerking en -opslag worden steeds efficiënter. Nu ASML als enige in de wereld erin slaagt om EUV-machines te maken waarmee een chip nog meer componenten kan bevatten, lijkt ook deze route tot in het volgende decennium ruimte te bieden voor efficiëntieverbetering.*

4. *De overstap naar nieuwe opslagtechnologieën zoals SSD en efficiëntieverbeteringen van deze technologieën bieden kansen voor energiebesparing.*

5. *Alternatieve vormen van computing zullen mogelijk niet alleen sneller, maar ook energiezuiniger zijn. Quantum-computers bijvoorbeeld, alhoewel commerciële toepassing daarvan pas na 2030 verwacht wordt. Daarnaast zal fotonica - het gebruik van licht in plaats van elektriciteit - naar verwachting op de komende jaren wel kunnen zorgen voor snellere en zuinigere datacenters.*

De baseline van de groei van het elektriciteitsgebruik door datacenters in Nederland schatten we op 4% per jaar. Aangenomen dat we altijd in enige mate efficiëntieverbetering zullen realiseren, schatten we de top-line op 10% per jaar. Uitgaande van een energiegebruik in datacenters in Nederland van zo'n 5 PJ per jaar (situatie 2015), komt dit in 2030 op 10 tot 20 PJ per jaar en voor 2050 op 20 tot 140 PJ.

EINDBEELD

Het dataverkeer en de opslag van data zullen sterk groeien de komende jaren, wellicht met een factor groter dan honderd. Aan de andere kant zullen we per byte informatie nog slechts een fractie van de energie nodig hebben die we vandaag de dag gebruiken. Daardoor wordt de groei van het totale elektriciteitsgebruik van de ICT-sector op of onder de 4% per jaar gehouden. Door verdere toepassing van wind- en zonnestroom in de sector wordt de hoeveelheid benodigde primaire energie teruggebracht en de bijbehorende CO₂-uitstoot gereduceerd tot 0 in 2030.

STRATEGIE

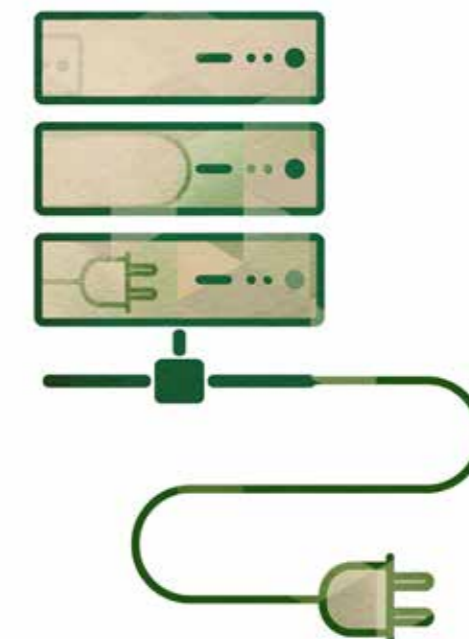
Er wordt maximaal ingezet op cloud computing in efficiënte (hyperscale) datacenters.

Er wordt maximaal ingezet op serverless computing, waarbij de servers zoveel mogelijk worden gevirtualiseerd.

Er worden zeer efficiënte energiezuinige chips gebruikt voor dataverkeer, dataverwerking en dataopslag, zoals op EUV-gebaseerde chips.

'Power path optimization', 'Power loss minimization', temperatuurcontrole en nuttig gebruik van restwarmte worden verder ontwikkeld om datacenters met een Power Usage Effectiveness van bijna 1 te realiseren.

Er wordt 100% duurzame elektriciteit ingekocht. Nieuwe datacenters contracteren stroom van nieuw te bouwen wind- en zonneparken. Op deze manier stimuleren ze de groei van hernieuwbare energie.





Artistieke impressie van het transitiepad voor datacenters



VEGETABLE FOOD FOR THOUGHT

PEKINGEEND VAN PLANTJES

Het is augustus 2030. Ik bel een vriend om samen uit eten te gaan. We kiezen voor de 'Vegan Dragon', één van de vele hippe, volledig veganistische ketens in onze buurt.

We bestellen Pekingend en wontonsoep. Ongelofelijk hoe goed dit smaakt! En volledig gemaakt van eiwit uit Noordzee-algen. Voor het dessert besluiten wij nog even langs mijn favoriete ijssalon te gaan. Daar maken ze het beste soja-ijs in heel Nederland, uit Europese soja bovendien. Als topping kies ik natuurlijk de krekkel-brownie crumbles.

Het aanbod aan vegetarische en veganistische producten is enorm gegroeid. Waar vroeger in de supermarkt kipfilets en biefstukken te vinden waren, liggen nu de groene gras-gehaktballen.

Ook voedselafval heeft meer waarde gekregen. Er wordt veel minder verspild en daarnaast is er een speciale afvalservice die mijn keukenresten inzamelt. Met mijn keukenresten worden de insecten gevoerd, waarvan weer veevoer wordt gemaakt. Veevoer voor het vlees dat wij nu alleen nog maar voor de traditie met de feestdagen eten.

Vegetariër zijn is hip. Gemeten in zoektermen op Google neemt de interesse in gezond, vegetarisch en veganistisch eten de laatste jaren bijna exponentieel toe. Als maatschappij worden wij ons er steeds meer van bewust dat vlees- en zuivelproductie een grote ecologische voetafdruk hebben. Ook de gezondheidsrisico's van rood vlees en overtollige eiwitten worden bekender. De Nederlander eet gemiddeld nu nog ruim 50% meer dierlijk eiwit dan in een gezond eetpatroon past. Toekomstig voedselbeleid gericht op deze onderwerpen zal de trend naar plantaardig versterken.

De trend van vegetarisch en veganistisch eten brengt allerlei veranderingen voor de voedselindustrie teweeg. De globale markt van alternatieve producten voor vlees groeit met ongeveer 6,8% per jaar. Terwijl het schap van de vegetarische producten groeit, krimpt de vleesconsumptie in Nederland: van 80,4 kg per persoon per jaar in 2005 tot 76,3 kg in 2014. Veel bedrijven en conglomeraten hebben al gekozen voor investering in de vegetarische en veganistische markt. Danone besloot in juli 2016 WhiteWaveFoods te kopen, een van de grootste producenten van sojamelk. De Vegetarische Slager maakt in Nederland uit onder andere lupine-bonen en soja plantaardig 'vlees' dat qua smaak sterk lijkt op dierlijk vlees. De populariteit is groot: dit initiatief is gegroeid van één winkel in 2010 tot 2.600 verkooppunten in 13 landen in 2015.

Samen met de ontwikkeling en opschaling van vleesvervangers zoals de producten van de Vegetarische Slager, zal ook het aantal flexitariërs en vegetariërs in Nederland groeien. Met een flexitarische Nederlandse bevolking – 35% minder vlees en meer duurzame varianten dan de huidige gemiddelde Nederlander – spelen wij 64% van de huidige 29.000 km² voor ons voedsel benodigde landbouwgrond vrij. Dan gebruiken wij nog slechts 10.040 km² voor vlees, zuivel en vleesvervangers. Een volledig vegetarische bevolking gebruikt nog maar 16% van de totale landbouwgronden. Niet alleen het landgebruik neemt af maar ook de broeikasgasen-uitstoot vermindert met 84% met de overstap naar een vegetarische bevolking.

DIT TOEKOMSTBEELD IS IN VIER STAPPEN TE REALISEREN:

1. **Terugbrengen van de huidige consumptie van eiwitten naar een gezond niveau.**
2. **Overstap naar een flexitarisch dieet.**
3. **Graduele overstap naar een plantaardiger dieet.**
4. **Inzetten van efficiëntere en innovatieve eiwitproductie voor veevoer en humane eiwitbehoefte.**

Van de huidige vleesvervangers is 70% van soja gemaakt. Gelukkig kan in de toekomst meer van deze soja uit Europa komen. Ook kunnen bonen, zaden en plantenblad worden ingezet als alternatieve eiwitbron.

Om te voorzien in een nog rijker aanbod van alternatieve eiwitbronnen, kunnen we ook denken aan insecten. Die kunnen namelijk bij uitstek van voedselresten verantwoord consumeerbare eiwitten maken. Wereldwijd worden er ongeveer 1.900 verschillende soorten insecten gegeten. In Mexico zijn gefrituurde sprinkhanen bijvoorbeeld een populaire snack. Met innovatie en ontwikkeling komen er ook toegankelijke opties om insecten te eten. Insectenmeel verwerkt in chocoladecake of mueslirepen worden in de toekomst de nieuwe hype voor sporters. Insecten zullen naast soja-, graan- en lupineproducten een afwisselend schap met vleesvervangende producten vormen.

Insecten zijn een natuurlijke 'upcycler' van organisch afval. Jaarlijks wordt in Nederland 135 kilo eten per persoon weggegooid – in totaal is dat 2 miljard kilo. Een groot deel van dit keukenafval, zoals aardappelschillen en etensresten, kan aan insecten gevoerd worden.

Uit de 2 miljard kilo eten die wij jaarlijks weggooiden, maken wij in toekomst 15 tot 38 miljoen kilo eiwitten. Als bijproduct levert dat ook nog mineraalrijke insectenmest op voor de landbouw. Met die 15 tot 38 miljoen kilo eiwitten kunnen wij aan 10% van de eiwitbehoefte van de Nederlandse bevolking voldoen. Voor de productie van 1 kilo eiwitten afkomstig van meelwormen, is bovendien slechts 10% van het land nodig dat nu gebruikt wordt voor 1 kilo eiwitten afkomstig van rundvlees. Daardoor kunnen we met insectenproductie uit voedselresten bijna 3.000 km² aan land vrijspelen.

Insecten kunnen direct geconsumeerd worden, maar ook aan vissen en kippen gevoerd worden. In de transitie van de huidige vleesconsumptie naar het flexitariërschap bieden insecten een grondstof voor veevoer. Kippen eten bijvoorbeeld van nature wormen en insecten. Het in Brabant gelegen Protix produceert met 'Black Soldier flies' al een eiwitproduct voor veevoer. Protix is het eerste bedrijf ter wereld dat met insecten een landbouwtechnologie ontwikkelt die beheersbaar, schaalbaar en stabiel lijkt. Desondanks is het leeuwendeel van het huidige veevoer nog steeds gemaakt van soja en vismeel. Het vervangen daarvan heeft positieve milieueffecten als het gaat om landgebruik, ontbossing, overbevissing en natuurbescherming.

Een aandachtspunt bij het consumeren van insecten gevoerd met etensresten is voedselveiligheid. De risico's voor infecties worden echter laag ingeschat vanwege de taxonomische verschillen tussen insecten en zoogdieren. Menselijke pathogenen verschillen daardoor flink van insectenpathogenen. Toch zal de productie van insectenvlees net als de huidige vleesproductie aan strenge regelgeving moeten voldoen om risico's van bacteriën, prionen en virussen te vermijden.

Naast insecten kan ook de bioraffinage van gewassen een alternatieve en innovatieve bron van eiwitten opleveren. Met bioraffinage kan bijvoorbeeld gras van grasland geraffineerd worden om eiwitproducten voor koeien, varkens, kippen en in de toekomst ook mensen te produceren. In

het volgende hoofdstuk zullen we hier verder op ingaan. Ook algen kunnen geraffineerd worden. Algeneiwit wordt in de toekomst gebruikt voor veevoer, groene chemicaliën en vegetarische producten of voedingssupplementen. Bij grootschalige productie van biograndstoffen uit algen komt een grote hoeveelheid eiwitfractie vrij (tot 40%). De kosten voor het maken van eiwit uit algen zijn momenteel echter wel een factor 10 hoger dan de productie van eiwitten uit gras.

Met elke hierboven genoemde stap spelen we duizenden vierkante kilometers aan land vrij. Het vrijgekomen land kan direct worden ingezet voor de productie van eiwitrijke planten voor vegetarische producten. Daarnaast kan het worden gebruikt voor het verbouwen van biomassa, voor natuurherstel en als bos voor houtproductie. In het kort komen het eindbeeld en de strategie voor de voedselsector hierop neer:



EINDBEELD

Voedselbeleid dat zich richt op gezondheids- en milieurisico's van de voedselproductie leidt tot toename van het bewustzijn van consumenten en een gezond eetpatroon van Nederlanders met minder vlees en minder zuivel. Dat resulteert in een groot aantal flexitariërs, vegetariërs en veganisten.

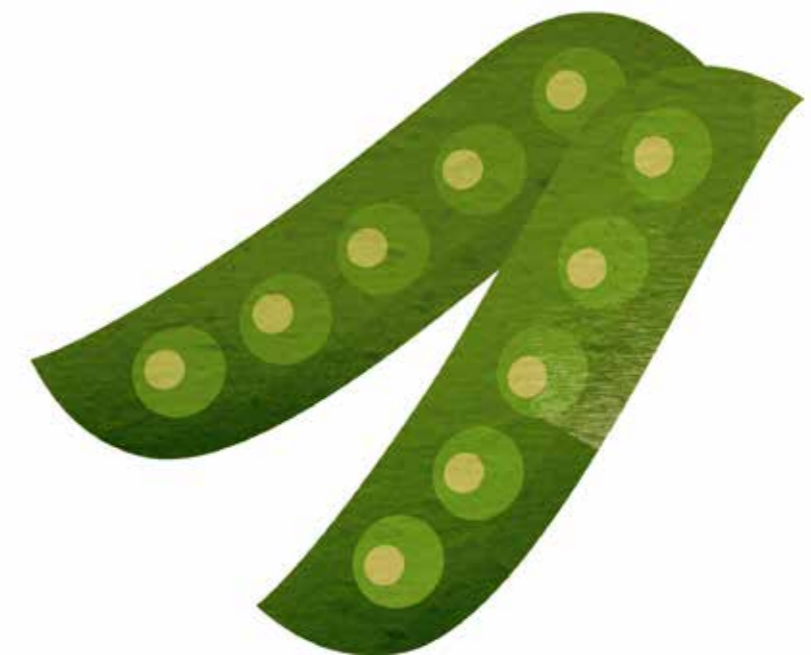
STRATEGIE

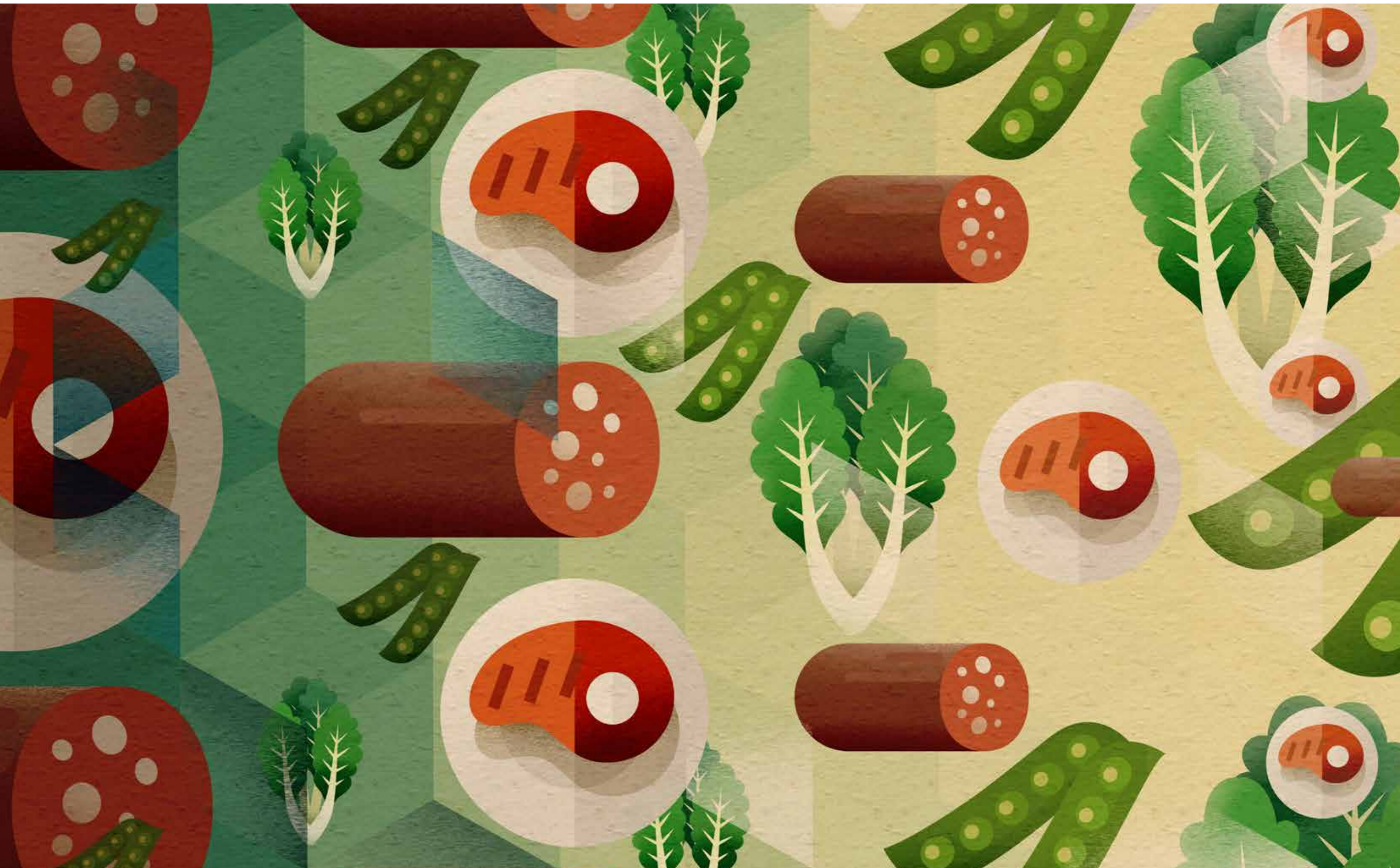
De huidige vlees- en zuivelindustrie investeert in plantaardige eiwitproducten en alternatieve eiwitbronnen.

Insectenproductie met organische afval als voedingsbron zoals Protix wordt opgeschaald. De insectenproductie is in eerste instantie gericht op veevoer en later ook op producten voor de menselijke eiwitbehoefte.

Organisch afval wordt via insecten omgezet in veevoer, wat een circulariteit aan de voedselindustrie toevoegt.

Vrijgespeeld land wordt ingezet voor plantaardige eiwitgewassen, bioraffinage, grondstoffen voor de biochemiesector, energievoorziening, bosland voor houten huizen en natuurherstel.





Artistieke impressie van het transitiepad voor de voedselindustrie

10. DE TESLA VAN DE LANDBOUW

BIO-GRAS- BURGERS VAN EIGEN GAZON

Het is september 2030. Ik loop net een nieuw aangelegd bos uit. Ik kijk naar de boer die op het punt staat zijn gras te raffineren. Hooien en inkuilen zijn tegenwoordig ouderwets. De boer kan meerdere keren per jaar zijn grasland maaien en daarmee vezelkoek produceren. Deze vezelkoek is perfect ingesteld op de eiwitbehoefte van zijn koeien.

Enkele jaren geleden heeft hij samen met boeren uit de omgeving een mobiele grasraffinage-unit gekocht. Om de beurt gebruiken ze deze elektrische machine. Ook de buurman, een varkensboer, profiteert daarvan. Veetelers verkopen aan hem het eiwitsap dat de machine uit het gras trekt. Daarmee vervangt de varkensboer mengvoer uit soja.

Veetelers produceren nu nog maar beperkt rundvlees en melk. Ze zijn voornamelijk bezig met de productie van eiwitten die "superfoods" zijn voor varkens, kippen en mensen. Met name door de rechtstreekse levering van graseiwitten aan mensen is de opbrengst van onze graslanden een veelvoud van vroeger. De bio-grasburger is zelfs een rechtstreekse hit. Sommige mensen leveren gras van eigen gazon aan de raffinage-units aan om bio-burgers van te laten maken.

Doordat er veel meer voedsel lokaal beschikbaar is, zijn grote delen van onze landbouwgronden teruggegeven aan de natuur. Daardoor is er vlakbij mijn woonplaats een prachtig bos ontstaan.

Een belangrijk deel van het Nederlandse landbouwareaal bestaat uit grasland. De eiwitsamenstelling van dit gras is voor koeien, varkens, kippen en mensen voedzaam en gezond. Op dit moment kan gras echter alleen door meermagigen zoals koeien worden verteerd. Door grasraffinage kan een hogere efficiëntie in de eiwitketen bereikt worden en kunnen de graseiwitten ook voor eenmagigen zoals varkens, kippen en mensen beschikbaar worden gemaakt. Dit proces heeft een groot aantal voordelen voor zowel de landbouw als het milieu.

Grasraffinage is niet heel ingewikkeld. Het komt grotendeels neer op het kneuzen en uitpersen van gras. Daarbij ontstaan twee fracties die door verschillende dieren worden benut. De eerste fractie wordt gevormd door het grassap dat uit het gras is 'geperst'. Dit sap bevat eiwitten die geschikt zijn voor varkens, kippen en mensen. De tweede fractie wordt gevormd door het resterende, gedeeltelijk uitgeperste gras. Deze zogeheten vezelkoek bevat nog steeds alle stoffen die een koe nodig heeft.

In de huidige landbouw krijgen runderen ongeveer 42 kilo gras per dag. Koeien gebruiken maar 30 tot 50% van de eiwitten in dat gras. Wanneer koeien alleen de vezelkoek eten, krijgen ze minder nutteloze eiwitten binnen. Daardoor stijgt de eiwit-efficiëntie van de melk van 22% bij het voeren met gras tot 35% bij het voeren van grasvezelkoek.

De eiwitten die koeien niet kunnen opnemen, worden aan andere dieren gevoerd. De eiwitopbrengst van een areaal grasland gaat dan met zo'n 50 tot 300% omhoog ten opzichte van het voeren van gras aan alleen koeien. De exacte rendementsverbetering hangt af van het eiwitgehalte van het gras en of je de eiwitten ook aan varkens en kippen of rechtstreeks aan de mens geeft. Voor varkens en kippen betekent grasraffinage bovendien een lokale en uitgebalanceerde bron van eiwitten, waarmee de import van sojaschroot kan worden voorkomen. Daarmee kun je elders in de wereld weer landbouwgronden vrijspelen voor extra voedsel voor de mens, extra natuur of de teelt van biomassa als grondstof voor de industrie.

Daarnaast biedt grasraffinage ook een kans om Nederlandse grondstoffen direct aan mensen te voeren. Daarmee kun je op een duurzame manier voldoen aan de eiwitbehoefte van de Nederlandse bevolking.

Vooralsnog is vooral gras op veenland is, gegeven het relatief hoge eiwitgehalte, geschikt voor raffinage. Nederland beschikt over ongeveer 1,2 miljoen hectare aan grasland. Dit gras wordt ongeveer vier keer per jaar gemaaid. Een deel wordt vers gegeten door koeien, een deel wordt omgezet naar hooi en het grootste deel van het gras wordt ingekuuld. Doordat het gras vóór het inkuilen één tot twee dagen droogt, ontstaat zo'n 15% aan inkuilverliezen. Met raffinage worden die verliezen voorkomen. Al het gras dat normaal wordt ingekuuld of tot hooi gedroogd, kan dan als vezelkoek voor de winter bewaard worden.

De raffinagetechniek die nu voor gras wordt ontwikkeld, blijkt overigens ook toepasbaar op andere gewassen. Maïs-, suikerbiet- en tomatenbladeren kunnen daardoor eveneens uitstekende bronnen van eiwitten worden.

Doordat koeien met grasraffinage minder eiwitten te eten krijgen en eiwitten deels bestaan uit stikstofmoleculen, daalt het stikstofgehalte in de mest. Bovendien kan bij grasraffinage een deel van het fosfaat uit het gras worden verwijderd. Daardoor daalt ook het fosfaatgehalte van de mest, niet alleen bij koeien, maar ook bij varkens en kippen. Grasraffinage geeft dus een mogelijkheid om de huidige overschotten fosfaat en ammoniak - dat uit stikstof is opgebouwd - in het grondwater geheel te voorkomen. Het residu dat achterblijft nadat je de eiwitten aan het grassap hebt onttrokken, kan weer op hetzelfde grasland worden ingezet als bemesting en vermindert daarmee de behoefte aan extra kunstmest op datzelfde land. Ook dit leidt tot minder stikstof en fosfaat in de landbouwketen.

Het bedrijf Grassa is momenteel al bezig met de ontwikkeling van mobiele grasraffinage-units. Deze units bieden de mogelijkheid om gras onmiddellijk na het maaien en oogsten te raffineren. Het maaien en de raffinage kunnen weersonafhankelijk uitgevoerd worden, zodat de boer niet gebonden is aan droge perioden. De nieuwe Grassa-units worden rendabel indien ze door ongeveer vijf boeren worden gedeeld.

Met grasraffinage is het mogelijk om een groot deel van het mengvoer overbodig te maken. Bovendien is het een bij uitstek decentrale techniek, die niet de infrastructuur en internationale logistiek van de mengvoerindustrie vraagt. Je zou Grassa in dat opzicht kunnen vergelijken met Tesla en de mengvoerindustrie met Ford of Volkswagen. De mengvoerindustrie is groot, internationaal, centraal georganiseerd en heeft een zware belasting op het milieu. Grassa daarentegen is klein, lokaal, decentraal georganiseerd en veel minder milieubelastend.

Ford en Volkswagen hadden aanvankelijk geen enkel belang bij de ontwikkeling van een alternatief voor een auto met een verbrandingsmotor. Dat veranderde toen het kleine Tesla liet zien dat snelle, slimme, emissieloze auto's de toekomst hebben. Omdat de mengvoerfabrikanten eveneens geen reden hebben om de ontwikkeling van grasraffinage te stimuleren, zal de financiering net als bij Tesla van buiten de betrokken industrie moeten komen.

De mengvoerindustrie zal als gevolg van het opschalen van bedrijven zoals Grassa sterk kunnen gaan krimpen. Het sap van grasraffinage vervangt namelijk niet alleen eiwitten, maar ook suikers. Als we een deel van de inhoud van mengvoer vervangen, verandert de hoeveelheid die de veehouderijen nodig hebben. Als mengvoer voor varkens volledig wordt vervangen door grassap, kan 20% van de energie voor de productie van mengvoer bespaard worden. Met grasraffinage op 60 tot 100% van het Nederlandse grasland kan genoeg eiwitsap geproduceerd worden om de huidige 5,1 miljard kilo mengvoer voor varkens te vervangen. Dat is ongeveer 37% van het mengvoer in Nederland - de rest wordt gegeven aan pluimvee en koeien.

EINDBEELD

De eiwitproductie van grasland neemt toe met 50 tot 300%. De eiwitopbrengst wordt hoger, doordat graseiwitten beschikbaar komen voor koeien, varkens, kippen en mensen. Dit zal tegelijkertijd mest-, stikstof- en fosfaatoverschotten uit de Nederlandse landbouw doen verdwijnen. Het importeren van sojaschroot en de Nederlandse productie van mengvoer zal voor een belangrijk deel overbodig worden. Elders in de wereld worden honderdduizenden hectaren aan landbouwgrond vrijgespeeld voor andere toepassingen, zoals het telen van biomassa als industriële grondstof. Tevens neemt de behoefte aan kunstmest af door het sluiten van de kringloop. Bedrijven met grasland worden lokale leveranciers van varkens- en pluimveevoer en van grondstoffen voor de productie van vleesvervangers voor de mens. De centrale mengvoerindustrie krimpt sterk.



STRATEGIE

Financiers van buiten de mengvoerindustrie worden aangetrokken.

Een onbemande commerciële mobiele grasraffinage-unit wordt ontwikkeld, met een verwerkingscapaciteit van 5 ton per uur, naar analogie met de huidige unit die 0,5 ton per uur kan verwerken.

De verkoop en lease van deze 5-ton units wordt sterk opgeschaald.

Een commerciële mobiele unit met hovercraft technologie wordt ontwikkeld, met een capaciteit van minimaal 10 ton per uur. De unit kan alle bewerkingen op het grasland zelf uitvoeren. De boer hoeft alleen eiwit uit grassap en vezelkoek op te halen. De rest van het grassap gaat direct terug als bemesting op het land.

De techniek wordt binnen 15 jaar toegepast op minstens 50% van het grasland en geleidelijk ook op andere gewassen, zoals maïs- en suikerbietbladeren.

De techniek wordt binnen 5 jaar geschikt gemaakt voor menselijke consumptie. Daarmee neemt de eiwitopbrengst van grasland met 300% toe.

De Grassa-techniek heeft als rechtstreekse gevolgen dat sojaschrootimport wordt vervangen en problemen met mest- en fosfaatoverschotten worden opgelost.

Wanneer er in Nederland een succes van is gemaakt, wordt de techniek beschikbaar gesteld voor de wereldmarkt.



Artistieke impressie van het transitiepad voor de grasgebonden landbouwsector



BELASTINGEN: LEUKER KUNNEN WE HET NIET MAKEN, WEL DUURZAMER

LEKKER LANG DELEN

Het is 31 december 2030. De afgelopen tien jaar hebben we als samenleving geworsteld met ons belastingstelsel. Maar nu hebben we het goed voor elkaar.

Als ik vroeger veel verdiende, moest ik tot meer dan de helft van mijn inkomen afdragen in de vorm van inkomstenbelasting. Ook moest ik over ieder product dat ik kocht en iedere dienst die ik gebruikte meer dan een vijfde belasting betalen door de btw. En als ik energie gebruikte, dan was er weer energiebelasting. Bedrijven die veel CO₂ uitstootten, moesten ook nog een CO₂-prijs betalen. Dat is nu allemaal verleden tijd.

Geen van deze belastingmaatregelen hielp namelijk voldoende om te zorgen dat we minder klimaatvervuilend bezig waren. Rond 2020 is er nog een dappere poging gedaan om een extra CO₂-belasting in te voeren en de CO₂-prijs te verhogen, maar dit systeem had niet het gewenste effect, omdat er altijd het risico was dat de industrie in Europa werd benadeeld ten opzichte van de industrie op een ander continent. Ook werd tussen 2015 en 2023 de energiebelasting voor consumenten op aardgas verhoogd en op elektriciteit verlaagd. Maar dat had alleen invloed op het rechtstreekse energiegebruik van consumenten en niet of nauwelijks op het energiegebruik van de industrie.

Nu vallen producten die worden gedeeld, zoals de zelfrijdende auto, of producten die lang meegaan, zoals houten balken in een energieneutraal huis, in de laagste belastingcategorie. Dit belastingstelsel heeft enorm geholpen om duurzame producten goedkoper te maken dan vervuilende producten.

Voor veel van de ideeën uit de voorgaande hoofdstukken geldt dat ze vanuit technisch en maatschappelijk oogpunt superieur zijn ten opzichte van hun oude equivalenten. Ze zijn veel minder belastend voor het klimaat en de wereld om ons heen. En toch worden deze ideeën nog nergens op grote schaal uitgevoerd. De simpele reden hiervoor is dat al deze ideeën economisch minder aantrekkelijk zijn dan de huidige opties. Momenteel zijn de grijze routes goedkoper dan de groene routes, omdat de externe kosten op het gebied van milieu-impact, zoals het verbruik van grondstoffen en energie en de CO₂-uitstoot, niet of onvoldoende wordt meegenomen in de kosten van een productieketen.

De sleutel om dit te veranderen, ligt bij ons belastingsysteem. Belasting is namelijk niet alleen een manier om de overheid voldoende middelen te geven om de noodzakelijke sociale en publieke functies uit te voeren. Het systeem is ook onontbeerlijk om productieketens te sturen naar duurzamere consumptie en productie van goederen en diensten.

Het staat de Nederlandse overheid vrij om te schuiven tussen bestaande vormen van belastingen of nieuwe te bedenken. Belangrijk hierbij is wel dat het totaal van alle geïnde belastingen voldoende is om de taken die de overheid heeft te kunnen blijven betalen. Een andere belangrijke randvoorwaarde is dat binnen Europa vrij verkeer van personen, goederen, diensten en kapitaal geldt. Dit betekent dat radicale verschuivingen in het belastingsysteem moeten worden afgestemd met de rest van Europa en misschien zelfs de rest van de wereld om te voorkomen dat de productie van goederen en diensten zich verplaatst naar landen of regio's waar minder strenge belastingen gelden.

We wagen een poging om een veranderend belastingregime te verkennen. Zoals uit al het voorgaande blijkt, is zo'n verandering nodig om de grote technische en maatschappelijke kansen te benutten die tot een klimaatneutrale samenleving kunnen leiden.

We hebben in dit hele verhaal aangenomen dat de samenleving in de toekomst de middelen die er nu zijn wil blijven gebruiken – denk aan producten bestellen via internet of vrije keuze om te reizen. We nemen dus aan dat mensen minimaal dezelfde welvaart willen blijven genieten. Ook gaan we ervan uit dat Nederland integraal onderdeel blijft van Europa. Tenslotte hebben we aangenomen dat het grootste deel van de bevolking boven alles met zijn portemonnee kiest. Als mensen al kiezen voor meer verantwoorde producten, dan heeft dat veel eerder met gezondheid te maken dan met milieu-impact.

Met deze aannames komen wij tot de conclusie dat de belastingen op het gebruik van goederen en diensten moeten verzwaren en die op arbeid moeten verlagen – waarbij het belang en nut van belasting op arbeid om welvaart te distribueren intact moet blijven. De verschuiving geeft de consument de kans meer impact te maken met een keuze in de supermarkt. Je krijgt namelijk meer netto inkomen, maar betaalt soms ook meer voor iedere consumptie die je doet. Verder wordt de levensduur van producten en materialen in onze samenleving verlengd. De kleermaker wordt immers relatief goedkoper dan het weggooien en kopen van een nieuwe jas.

De keuze van de consument wordt ondersteund door een prijsprikkel, die ontstaat door een differentiatie tussen vergelijkbare goederen en vergelijkbare diensten. Een prijsprikkel waarbij duurzame producten goedkoper worden dan hun niet-duurzame equivalenten. Deze differentiatie kan met verschillende systemen ingeleid worden:

KORTE-LEVENSDUURBELASTING

De invoering van een korte-levensduurbelasting, waarvan de hoogte afhangt van de gemiddelde levensduur van het product. Eenmalige producten zoals niet-herbruikbare kartonnen of plastic verpakkingen vallen daardoor in de hoogste belastingcategorie, evenals alle brandstoffen. Zonnepanelen die 30 jaar meegaan of houten balken in huizen die 100 jaar meegaan vallen in de laagste belastingcategorie. Moet je een product vervoeren via een zeeschip dat brandstof gebruikt die in Europa wordt gebunkerd, dan wordt je product duurder dan dat van een lokale leverancier die hetzelfde product via een elektrische auto op zonne-stroom vervoert. Voedsel, water en duurzame energie zijn uitgezonderd van de korte-levensduurbelasting. Verder is er naast de korte-levensduurbelasting een milieuoopslag indien een bepaald percentage van je product achterblijft in het milieu tijdens of na gebruik. Dat geldt bijvoorbeeld voor plastic dat deels in onze rivieren en zeeën terecht komt en CO₂ die bij verbranding in de lucht komt.

LADDERSYSTEEM VAN EEN CIRCULAIRE ECONOMIE

In een circulaire economie wordt afval als grondstof gebruikt, worden hernieuwbare bronnen gebruikt, wordt het 'designed-to-last-principe' zo vaak mogelijk toegepast, worden producten en materialen hergebruikt, worden diensten in plaats van producten verkocht en worden eenvoudige en energiezuinige end-of-life opties voor producten of onderdelen toegepast. Voor producten die uit eindige grondstoffen worden gemaakt bestaat een ladder die deze ideeën van een circulaire economie verbindt:

Share
Maintain/Prolong
Reuse/Redistribute
Refurbish/Remanufacture
Recycle

Hoe hoger op de ladder, des te hoger is het waardebehoud van het product en des te minder wordt het product belast.

EEN BTW-SUPERCATEGORIE

Bijvoorbeeld 50% btw op milieubelastende producten en diensten. Nadeel hierbij is dat dit gebaseerd is op een fractie van de prijs, en die is voor sommige producten, zoals een plastic tasje, te laag.

EMISSIEBELASTING

Er is meer dan alleen CO₂-uitstoot. Denk bijvoorbeeld aan fijnstof of microplastics die in het milieu eindigen. Een emissiebelasting raakt al deze vormen van uitstoot die schadelijk zijn voor het milieu.

Deze alternatieve systemen moeten nader worden onderzocht, bepleit en doorgevoerd op Nederlands en Europees niveau. Wij hebben systemen nodig die duurzame productie, duurzaam gebruik en duurzame consumptie combineren. Als het ons lukt om afval en ongewenste bijproducten te verminderen, energie te besparen en de levensduur van producten en grondstoffen te verlengen, dan kunnen wij de bijdrage van de producten aan onze samenleving verbeteren en de beschadiging van de aarde reduceren.





Artistieke impressie van het transitiepad voor het belastingregime

12.

DURZAAM

GELUK

We begonnen dit verhaal met het hoofdstuk 'Een ongemakkelijk gevoel'. Daarin vertelden we dat er nog maar weinig twijfel bestaat dat het klimaat verandert. En dat we het erover eens zijn dat het kort dag is. We hebben nog maar enkele decennia om onze samenleving te veranderen, voordat de gevolgen van klimaatverandering onze mogelijkheid om op deze planeet te overleven ondermijnen. Ook vertelden we dat goede toekomstbeelden voor de industrie in een klimaatneutrale samenleving ontbreken.

Is na het lezen van dit verhaal ons ongemakkelijke gevoel weg? Misschien niet helemaal, maar er begint wel een beeld te ontstaan van hoe de energie-intensieve industrie klimaatneutraal kan worden. En daarmee ontstaat er een totaalplaatje van hoe onze samenleving en die van andere landen klimaatneutraal kunnen worden. Als we ons zo'n beeld kunnen voorstellen, dan is er ook een kans dat we het kunnen realiseren. Daardoor zullen we weer vertrouwen krijgen dat we niet alleen nu, maar ook in de toekomst gelukkig kunnen zijn.

Als je gelukkig wilt zijn en blijven, dan zijn daar wel enkele voorwaarden aan verbonden. Een aangenaam en niet te extreem klimaat is nodig, anders verandert leven al snel in overleven. Veiligheid is ook noodzakelijk. Een klimaatneutrale industrie helpt in onze poging om waterstijging te beperken in een land dat voor een groot deel achter dijken ligt. Als de kans op een dijkdoorbraak stijgt, voel je je niet langer veilig. De verschillende hoofdstukken per industrie en appendix A in het bijzonder laten zien hoe de ideeën in dit verhaal een bijdrage leveren aan de klimaatneutraliteit en dus de veiligheid van onze samenleving.

Het is ook belangrijk dat we ons vrij voelen. Energie- of grondstoffenschaarste zou kunnen leiden tot bijvoorbeeld minder reizen. Ook leveren dergelijke tekorten internationaal spanningen op, die kunnen leiden tot beknotting van allerlei vrijheden. Appendix A laat zien hoe we het gebruik van fossiele grondstoffen en energie kunnen beperken.

In de verschillende hoofdstukken zijn er bovendien tal van voorbeelden hoe we beter met schaarse grondstoffen kunnen omgaan.

Het is ook van zeer groot belang dat je gezond bent. Een klimaatneutrale industrie die geen resten in het milieu achterlaat, de natuur verbetert en gezonde voeding levert, helpt daarbij. De hoofdstukken over voeding, landbouw en belasting laten dit zien. Daarnaast hebben we in appendix A nog eens op een rijtje gezet hoeveel landbouwgrond we niet meer nodig zouden hebben als we de ideeën in dit verhaal zouden uitvoeren.

Alleen gelukkige mensen kunnen het zich veroorloven om na te denken over een nieuwe klimaatneutrale toekomst waarin alle mensen gelukkig kunnen zijn. Ongelukkige mensen zijn angstig en gefrustreerd en zijn voornamelijk met zichzelf bezig. Een klimaatneutrale internationale industrie zal een belangrijke factor zijn in het verbinden van mensen, het bieden van een toekomstperspectief en het bestrijden van populisme dat zich voedt op grond van ongelukkige boze mensen, die bang zijn voor de ander en alle vormen van verandering, inclusief klimaatverandering.

Ons land kent een hoge mate van welzijn. In ons land is nog de mentale, economische en politieke ruimte om die klimaatneutrale toekomst te creëren. Hoe lastig dat soms ook zal zijn. Want we onderschatten de complexiteit en grootte van de "verbouwing" van onze samenleving niet.

Dit verhaal is geschreven omdat we naast energieneutrale huizen, emissieloze auto's en duurzame landbouw dringend een klimaatneutrale industrie nodig hebben. Een klimaatneutrale industrie is namelijk een essentieel onderdeel van een wereld waarin mensen zich op hun gemak voelen.

BIJLAGE A: IMPACT VAN DE TRENDS OP BRAND- EN GRONDSTOFFENGEBRUIK, CO₂-UITSTOOT EN LANDGEBRUIK

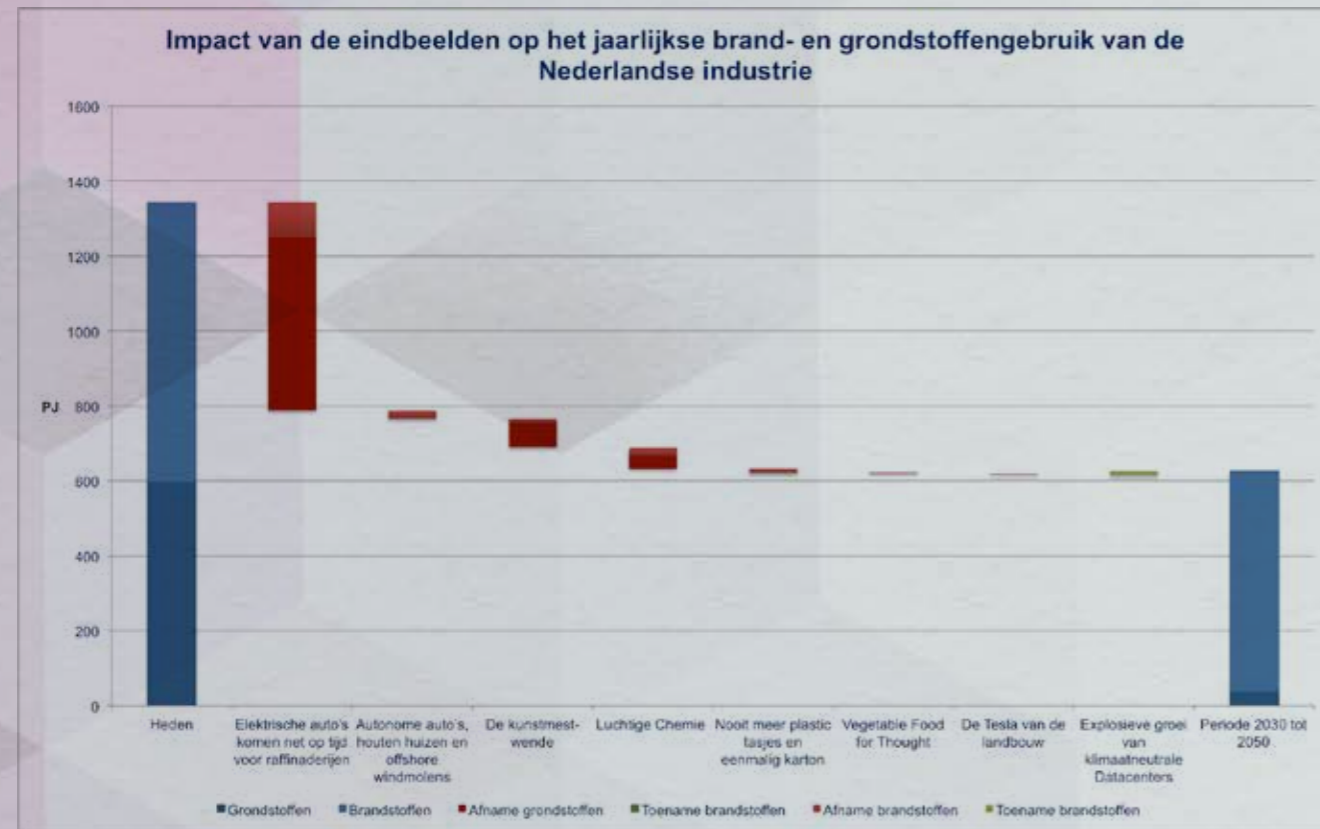
Impact van de eindbeelden in dit verhaal

De eindbeelden in dit verhaal hebben enorme impact op de industrie van de toekomst, maar bieden ook kansen om deze veel meer klimaatneutraal te maken. In het rapport Industrie in Transitie uit juni 2016 noemden we dit "klimaatkansen". We hebben berekend hoe groot de impact van de klimaatkansen is op de parameters waarin we klimaatneutraliteit meten, zoals het gebruik van fossiele brand- en grondstoffen, biomassa, CO₂-uitstoot en landgebruik. In deze bijlage staan de belangrijkste uitkomsten van die berekeningen; bijgewerkt met de nieuwe inzichten die we hebben verkregen bij het schrijven van dit verhaal.

In de eerste grafiek staat de impact van de eindbeelden per industrie op het jaarlijkse brand- en grondstoffengebruik. We

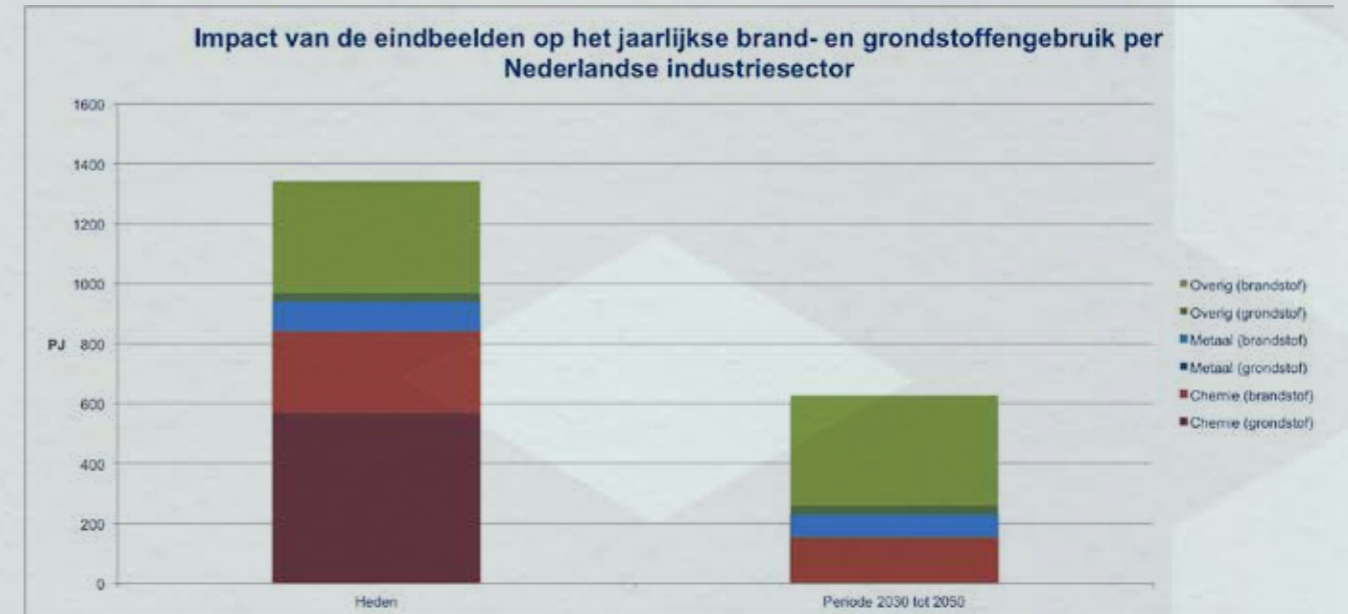
nemen hierin zowel fossiele brand- en grondstoffen mee als de inzet van biomassa als grondstof. Voor de duidelijkheid hebben we aangenomen dat het brand- en grondstoffengebruik van alle industrieën die hierboven niet worden beschreven, net als de overige sectoren in de samenleving niet verandert. Dit geeft een zuiver beeld van wat de verandering in de besproken industrieën kunnen zijn, gegeven dat de rest gelijk blijft. In onze scenario's voor Nederland en Europa als geheel laten we overigens wel zien dat ook in de andere sectoren van de samenleving enorme veranderingen gaan optreden als gevolg van ons streven naar klimaatneutraliteit. Zo neemt bijvoorbeeld door de elektrische auto niet alleen het brand- en grondstoffengebruik van de raffinaderij af, maar zal ook de CO₂-uitstoot, die toegerekend wordt aan de transport sector sterk dalen. Het eerste effect op de raffinaderij wordt wel meegenomen in onderstaande grafieken, maar het tweede grote effect (CO₂-uitstoot auto's) laten we hier buiten beschouwing.

Wat opvalt voor dit verhaal is dat de grootste impact voor de industrie volgt uit de overgang naar elektrisch vervoer en de impact daarvan op de raffinaderijen en het elektrificeren van de chemische industrie en de kunstmest sector.



De tweede grafiek laat het brand- en grondstoffengebruik per sector opgeteld zien. De totale impact van alle eindbeelden is enorm. Het brand- en grondstoffengebruik van de industrie kan als gevolg van de eindbeelden afnemen van zo'n 1350 PJ naar zo'n 650 PJ per jaar. Niet geheel toevallig komt dit overeen met de 650 PJ 'overschot' (zie het kunstmest-

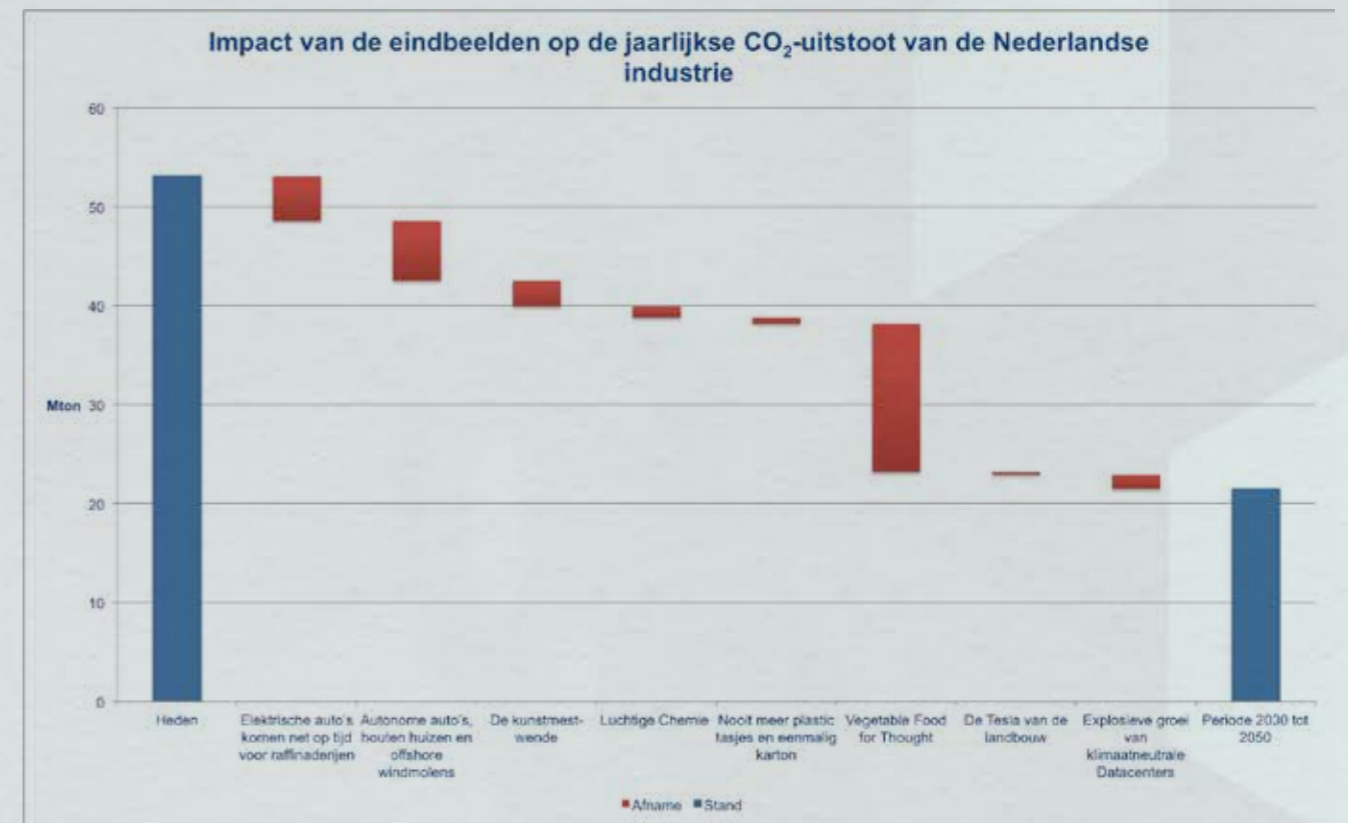
verhaal). De totale finale brand- en grondstoffenvraag van de samenleving zou in dat scenario overigens dalen van 2750 PJ in 2013 naar 1450 PJ voornamelijk veroorzaakt door de hier beschreven eindbeelden en de enorme efficiency winst die in alle sectoren ontstaat door elektrificatie. De voorgestelde 75



GW off-shore windvermogen (zie raffinage verhaal) zou 1000 PJ van de gevraagde 1450 PJ invullen. Zon en geothermie een belangrijk deel van het restant.

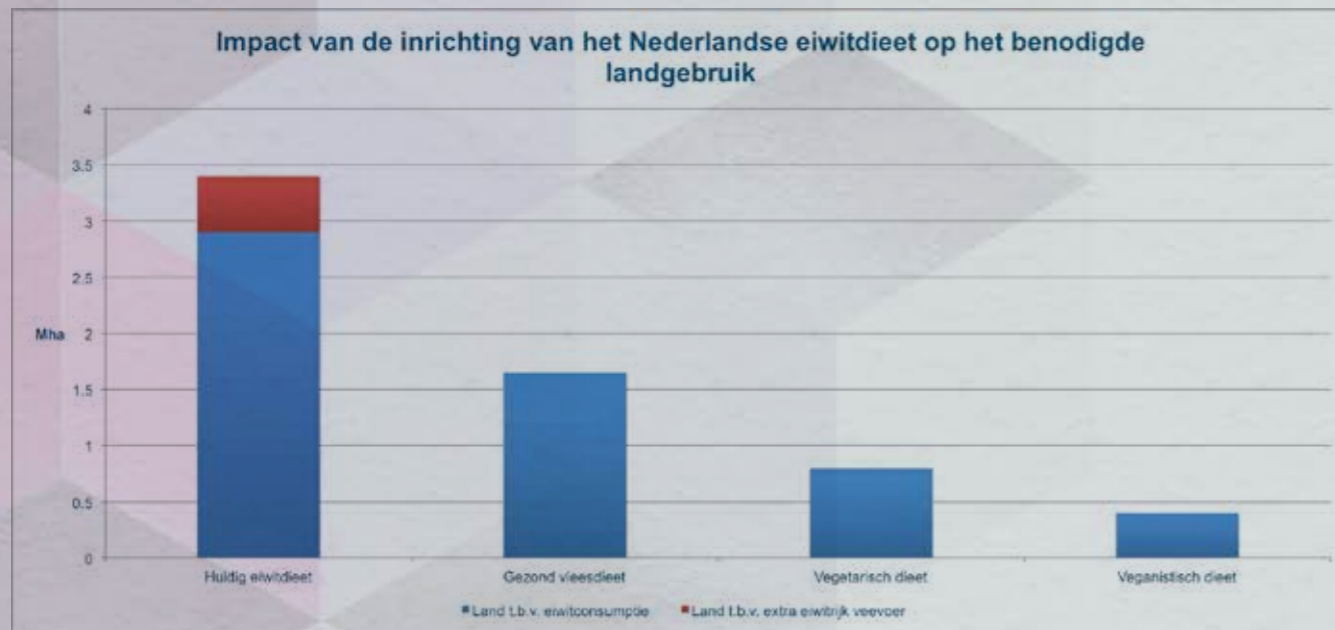
Ter duiding één PJ (pètajoule) is gelijk aan het elektriciteitsverbruik van ruim 80.000 Nederlandse huishoudens

(gemiddeld 2,3 personen per huishouden). Nu gebruiken die huishoudens gemiddeld ieder ongeveer 3.500 kWh per jaarbasis. De daling met 700 PJ per jaar in de energie-intensieve industrie staat dus gelijk aan een bijna onvoorstelbare besparing van het elektriciteitsgebruik van ruim 130 miljoen mensen, indien deze net zoveel elektriciteit op jaarbasis thuis zouden gebruiken als de Nederlanders nu.



De eindbeelden voor de raffinagesector en de chemische industrie hebben ook impact op de CO₂-uitstoot, maar op dat gebied is een nog grotere impact te halen door ons voedselpatroon te veranderen. Dit is te zien in de volgende grafiek. De totale impact van alle eindbeelden leidt tot een ruime halvering van de CO₂-uitstoot van de industrie, van 53 MT tot 22 MT. De industrie is in 2015 goed voor één derde van de Nederlandse CO₂-uitstoot. Voor de goede orde het gaat hier niet om de uitstoot van de Nederlandse landbouw maar om de uitstoot veroorzaakt door de voedselconsumptie van alle Nederlanders.

Een bijkomend voordeel van een veranderend voedselpatroon is dat de er veel minder landbouwgrond nodig is. Dit is te zien in de volgende grafiek. Het huidige Nederlands landbouwareaal is 1,85 Mha. We kunnen dus meer dan 1,5x het Nederlandse landbouwareaal ergens in de wereld vrijspelen door anders te gaan eten. Ruimte die de natuur, de groeiende wereldbevolking, de groeiende vraag naar biomassa voor de industrie en de consument die biologisch wil eten (de opbrengst per ha van biologisch teelt is momenteel lager dan bij niet-biologische teelt) ons allemaal vragen.



BIJLAGE B: AANBEVELINGEN VOOR NETBEHEERDERS VAN ELEKTRICITEITS-, GAS- EN WARMTENETTEN

De in dit verhaal beschreven trends hebben impact op de elektriciteits-, gas- en warmtenetten, bij elkaar de energieinfrastructuur. Bij een bijna volledige elektrificatie moet het elektriciteitsnet groeien om toegenomen (variabele) elektriciteitsaanbod en vraag te kunnen verbinden en moet het energiesysteem evolueren naar een geïntegreerd geheel waarin de centrale energiedrager elektriciteit verbonden is aan waterstof, warmte, opslag en andere flexibiliteitsbronnen en energiedragers. Het marktmodel zal moeten veranderen zodat het leveren van flexibiliteit (op dag- en seizoensbasis) centraal komt te staan om huidige betrouwbaarheid

en leveringszekerheid te kunnen behouden. Bij grote overschotten van weerstroom worden de aanwezigheid en de kosten van voldoende energieinfrastructuur bepalend voor de vraag of en hoe de overschotten ingezet kunnen worden: van grootschalige curtailment als er onvoldoende capaciteit is tot mogelijk maken van verduurzaming van de energie-intensieve industrie bij slimme keuzes voor vergroting capaciteit, inzet flexibiliteit en conversie naar andere energiedragers. Hierbij moet worden opgemerkt dat hybride systemen een kostbare energieconversieslag kunnen vermijden en ook uitbreidingen in elektriciteitsdistributie en transportnetten kunnen beperken. Dit alles maakt dat inrichting van de energieinfrastructuur meegenomen moet worden bij verdere uitwerking van de verschillende strategieën voor de industrie.

Deze bijlage is bedoeld als aanzet voor de discussie van de netbeheerders als het gaat om de impact van de eindbeelden op de energieinfrastructuur in de industrie (en aanpalende sectoren). We nodigen de lezer van dit verhaal uit om deze aanbevelingen aan te vullen, te verfijnen en te nuanceren.

TABEL 1: CONSEQUENTIES VOOR DE ELEKTRICITEITS-, GAS- EN WARMTENETTEN.

HOOFDSTUK	Highlight uit eindbeeld met relevantie voor de netten	Mogelijke impact op de netten
2	Bijna volledige elektrificatie van samenleving	<p>Elektriciteitshoogspanningsnet: Uitbreiding van netten op de Noordzee en uitbreiding van netten naar de energieintensieve-industrie.</p> <p>Elektriciteitsdistributienetten: Uitbreiding nodig. Gasdistributienetten: Alleen behouden op die plaatsen waar hybride oplossingen beter zijn omdat woning isolatie en/of uitbreiding elektriciteitsnetten duurder zijn dan gebruik van "nieuw gas".</p> <p>Warmtedistributienetten: Waar hernieuwbare warmte beschikbaar is.</p>
3	Sterk gekrompen raffinaderij	<p>Warmtenet: Industriële restwarmte uit raffinaderijen is slechts tijdelijk en is maar gedeeltelijk beschikbaar in eindbeeld 2050. Restwarmte wordt vervangen door hernieuwbare warmte of het warmtenet wordt aangepast aan de kleinere hoeveelheid restwarmte die beschikbaar is.</p> <p>Elektriciteitsnet: Rekening houden met meer inzet van (hybride-)warmtepompen in gebieden rond raffinaderijen indien geothermie niet kan.</p>

HOOFDSTUK	Highlight uit eindbeeld met relevantie voor de netten	Mogelijke impact op de netten
3	Sterke toename waterstof productie door off-shore windparken op plekken waar off-shore wind aan land komt	Gasnet: Uitbreiding H ² -netten van plekken waar off-shore windkabels aan land komen naar plekken met energie-intensieve industrie. Elektriciteitsnet: Inrichten op inzet van conversie naar waterstof als flexibiliteitsbron.
4	Sterke toename inzet syngas als grondstof	Gasnet: Uitbreiding H ² en syngas netten op plekken waar de chemie aanwezig is.
5	Sterke toename inzet H ² als grondstof voor kunstmest	Gasnet: Mogelijke aanleg/uitbreiding H ² -netten naar Geleen en Sluiskil.
6	Autonome auto's die gedeeld worden	Elektriciteitsnet: Het net voorbereiden op voornamelijk 's nachts laden van elektrische auto's op centrale locaties (pleinen buiten stad en dorp en/of in parkeergarages). Laden van elektrische auto's op werk of thuis is verleden tijd.
7	Krimp kartonindustrie	Warmtenet: Minder beschikbaarheid van restwarmte voor omgeving papier- en kartonfabrieken.
8	Explosieve groei klimaatneutrale datacenters	Elektriciteitsnetten: Uitbreiding E-netten rond datacenters.
9/10	Plantaardiger eten en grasraffinage	Geen directe invloed op netten.
11	Andere differentiatie belastingen	Elektriciteitsnetten: Adoptie van nieuwe elektrische apparaten wordt bepaald door het moment waarop elektrische apparaten goedkoper worden dan hun fossiele alternatieven. Dit moment wordt sterk beïnvloed door het moment waarop nieuwe gedifferentieerde belastingen worden ingevoerd. Het tempo waarmee de adoptie plaatsvindt wordt bepaald door de mate van differentiatie. Netbeheerders zullen qua netcapaciteit moeten anticiperen op het moment van aanpassing van de belastingwetgeving. Het marktmodel voor de elektriciteitsmarkt moet worden aangepast om te kunnen omgaan met het feit dat weerstroom geen marginale kosten kent en dat de markt moet kunnen omgaan met realtime beprijzing voor consumenten en andere, nieuwe partijen.

BIJLAGE C: AANBEVELINGEN VOOR DE OVERHEID

Het zal de lezer van de verhalen duidelijk zijn geworden dat de eindbeelden voor de industrie in de periode 2030 - 2050 niet gehaald kunnen worden door ieder jaar de bestaande processen in een industrie 1 - 2 % efficiënter te maken. De innovatiegelden die nu ingezet worden voor deze efficiency verbetering leveren in toenemende mate frustratie bij de overheid en de industrie jegens elkaar op. De overheid is

geprikkelend doordat de efficiency doelen niet worden gehaald en de industrie vindt het steeds moeilijker om efficiency verbeteringen uit bestaande installaties en processen te halen.

Vandaar dat we een pleidooi willen houden voor het richten van de TKI's en de innovatiegelden op het stimuleren van de grote trends/veranderingen die we in de verhalen beschrijven. We nodigen de lezer van dit verhaal uit om deze aanbevelingen aan te vullen, te verfijnen en te nuanceren.

TABEL 2: RICHTING WAARIN DE OVERHEID ONTWIKKELING KAN STIMULEREN DIE EEN GROOT

POSITIEF EFFECT ZULLEN HEBBEN OP HET KLIMAATNEUTRAAL WORDEN VAN ONZE SAMENLEVING

HOOFDSTUK	Richting	Uitleg
2	Stimuleren elektrificatie van woningen	Verhogen van energiebelasting op elektriciteit naar aardgas voor kleinverbruikers. Daarmee worden eerst hybride warmtepompen en later geothermie en volledig elektrische warmtepomp aantrekkelijker dan aardgas gestookte HR-ketels.
2	Campagne bewustwording van de volledige elektrificatie van de maatschappij	Elektrische apparaten worden de norm. Apparaten die iets verbranden worden als ouderwets en vervuilend geframed.
3	Stimuleren elektrische voertuigen en vaartuigen op niet aardolieproducten	De raffinaderijen, een van de meest energie-intensieve industrieën krimpt aanzienlijk.
3	Stimuleren zeer grootschalige bouw van off-shore windmolenparken	Er ontstaat een nieuwe duurzame industrie als alternatief voor de krimpemde olie-industrie.
4	Stimuleren nieuwe grondstoffen voor de chemie	Primair chemie gebaseerd op windstroom. Secundair op aardgas (H ² en syngas), tertiair op biomassa en quartair op nafta.
4	Verbieden verbranden of in het milieu achterlaten van producten waarin koolstofatomen uit fossiele brandstoffen en biomassa zijn verwerkt	Noodzaak aanbrengen voor creëren van langdurig gebruik van eindproducten in de samenleving en noodzaak voor circulair produceren.
5	Stimuleren inzet off-shore windstroom voor kunstmestproductie	Enorme mogelijkheden voor het balanceren van het landelijk hoogspanningsnet met een variabele kunstmestproductie.

HOOFDSTUK	Richting	Uitleg
6	Stimuleren autonome voertuigen, houten huizen en off-shore windmolens uit gerecycled staal	Staalindustrie vormt zich om van het gebruik ijzererts naar staal dat al in de maatschappij aanwezig is.
7	Stimuleren meermalige verpakkingen voor (internet)bestellingen	Karton gaat minder recylen en daardoor minder energie gebruiken.
8	Stimuleren van uitsluitend duurzame stroom voor hyperscale datacenters	Grotendeels uifasieren van kleinere datacenters en/of datacenters op grijze stroom.
9	Stimuleren plantaardiger eten	Invloed op zowel gezondheid en daarmee overheidsuitgave voor gezondheid als op beschikbaarheid landbouwgronden voor o.a. teelt biomassa als tertiaire grondstof voor de Chemie.
10	Stimuleren betere benutting graslanden in Nederland d.m.v. raffinage	Enorm effect op landbouw efficiency. Oplossing van mestoverschot probleem en drastische vermindering van sojaschroot import
11	Invoeren nieuwe belasting differentiatie	Belastingen verschuiven van arbeid naar goederen en diensten. En de belastingen op goederen en diensten worden gedifferentieerd op een bredere basis dan alleen CO ₂ . Deze differentiatie wordt gebruikt om duurzame producten goedkoper te maken dan hun niet-duurzame equivalenten.

BIJLAGE D: STUUR-/ BEGELEIDINGSGROEP HET VERHAAL

Stuurgroepleden		
Jan Pellis	Strateeg	Stedin
Abo Rassa	Corporate Strategy	Alliander
Sander Schouwenaar	Manager Innovatie	Enexis
Piet Nienhuis	Project manager transport infrastructure development	GasUnie
Marijn Artz	Manager Duurzaam & Energietransitie	Netbeheer Nederland
Marjan Minnesma	Directeur	Urgenda
Jan-Jaap Nusselder	Manager Public Affairs and Special Projects at OCI Nitrogen	Oci Nitrogen
Johan Sanders	Hoogleraar	WUR
Peter Alderliesten	Directeur	TKI I&E
Tjeerd Jongasma	Directeur	ISPT
Andreas ten Cate	Director International Business Development	ISPT
Gert van der Lee	Long Term Transmission Gridplanning	TenneT

Met medewerking van		
Reinier Gerrits	Head of Unit Energy and Climate at VNCI	VNCI
Ewald Breunese	Manager Energy Transitions	Shell
Jeroen van der Tang	Manager Duurzaamheid en Milieu at Nederland ICT	Nederland ICT
Anita Westenbroek	Director Innovation	VNP
Corneel Lambregts	Secretaris	VNP
Machteld van den Broek	Assistant Professor	Universiteit Utrecht
Marco Kavelaars	Team Manager Industrie en ICT	RVO
Marcel Verzandvoort	Teammanager Olie, Bouw en Monitoring	RVO
Aart Dekkers	Clusterleider kennis en strategie energie	Min. EZ
Bouke Bussemaker	Beleidsmedewerker Energie en Energiebesparing	Min. EZ
Peter Besseling	Senior Policy Advisor Sustainable Industry	Min. EZ

OVER QUINTEL INTELLIGENCE

Quintel Intelligence heeft als missie om de energietransitie te versnellen, door overheden, NGO's, bedrijven, burgers en studenten te helpen met het begrijpen van die transitie. Wij doen dit sinds 2008 en wij doen niets anders dan dat. Onze organisatie bestaat momenteel uit tien mensen; strategen, modelleers, cloud programmeurs en onderzoekers. Vier van de tien zijn gepromoveerd, voornamelijk in de natuurkunde; dit vanwege de hoge complexiteit van de vraagstukken, die we veelal kwantitatief behandelen.

In de afgelopen jaren hebben we honderden projecten gefaciliteerd waarin visies, strategieën en scenario's zijn gemaakt met betrekking tot de energievoorziening voor Europa, Europese landen en diverse regio's, gemeenten en wijken binnen Nederland. Vaak doen wij deze projecten in directe opdracht van klanten, soms zijn wij ook de "rekenmeester" achter een andere consultant.

We hebben in Nederland bijvoorbeeld voor Urgenda gewerkt aan de visie voor 2030, de SER ondersteund bij de totstandkoming van het Energieakkoord en voor de RLI gewerkt tijdens de voorbereidingen van het rapport "Rijk zonder CO₂". Urgenda heeft ons geprikkeld om het uiterste uit de transitie te halen op korte termijn. De SER heeft ons geleerd hoe een brede samenstelling van partijen kan helpen iets tot stand te brengen. De RLI, tenslotte, heeft ons geprikkeld na te denken over de inconsistenties en dilemma's in de "eindbeelden" voor 2050. Op grond van al deze ervaringen is bij ons het idee ontstaan om het initiatief te nemen tot het schrijven van "Industrie in Transitie" (juni 2016) en het vervolg daarop, dit Verhaal (maart 2017), waarin we een brede groep van partijen hebben weten te betrekken. We zijn allen die betrokken zijn geweest bij de totstandkoming van dit verhaal zeer erkentelijk voor hun bijdrage aan dit initiatief

Wij hebben er sinds 2008 een gewoonte van gemaakt om (bijna) alles wat wij leren, te vertalen naar en beschikbaar te stellen via onze gratis, open source en open data tool die te vinden is op <http://energietransitiemodel.nl>. Iedereen, van student tot beleidsmaker, kan met deze tool energiescenario's maken. De laatste jaren worden er in Nederland zo'n 50.000 scenario's per jaar met het Energietransitiemodel gemaakt en samen met onze 40 partners hebben we al meer dan 100 manjaar in deze tool kunnen investeren.

ZELF VERDER REKENEN AAN DE IMPACT

De geschreven verhalen zijn een open uitnodiging aan u om als lezer de handschoenen op te pakken en deze verhalen door te vertellen, aan te vullen en aan te scherpen. Om de impact van die aanvullingen door te rekenen kunt u ook gebruik maken van het gratis, open source Energietransitiemodel (<http://energietransitiemodel.nl>), waarmee snel verkenningen gemaakt kunnen worden van de toekomst van ons energiesysteem.

Wij hebben alvast een poging gewaagd om de trends te verwerken in een tweetal scenario's (een maximale inspanning naar 2030 en een matige inspanning naar 2050), waarin we gestuurd hebben op twee verschillende parameters.

DEZE SCENARIO'S KUNNEN ALS UITGANGSPUNT WORDEN GEBRUIKT VOOR VERDERE VERKENNINGEN EN ZIJN HIER TE VINDEN:

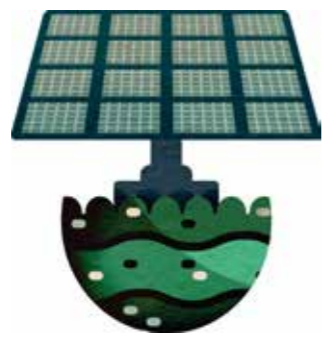
Een scenario waarin we hebben gestreefd naar 100% duurzaamheid in 2030 <https://pro.energietransitiemodel.com/scenarios/311918>

Een scenario waarin we hebben gestreefd naar 80% CO₂-reductie in 2050 <https://pro.energietransitiemodel.com/scenarios/309955>

Wij nodigen u uit dit boek, indien u het op papier leest en als u het zelf niet meer nodig heeft, NIET meteen in de papierbak te gooien of in uw 'archief' te laten verstoffen. Geef dit Verhaal door aan iemand anders en vul het, het liefst aan met uw gedachten, mening en aandachtspunten. Laat ook dit papier deel zijn van een circulaire economie, waarbij het papier eerst meermalig ingezet wordt doordat meerdere mensen deze kopie lezen. Zo halen wij samen de meeste waarde uit onze waardevolle grondstoffen en stoten wij tevens zo min mogelijk CO₂ uit.

En als u vragen, aanvullingen of ideeën voor een beter verhaal heeft, kunt u ons met het email adres info@quintel.com bereiken. Wij zullen uiteraard ons best doen om zo snel mogelijk bij u terug te komen.







QUINTEL
INTELLIGENCE