

VAN GLAZEN BOL NAAR RONDBODEMKOLF

Nu de sleutelrol
waarmaken

Berenschot



Van glazen bol naar rondbodemkolf! Nu de sleutelrol waarmaken

Voorstudie Chemie MEE/MJA3

Ir. J.A. Krebbekx

Drs. W.J. de Wolf

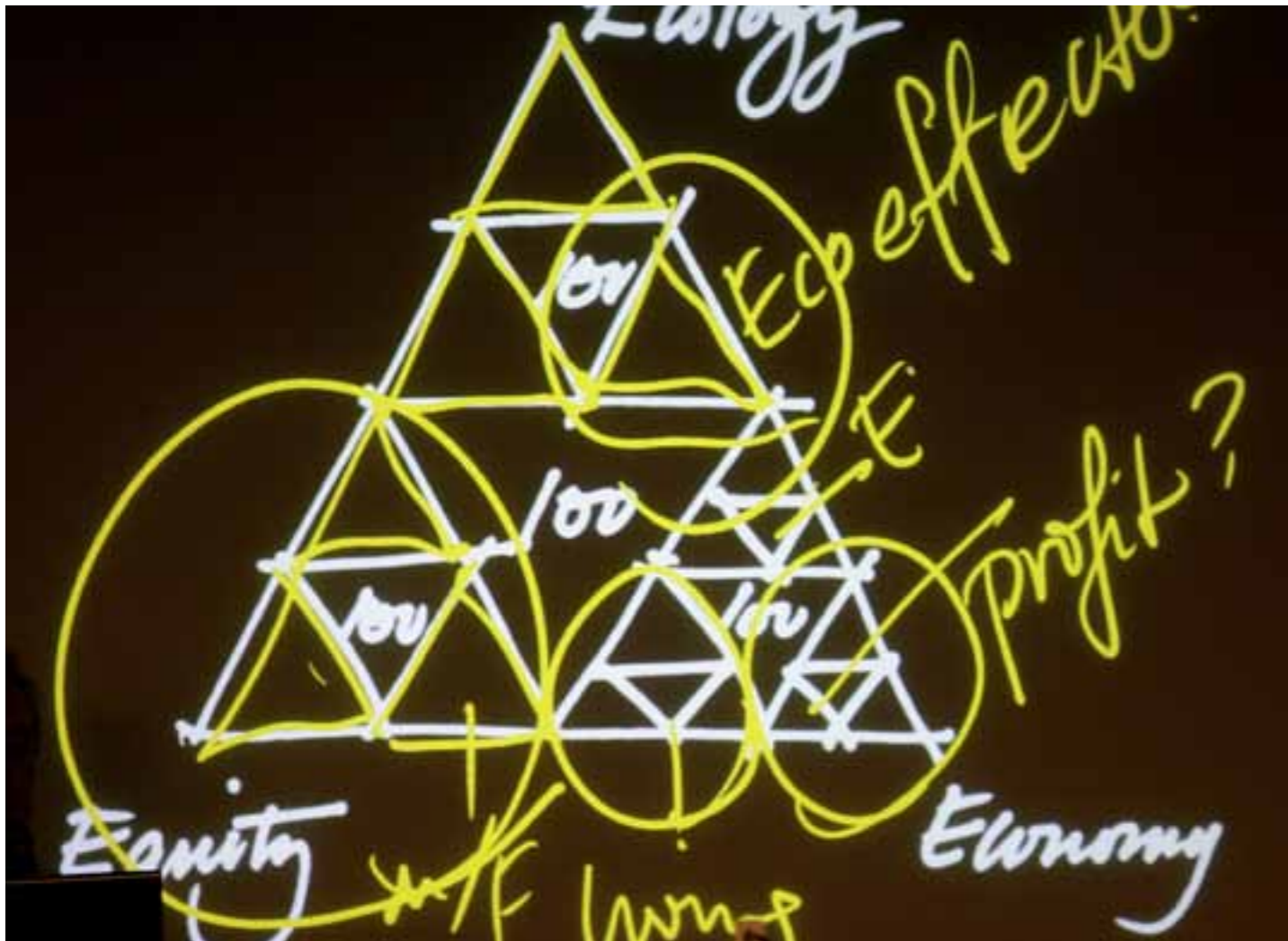
Ing. J.G.J. Lenselink (EEI)

Dr. ir. P.M.M. Nossin (DPI)

November 2010

Inhoud

Voorwoord	9
Managementsamenvatting	11
Management summary	15
1. Inleiding	19
1.1 Aanleiding	19
1.2 Afbakening, draagvlak en ambitie chemie	21
1.3 Voorstudie checkt piketpaaltjes en voegt oplossingen toe	24
1.4 Van glazen bol naar rondbodemkolf! Nu de duurzame sleutelrol waarmaken	28
1.5 Leeswijzer	31
2. Chemiesector in ontwikkeling richting 2030	33
2.1 Mondiale ontwikkelingen richting 2030	33
2.2 Concurrentiepositie Nederlandse chemiesector	41
2.3 Transitie naar een duurzame, vitale sector tussen 2010 en 2030	51
3. Oplossingsrichting 1: Energie-efficiëntie	61
3.1 Introductie en afbakening	61
3.2 Wat wordt al aan energie-efficiëntie gedaan?	62
3.3 Wat kan nog verder worden ontwikkeld?	64
4. Oplossingsrichting 2: Vervanging fossiele grondstoffen	67
4.1 Introductie en afbakening	67
4.2 Huidige ontwikkelingen in biomassa	69



4.3	Toekomstige ontwikkelingen in vervanging van fossiele grondstoffen	72
5.	Oplossingsrichting 3: Carbon Capture and Storage	75
5.1	Introductie en afbakening	75
5.2	Wat wordt al aan CCS gedaan?	77
5.3	Wat kan er nog verder worden ontwikkeld?	79
6.	Oplossingsrichting 4: Sluiten van de materiaalketen	83
6.1	Introductie en afbakening	83
6.2	Wat wordt al gedaan aan het sluiten van de materiaalketen?	85
6.3	Wat kan nog verder worden ontwikkeld?	88
7.	Oplossingsrichting 5: Duurzame producten bij de eindgebruiker	91
7.1	Introductie en afbakening	91
7.2	Wat wordt al gedaan aan enabling van duurzame producten?	93
7.3	Wat kan nog verder worden ontwikkeld?	93
8.	Oplossingsrichting 6: Duurzame energie	97
8.1	Introductie en afbakening	97
8.2	Wat wordt al gedaan aan duurzame energieopwekking en -inkoop?	99
8.3	Wat kan nog verder worden ontwikkeld?	100
9.	Routekaart	103
9.1	Nut en noodzaak	103
9.2	Onderwerpen voor de routekaart	104
9.3	Opzet totale routekaarttraject in samenhang	108

9.4	Activiteiten routekaarttrajecten in samenhang	113
9.5	Planning routekaarttraject	115
9.6	Organisatie totale routekaarttraject	117
	Bijlage I: Onderbouwing ambitie	121
	Bijlage II: Achtergrondinformatie Chemie in ontwikkeling naar 2030	131
	Bijlage III: Onderzoeksprogramma's op het gebied van de zes oplossingsrichtingen	137
	Bijlage IV: Achtergrondinformatie bij de zes oplossingsrichtingen	143
	Bijlage V: Vorderingen beperking energiegebruik (MJA) en emissie	154
	Bijlage VI: Beschrijving actielijnen Regiegroep Chemie	159
	Bijlage VII: Geïnterviewden en deelnemers sessie	162
	Bijlage VIII: Geraadpleegde literatuur	165

Voorwoord

NU DE SLEUTELROL WAARMAKEN !

De wereld staat voor een enorme uitdaging: meer welvaart voor meer mensen terwijl grondstoffen schaarser worden en de uitstoot van broeikasgassen drastisch omlaag moet. Voor de chemische industrie is hier een belangrijke rol weggelegd. Een rol die haar op het lijf geschreven is. Schaarste aan grondstoffen en energie is vanouds een sterke aanjager van ontwikkelingen in de chemische industrie. Al decennia lang neemt de energie-efficiency in de sector toe met ruim 1% per jaar. Daarnaast draagt de chemie bij aan meer efficiënte producten. Een recente studie van McKinsey in opdracht van de ICCA toont aan dat het gebruik van chemische producten gemiddeld bijna drie keer zoveel CO₂ uitstoot voorkómt als bij de productie ervan vrijkomt. En nog belangrijker: voor 2030 wordt een factor van meer dan vijf haalbaar geacht.

De continue verbetering vindt plaats omdat het economisch aantrekkelijk is steeds efficiënter te produceren en omdat de markt vraagt om steeds efficiëntere producten. Met

het oog op de toekomst zal het tempo van de verbetering echter sterk moeten worden opgevoerd. Deze Voorstudie is uitgevoerd om in kaart te brengen hoe dat mogelijk is voor de Nederlandse chemische industrie in de periode tot 2030. Daarbij bouwt zij voort op het werk van de Regiegroep Chemie die ambitieuze doelen formuleerde voor minder energiegebruik, fossiele grondstoffen en uitstoot van broeikasgassen bij een gelijktijdige forse groei van de toegevoegde waarde. In de Voorstudie wordt niet alleen de ambitie verder uitgewerkt maar wordt ook aandacht besteed aan bedreigingen en de 'competitive position' ten opzichte van de ons omringende wereld waarmee we rekening moeten houden.

In grote lijnen onderschrijft de Voorstudie de ambitie. Het wordt echter ook duidelijk dat er enorme inspanningen op het gebied van innovatie en industriële vernieuwing voor nodig zijn. Bedrijven, sectoren, wetenschappers en de productketens zullen moeten samenwerken om de verbetermogelijkheden te identificeren en te benutten. We hebben in het verleden laten zien dat we in de Nederlandse polder goed zijn in samenwerken, dat moeten we in dit verband dus verder optimaliseren en benutten.

Er zijn essentiële voorwaarden waaraan moet worden voldaan willen we de sleutelrol van de chemie in Nederland waarmaken. Wereldwijd is er een enorme concurrentieslag aan de gang. Chemische bedrijven zijn wereldspelers en de toekomst van hun activiteiten in Nederland wordt bepaald door de condities die wij hier weten te scheppen. Nederland heeft veel te bieden, zoals een goede infrastructuur, goede kennisnetwerken en een stabiel politiek en economisch klimaat. Maar er zijn ook minder gunstige zaken zoals hoge kosten voor energie, arbeid en CO₂-uitstoot. Wij zullen oplossingen moeten vinden om te voorkomen dat deze zaken onze concurrentiekracht niet aantasten. Want ook investeringen in energiebesparingen en CO₂-reductie moeten worden terugverdiend en duurzame producten moeten op de wereldmarkt concurreren. De chemische industrie wil een sleutelrol spelen bij de verduurzaming van de samenleving en stelt zich de ambitie om 50% CO₂-reductie in 2030 te bereiken bij een gelijktijdige groei naar een verdubbeling van de bijdrage aan het BNP. De Voorstudie bevestigt de sleutelrol die de chemie kan spelen op weg naar een duurzamere samenleving. Zij geeft een aantal concrete gebieden aan waarop voor de Nederlandse chemische industrie kansen liggen. Maar er is geen garantie

dat die mogelijkheden ook daadwerkelijk worden benut. Daarvoor is een planmatige aanpak en zijn gerichte acties nodig. De Voorstudie eindigt met het advies om routekaarten te maken: een verdere uitwerking van wat we willen bereiken en hoe we dat kunnen realiseren. Ambities benoemen en plannen maken is pas een begin. Het komt er nu op aan dat we concreet aan de slag gaan. Het is nu zaak om de route verder uit te stippelen, en manieren te zoeken om de hindernissen die we kunnen voorzien uit de weg te ruimen. Wij vragen iedereen die dat kan ons daarbij te helpen. Het doel is de moeite waard. Het VNCI bestuur wil langs deze weg iedereen bedanken die middels interviews, de sessie of een andere wijze, vanuit de sector een bijdrage heeft geleverd aan deze voorstudie. In het bijzonder willen we AgentschapNL, met name Rob Wieringa en Ruud van Mosselvelde, bedanken voor het initiatief rondom deze routekaart en Peter Nossin vanuit DPI als projectleider namens de VNCI (ondersteund door Nelo Emerencia).

Colette Alma, directeur
Werner Fuhrmann, voorzitter

Managementsamenvatting

Deze voorstudie voor de chemiesector is gemaakt in het kader van de Meerjarenaafpraak energie-efficiëntie (MJA3) en de Meerjarenaafpraak energie-efficiëntie ETS-ondernemingen (MEE) in opdracht van Agentschap NL en in samenwerking met de Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie (VNCI).

Het uitgangspunt van de voorstudie is de uitstoot van CO₂ te halveren in 2030 (doelstelling van de Regiegroep Chemie). In deze voorstudie wordt zo veel mogelijk aangesloten bij deze doelstelling. Dit is een stap verder dan de doelstelling van MJA3 om een energie-efficiëntieverbetering van 2% per jaar tot 2020 te realiseren. De voorstudie moet een beeld geven van de wereld in 2030 en richting geven aan de oplossingen die voor deze sector nodig zijn om duurzaam en vitaal te zijn en de ambitie te realiseren. De voorstudie kan opgevolgd worden door een zogenaamde routekaart, die een strategisch plan bevat voor de manier waarop de sector haar ambitieuze doelstelling

concreet kan realiseren, mits de (energie) ambitie voldoende uitdagend is.

De noodzaak om zo'n grote ambitie neer te leggen, ligt in verschillende mondiale ontwikkelingen. De belangrijke drivers voor de transitie naar een duurzamere wereld zijn het opraken van fossiele bronnen, toenemende milieu c.q. klimaatschade, groeiende vraag naar (fossiele) grondstoffen en de toenemende vraag naar duurzaamheid. De Nederlandse chemie zal door toenemende mondiale concurrentie moeten inzetten op kennis en innovatie in (specialty) producten en processen om concurrerend te zijn. Duurzaamheid is een van de belangrijke thema's waarop ingezet kan worden om ook economisch concurrerend te zijn. Als grootgebruiker van energie en grondstoffen is veel besparing mogelijk door energie-efficiency en recyclingoplossingen op de chemische plants en recycling van producten na de gebruiksfase. Daarnaast bieden duurzame oplossingen veel (new business) kansen voor de chemie, zoals ontwikkeling

van biobased producten en producten die verder in keten verduurzaming realiseren. Aangezien chemie overall is en de kennispositie op verschillende duurzaamheidssterreinen goed is in Nederland, kan de sector een grote bijdrage leveren aan het realiseren van een duurzamere wereld. Het is echter wel zaak dat de chemie de eerste stappen zet op een lange weg en haar sleutelrol waarmaakt.

Om de sleutelrol te vervullen en de ambitie waar te maken om de uitstoot van CO₂-equivalenten* met 50% te reduceren, zijn vier oplossingsrichtingen, met hun afgeleide doelstellingen, overgenomen van de Regiegroep Chemie. Hier worden echter nog twee extra oplossingsrichtingen aan toegevoegd. Die extra twee oplossingsrichtingen zijn noodzakelijk om de doelstelling te behalen volgens de berekeningen uitgevoerd in deze voorstudie. De zes doelstellingen zijn:

1. Energie-efficiëntie: door het tegengaan van energieverstopping in het eigen proces. Hiertoe wordt

ook gerekend recycling van bijproducten op de plant. De doelstelling van 2% energie-efficiëntieverhoging per jaar, over de hele linie van de chemische industrie, gedurende 25 jaar ten opzichte van 2005 (einddoel: 2030), resulteert in een totale besparing van 105 PJ en omgerekend 7,7 miljoen ton CO₂.

2. Vervanging fossiele grondstoffen: door inzet van hernieuwbare grondstoffen (biomassa) voor de productie van chemische producten. In deze voorstudie wordt aangesloten bij de doelstelling van de Regiegroep Chemie, maar alleen de 25% vervanging bij productie van chemicaliën en materialen (127 PJ, en omgerekend 9,3 miljoen ton CO₂) kan worden toegeschreven aan de chemische sector.
3. Carbon Capture and Storage (CCS). Doelstelling: afvangen en opslaan van 2 miljoen ton CO₂.

* In deze studie worden andere broeikasgassen dan CO₂, zoals N₂O en CH₄, meegenomen. In het algemeen drukt men het broeikasgaseffect uit in CO₂-equivalenten. Om de leesbaarheid te vergroten, zullen in het vervolg van deze studie onder CO₂ alle broeikasgassen worden verstaan.

4. Recycling van materiaalstromen, ofwel het sluiten van de materiaalketen: door het hergebruiken van producten en materialen na het gebruik (post-use recycling). Dit levert een potentiële grondstofbesparing op van 40 PJ, oftewel 2,9 miljoen ton CO₂ (vermeden CO₂-uitstoot door verbranding).

Naast deze vier subdoelstellingen zijn in de voorstudie twee extra doelstellingen naar voren gekomen:

5. Duurzame producten: bijdragen aan ontwikkeling van duurzame producten voor eindgebruikers (bijvoorbeeld door minder energiegebruik tijdens gebruik en daardoor minder CO₂-uitstoot). Dit levert een potentiële energiebesparing op van 79 PJ en 5,8 miljoen ton CO₂.
6. Duurzame energie: inkopen of zelf opwekken van duurzame energie, wat een potentiële besparing oplevert van 52 PJ en omgerekend 3,8 miljoen ton CO₂.

In totaal kan er 402 PJ, resulterend in 31,5 miljoen ton CO₂ worden gereduceerd in het jaar 2030.

In het mogelijk vervolg van deze voorstudie, de routekaart, kunnen aan deze zes oplossingsrichtingen verder handen en voeten worden gegeven. De nut en noodzaak voor een routekaart zijn duidelijk: door verdere stimulering van deze zes oplossingsrichtingen kan een grote hoeveelheid energie en uitstoot van CO₂ worden gereduceerd en de rol als enabler van duurzaamheid voor de rest van de keten worden waargemaakt.

De routekaart zal bestaan uit vier hoofdbestanddelen:

- Er zal een analyse worden gemaakt van de grote hoeveelheid Nederlandse en internationale projecten en programma's die al lopen op het gebied van de zes oplossingsrichtingen (in de voorstudie is daarvan een eerste inventarisatie gemaakt, zie daarvoor bijlage III). De bijdrage van deze projecten en programma's aan de zes oplossingsrichtingen kan worden ingeschat en vervolgens kunnen ze nauwgezet worden gemonitord en mogelijk bijtijds bijgestuurd.

- Daarnaast zijn in deze voorstudie een aantal mogelijkheden voor nieuwe projecten en programma's gesignaleerd (die aan het eind van hoofdstuk 3-8 zijn beschreven). Deze projecten en programma's moeten nog opgestart worden, nadat de beste zijn geselecteerd en is ingeschat in welke mate ze daadwerkelijk bijdragen aan de zes oplossingsrichtingen.
- Ook zal er een werkgroep Berekeningen en Monitoring worden opgericht die uitgebreid de nulsituatie in kaart brengt en vervolgens een monitormethodiek ontwikkelt om de voortgang van de zes oplossingsrichtingen te kunnen meten.
- Als laatste zal er een werkgroep Beïnvloeden en Vertalen worden opgericht met experts die op regionaal, nationaal, Europees niveau en wereldwijd de belangen van de chemie goed kunnen verwoorden en het level playing field bewaken, maar anderzijds ook politieke doelstellingen kunnen vertalen naar de sector.



Management summary

This preliminary study for the chemical sector was commissioned by AgentschapNL in the context of the Long-Term Agreement on Energy Efficiency (MJA3) and the Long-Term Agreement on Energy Efficiency for ETS Enterprises (MEE) and carried out in collaboration with the Netherlands Chemical Industry Association (VNCI).

This study explores the potential for meeting the target set by the Dutch Chemistry Board of halving emissions of CO₂ by 2030. That target goes beyond the objective laid down in MJA3 of improving energy efficiency by 2% a year up to 2020. The study is designed to present a scenario of the global situation in 2030, and to suggest solutions that will make the sector sustainable and vigorous and help it to achieve its ambitions. The study can be followed up with a so-called roadmap, containing a strategic plan detailing the specific measures the sector can take to achieve its ambitious target, as long as the (energy-related) ambition is challenging enough.

The need to establish such an ambitious target is dictated by global developments. The major drivers of the transition to a more sustainable world are the depletion of fossil resources, increasing environmental degradation and climate change, the growing demand for (fossil) raw materials and growing calls for sustainability. In an increasingly competitive global environment, the Dutch chemical sector will have to built on existing know-how and innovation in (specialty) products and processes to remain competitive. Sustainability is one of the principal aspects on which the sector can remain economically competitive. As a major consumer of energy and raw materials, the sector can make substantial savings through energy efficiency and by coming up with recycling solutions not only at chemical plants but also for products at the end of the life cycle. Sustainable solutions also present many opportunities for new business for the chemical sector, such as the development of bio-based products and products that will allow companies further down the chain to contribute to a sustainable world.

Since chemistry is ubiquitous and given the expertise in various aspects of sustainability available in the Netherlands, the sector can make a major contribution to making the world more sustainable. However, the chemical sector has to take the first steps in a long process and show that it can perform its key role.

The Dutch Chemistry Board identified four courses of action by which the industry could perform its key role and achieve the ambition of reducing CO₂-equivalent* emissions by 50%, together with the related objectives. Those four options have been adopted here, but with the addition of two further courses of action which, according to the calculations carried out for this study, are required to achieve the target.

The six objectives are:

1. Energy efficiency: by preventing the wastage of energy in the chemical process, including recycling of by-products

in the plant. The target of increasing energy efficiency by 2% a year, across the board in the chemical industry over a period of 25 years (2005-2030), produces total savings of 105 PJ and the equivalent of 7.7 million tons of CO₂.

2. Replacement of fossil raw materials: by using renewable raw materials (biomass) for the production of chemical products. This study adopts the objective of the Dutch Chemistry Board, but only the 25% substitution in the production of chemicals and materials (127 PJ, and equivalent of 9.3 million tons of CO₂) can be attributed to the chemical sector.
3. Carbon Capture and Storage (CCS). Objective: capture and storage of two million tons of CO₂.

4. Recycling of material streams, or closing the product lifecycle: by recycling products and materials after they have been used (post-use recycling). This yields potential savings of raw materials of 40 PJ, or 2.9 million tons of CO₂ (avoidance of CO₂ emissions from incineration).

In addition to these four specific objectives, the study yielded two additional objectives:

5. Sustainable products: contribution to the development of sustainable products for end users (for example, because they use less energy during use and hence cause fewer CO₂ emissions). The potential savings are 79 PJ in energy and 5.8 million tons of CO₂.
6. Renewable energy: purchase or self-generation of renewable energy, which would yield potential savings of 52 PJ and the equivalent of 3.8 million tons of CO₂.

The total potential reduction by 2030 is 402 PJ, corresponding with 31.5 million tons of CO₂.

These six courses of action could be fleshed in the possible follow-up to this preliminary study, the roadmap. The usefulness and necessity of a roadmap are evident: by further promoting these six options, the use of energy and CO₂ emissions can be substantially reduced and the industry can fulfill its role as enabler of sustainability in the rest of the chain.

The roadmap will have four main components:

- An analysis of the many Dutch and international projects and programmes already underway in relation to the six courses of action (an initial survey was already carried out for the study, see appendix III). The contribution of these projects and programmes to the six courses of action can be estimated and they can then be closely monitored and adjusted if necessary.

* This study also covers greenhouse gases other than CO₂, such as N₂O and CH₄. The greenhouse effect is generally expressed in terms of CO₂-equivalents. For the reader's convenience, in the remainder of this study references to CO₂ include all greenhouse gases.

- This study also identified a number of options for new projects and programmes (which are described at the end of chapter 3-8). These projects and programmes can start once the best ones have been selected and their actual contribution to the six courses of action has been estimated.
- A ‘Calculations and Monitoring’ taskforce will be established to conduct a detailed evaluation of the baseline situation and then develop a system for monitoring progress of the six courses of action.
- Finally, a ‘Lobbying and Translation’ taskforce will be set up, consisting of experts who can effectively represent the interests of the chemical sector and help to maintain a level playing field at regional, national, European and global level, but also explain the implications of political objectives for the sector.

1. Inleiding

1.1 AANLEIDING

Deze voorstudie voor de chemiesector is gemaakt in het kader van de Meerjarenaafpraak energie-efficiëntie (MJA3) en de Meerjarenaafpraak energie-efficiëntie ETS-ondernemingen (MEE).

MJA3

De Meerjarenaafpraak energie-efficiëntie (MJA3) is een convenant tussen de Nederlandse overheid en het Nederlandse bedrijfsleven om de energie-efficiëntie in de deelnemende sectoren te verbeteren. In het convenant is de ambitie uitgesproken dat de deelnemende sectoren tot 2020 een energie-efficiëntieverbetering van 2% per jaar zullen realiseren. Dit moet resulteren in een efficiëntieverbetering van 30% in 2020 ten opzichte van 2005. MJA3 is de opvolger van twee eerdere convenanten. In deze MJA en MJA2 is al veel bereikt op het gebied van efficiëntieverbetering, vooral binnen de eigen bedrijfsvoering. Om het energie-efficiëntietempo te handhaven tot 2020, zijn verdergaande innovatieve technieken nodig en wordt behalve naar procesefficiëntie ook naar ketenefficiëntie en duurzaamheid gekeken.

Veel chemische bedrijven hebben zich aangesloten bij het MJA3, waaronder ook de minder grote bedrijven.

MEE (ETS)

De Meerjarenaafsprake energie-efficiëntie ETS-ondernemingen (MEE) is een wijziging van het eerder afgesloten Convenant Benchmarking energie-efficiëntie in 1999. In het Convenant Benchmarking verplicht de energie-intensieve industrie zich om in 2012 op het gebied van energie-efficiëntie tot de wereldtop te behoren. In ruil daarvoor zal de overheid de ondernemingen geen extra nationale maatregelen opleggen gericht op energiebesparing of CO₂-reductie. Door de invoering van het CO₂-emissiehandelssysteem (ETS) is het karakter van het Convenant Benchmarking gewijzigd: het energie-efficiëntieplan (EEP) is hieruit verdwenen. Met de ondertekening van het MEE-convenant is het EEP weer terug en is het ambitieniveau aangescherpt. In de MEE wordt behalve naar procesefficiëntie (benchmark) ook naar ketenefficiëntie gekeken.

Wat houdt de voorstudie in?

Om de mogelijkheden te ontdekken en de industrie strategisch voor te bereiden op de toekomst, biedt het Ministerie van Economische Zaken de MJA3-/MEE-sectoren een voorstudie aan. Deze voorstudie moet een beeld geven van de wereld in 2030 en richting geven aan de oplossingen die voor deze sector nodig zijn om duurzaam en vitaal te zijn. De voorstudie kan opgevolgd worden door een zogenaamde routekaart om de geopperde oplossingen te bewerkstelligen, mits de ambitie voldoende uitdagend

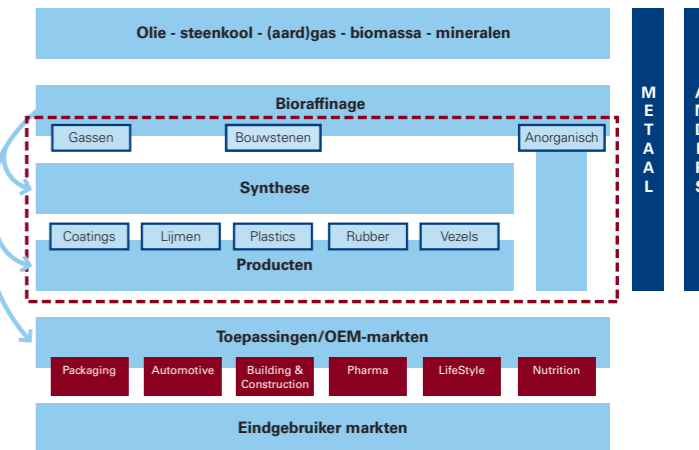
is en het voldoende reductie van energie (en/of andere duurzaamheidsindicatoren, zoals materiaalgebruik, emissie (waaronder CO₂), toxiciteit en watergebruik) tot gevolg heeft. Vertaald: de voorstudie moet van nationaal belang zijn, zowel op bedrijfseconomische als op energetische/ duurzaamheidsaspecten.

1.2 AFBAKENING, DRAAGVLAK EN AMBITIE CHEMIE

Afbakening voorstudie

De voorstudie richt zich op de chemiesector in Nederland. Deze sector maakt en bewerkt grondstoffen en producten door middel van chemische veranderingen in bestaande stoffen. De uiteindelijke producten komen in vele soorten toepassingen terug en kennen daardoor vele eindmarkten.

FIGUUR 1: OVERZICHT CHEMISCHE KETEN EN AFBAKENING VAN DE SECTOR



Draagvlak voor vervolg is essentieel en gegarandeerd

De voorstudie is een toekomstvisie en is ontwikkeld in samenwerking met de Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie (VNCI). Ze is tot stand gekomen door middel van 15 interviews onder VNCI-leden (uitgekozen als representatieve steekgroep van de achterban) en een werksessie met een grote afvaardiging uit de branche (meer dan 20 bedrijven zie bijlage VII). In de interviews lag de nadruk op de bedrijfseconomische toekomst van de sector en op de vraag hoe duurzaamheid daarin een rol speelt. Tijdens de sessie is met name ingegaan op de huidige en toekomstige acties om een duurzamere wereld te realiseren. De totale voorstudie is bekrachtigd door de VNCI-werkgroep Energie en Klimaat, vervolgens de VNCI beleidsgroep Energie en Klimaat, het voltallige bestuur van de VNCI en uiteraard de Regiegroep Chemie. Hiermee is het draagvlak van meer dan tachtig bedrijven gegarandeerd. Vanuit de VNCI is de speerpuntmanager Energie en Klimaat als verantwoordelijke trekker aangesteld.

Regiegroep Chemie heeft piketpaaltjes geslagen

De Regiegroep Chemie (een overkoepelend orgaan van en

voor de chemiesector in Nederland) heeft de belangrijke rol op zich genomen om de chemiesector in Nederland te stimuleren, zowel bedrijfseconomisch als qua duurzaamheid. Vandaar dat in deze voorstudie zo veel mogelijk is aangesloten bij de doelstellingen en uitgangspunten van deze regiegroep. De Regiegroep Chemie, bestaande uit kopstukken van kennisinstellingen en bedrijfsleven, geeft richting aan deze doelstelling. Zij stelt in haar businessplan de volgende ambities¹:

1. Missie: Een duurzame hoogwaardige en kennisintensieve sleutelrol vervullen bij het vergroten van de welvaart en bij het inrichten van een duurzame samenleving richting 2030 door: Verdubbeling van de bijdrage van chemie aan het BBP van 12 naar 24 miljard € in 2017, vergeleken met 2007.
2. Halvering van de CO₂-uitstoot in 25 jaar (in 2032 vergeleken met 2007)*. Deze ambitie is te bereiken door:
 - 2% energie-efficiencyverbetering per jaar, over de hele linie van de industrie.

* In deze studie worden andere broeikasgassen dan CO₂, zoals N₂O en CH₄, meegenomen. In het algemeen drukt men het broeikasgaseffect uit in CO₂ equivalenten. Om de leesbaarheid te vergroten zullen in het vervolg van deze studie onder CO₂ alle broeikasgassen worden verstaan.

- 25% vervanging van fossiel door niet-fossiel voor zowel grondstoffen als energie; hierdoor zal 145 PJ behoefte van de industrie aan grondstof, energie en indirecte elektriciteit worden verkregen uit niet-fossiel, waarvoor geen CO₂-uitstoot wordt aangerekend.
 - 2 miljoen ton CO₂ afgevangen en opgeslagen (CCS).
3. Recycling van materiaalstromen binnen de waardeketen met een geschat resultaat van 80 PJ minder grondstoffenbehoefte met navenante verlaging van CO₂-uitstoot. Uitbouw van de aanwezige technologische competenties op het gebied van industriële biotechnologie, katalyse, materialen en procestechnologie.

Om deze ambities te bereiken, heeft de Regiegroep Chemie een actieplan opgesteld met de volgende innovatie- en actielijnen (zie bijlage VI voor een beschrijving).

FIGUUR 2: OVERZICHT INNOVATIELIJNEN EN ACTIEPUNTEN²

4 Innovatielijnen:

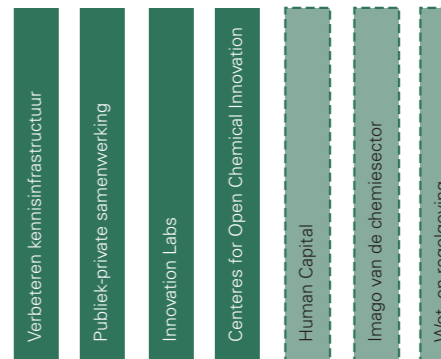
Industriële biotechnologie

Katalyse & duurzame processen

Materialen

Procestechnologie

4 Actielijnen:



1.3 VOORSTUDIE CHECKT PIKETPAALTJES EN VOEGT OPLOSSINGEN TOE

De doelstelling die door de Regiegroep Chemie gedefinieerd is, is met recht ambitieus en duurzaam te noemen: 50% reductie van de CO₂-uitstoot binnen 25 jaar!

In deze voorstudie wordt zo veel mogelijk aangesloten bij deze doelstelling. Er zijn echter wat afwijkende aannames op basis van recentere getallen (2009) voor het grondstoffen- en energiegebruik van de sector. Verder wordt niet 2032 als eindpunt genomen, maar 2030 (het eindpunt van de voorstudie).

De reductie van 50% CO₂-uitstoot zal op een duurzame wijze gebeuren, dus zonder grote schade aan grondstofschaarste, energiegebruik, watergebruik en biodiversiteit.

Deze voorstudie neemt ook de vier oplossingsrichtingen, met hun afgeleide doelstellingen over. Er worden echter nog twee extra oplossingsrichtingen toegevoegd:

1. Energie-efficiëntie: het tegengaan van energieverpilling in het eigen proces. Hiertoe wordt ook gerekend recycling van bijproducten op de plant. De doelstelling van 2% energie-efficiëntieverhoging per jaar, over de hele linie van de chemische industrie, gedurende 25 jaar ten opzichte van 2005 (dus einddoel: 2030), resulteert in een totale besparing van 105 PJ.
2. Vervanging fossiele grondstoffen: door inzet van hernieuwbare grondstoffen (biomassa) voor de productie van chemische producten. In deze voorstudie wordt aangesloten bij de doelstelling van de Regiegroep Chemie, maar alleen de 25% vervanging bij productie van chemicaliën en materialen (127 PJ) kan worden toegeschreven aan de chemische sector.
3. Carbon Capture and Storage (CCS): Doelstelling: afvangen en opslaan van 2 miljoen ton CO₂.
4. Recycling van materiaalstromen, ofwel het sluiten van de materiaalketen: hergebruiken van producten en

materialen na het gebruik (post-use recycling). Dit levert een potentiële grondstofbesparing op van 40 PJ.

Naast deze vier subdoelstellingen zijn in de voorstudie twee extra doelstellingen naar voren gekomen:

5. Duurzame producten: bijdragen aan ontwikkeling van duurzame producten voor eindgebruikers (bijvoorbeeld door minder energiegebruik tijdens gebruik en daardoor minder CO₂-uitstoot). Dit levert een potentiële energiebesparing op van 79 PJ en 5,8 miljoen ton CO₂.
6. Duurzame energie: inkopen of zelf opwekken van duurzame energie, wat een potentiële besparing oplevert van 52 PJ en 3,8 miljoen ton CO₂.

Kwantitatieve onderbouwing doelstellingen

In onderstaande tabel (1) is een overzicht van de reductiedoelstellingen weergegeven en ook de verrekening naar CO₂ besparing. In totaal kan er 402 PJ, resulterend in 31,5 miljoen ton CO₂ worden gereduceerd in het jaar 2030.

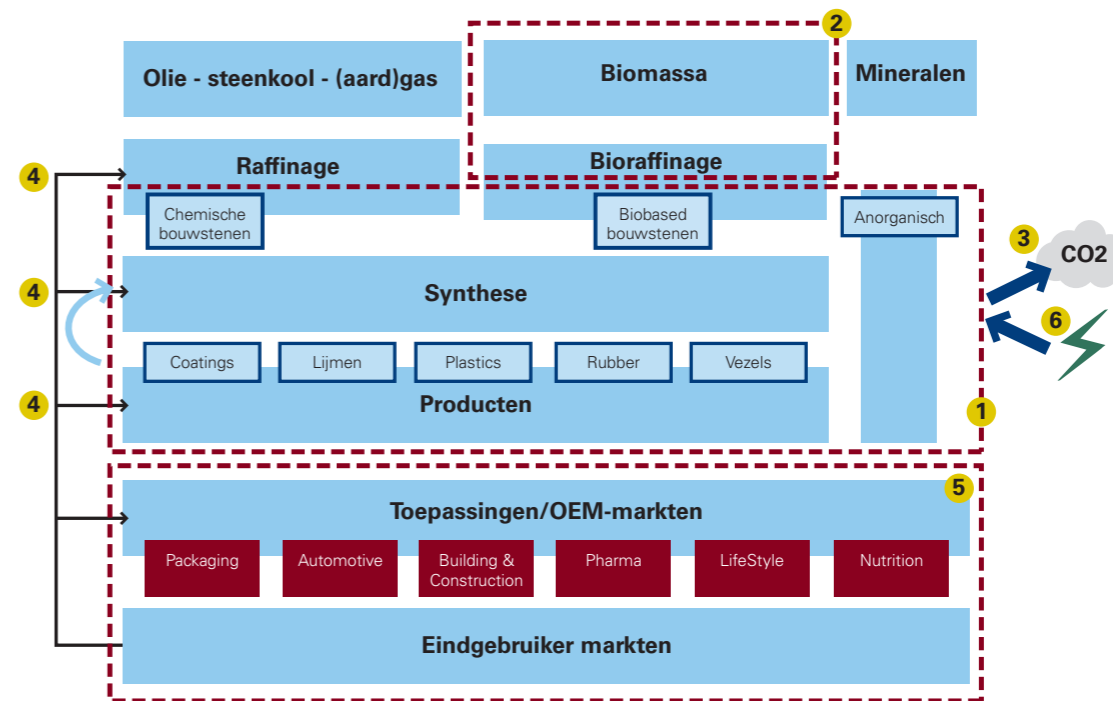
TABEL 1: OVERZICHT VAN REDUCTIEDOELSTELLINGEN (CO₂ BESPARING UITDRUKKEN IN MLN TON → AFGERONDE GETALLEN)

Berekeningen voorstudie chemie					
Maatregel	Besparing heeft betrekking op	Verdeel-sleutel energiewinst bij ketenoplossing 12)	Nog te realiseren absolute doelstelling	Absolute besparing bij doelstelling [PJ]	CO ₂ besparing bij doelstelling [mln ton]
Energie-efficiency	energetisch gebruik		50%	105	7,6
Vervanging fossiele grondstoffen	niet-energetisch gebruik		25%	127	9,3
CCS	n.v.t.				2,0
Sluiten van de materiaalketen	niet-energetisch gebruik	39%	20%	40	2,9
Duurzame producten bij de eindgebruiker	energetisch gebruik (in de keten)	65%	58%	79	5,8
Duurzame energie	energetisch gebruik		25%	52	3,8
Totaal				402	31,5

Voor onderbouwing van deze doelstellingen verwijzen wij u naar de berekeningen in bijlage I.

De zes oplossingsrichtingen zijn deels binnen de chemische keten te realiseren en deels in samenwerking met leveranciers of klanten. In de volgende figuur is aangegeven hoe de zes oplossingsrichtingen in de chemieketen kunnen worden geplaatst.

FIGUUR 3: ZES OPLOSSINGSRICHTINGEN IN DE CHEMISCHE KETEN



1.4 VAN GLAZEN BOL NAAR RONDBODEMKOLF! NU DE DUURZAME SLEUTELROL WAARMAKEN

De ambities van de chemiesector geven aan dat de sector collectief stappen wil zetten op het gebied van maatschappelijk verantwoord ondernemen (MVO), ook wel duurzaam ondernemen genoemd. Deze vorm van ondernemen is gericht op het op harmonieuze wijze combineren van drie P's - People, Planet en Profit - in de gehele organisatie voor zowel huidige als toekomstige generaties. Zoals in figuur 4 te zien is, moet deze duurzaamheid voor de chemische industrie over de gehele keten gezien worden:

- People – alle bedrijven in de keten maken een afweging ten aanzien van HRM, goed bestuur, mensenrechten & eerlijk zaken doen, welzijn & veiligheid, maatschappelijke betrokkenheid
- Planet – de impact van alle bedrijven in de keten op het gebied van grondstof- en materiaalgebruik (inclusief

water), energiegebruik, toxiciteit, emissie, flora & fauna (inclusief biodiversiteit).

- Profit – vanzelfsprekend een randvoorwaarde voor elke beslissing in een bedrijf. Geld besparen en geld verdienen.

Deze voorstudie richt zich met name op het realiseren van planet-doelstellingen met profit als voorwaarde. Daarmee wordt het belang van people-doelstellingen zeker niet onderschat, maar het valt buiten het zwaartepunt van de voorstudie.

Duurzaam ondernemen hoeft niet alleen een kostenpost te zijn. Door het slim combineren van planet, people en profit kan ook geld worden verdiend met duurzaamheid. Dat kan op twee manieren:

- Eerste orde profi tkansen = koppeling van geld besparen (kosten verlagen) en duurzaam omgaan met resources en omgeving.

- Tweede orde profi tkansen = koppeling van geld verdienen (opbrengst verhogen) en duurzaam omgaan met schaarse resources en omgeving.

FIGUUR 4: BERENSCHOT MVO-MODEL

		TOTALE KETEN				
		Materiaal tl	Product fabrikant		Klant	Recycling
		Grondstoffase	Productiefase	Distributiefase	Gebruiksfase	Hergebruiksfase
PEOPLE	HRM					
	Goed bestuur					
	Mensenrechten & eerlijk zaken doen					
	Welzijn & veiligheid					
PLANET	Maatschappelijke betrokkenheid					
	Grondstof & Materiaal					
	Energie					
	Toxiciteit					
	Emissies					
PROFIT	Flore & fauna					
	1e orde					
	2e orde					

Duurzaamheid wordt in toenemende mate een qualifier (a license to operate). Op dit moment is het nog mogelijk om een competitieve voorsprong te krijgen door goede oplossingen op duurzaamheidsgebied te realiseren. Op langere termijn zal duurzaamheid steeds vaker een common practise zijn.

De chemie is overal, dus noblesse oblige

De ontwikkeling van nieuwe duurzame producten biedt bovendien veel tweede orde profi tkansen: chemie is immers overal! Zo is een groei te verwachten in markten die wereldwijde problemen oplossen. In de automotive markt is chemie onmisbaar bij ontwikkelingen in elektrische auto's (denk aan de chemie achter de brandstofcel). Ook bij het opwekken van groene stroom uit bijvoorbeeld biomassa en windenergie speelt chemie een grote rol. Daarnaast liggen kansen bij het bijdragen aan oplossingen voor de life-science sectoren. Om deze kansen te grijpen, is het echter van belang dat chemische bedrijven hierin blijven investeren. Vaak kennen deze kansen immers high rewards, maar ook high risks (doorbraken)! Dit kan niet meer bereikt worden door alleen maar het nemen van kleine incrementele stap-

pen, maar daarentegen kan een grotere voorsprong bereikt worden door onderzoek te verrichten naar doorbraaktechnologieën (disruptive technologies).

Door de bijdrage van de chemiesector aan een duurzame maatschappij krijgt juist de chemie ook de unieke kans op het people-gebied. De sector kan het goede voorbeeld geven en daardoor bijdragen aan het welzijn van zijn medewerkers. En door een duurzaam imago aan te nemen, kan chemie weer sexy zijn door jong talent op dit essentiële maatschappelijke punt te binden. Michael Braungart, de grondlegger van de 'cradle-to-cradle' filosofie is immers zelf ook een chemicus! Maak gebruik van dit feit in de human capital roadmap.

Bij het realiseren van een duurzamere wereld ('planet') speelt de chemie dus een sleutelrol. Als grootgebruiker van energie en grondstoffen is veel besparing mogelijk. Daarnaast kunnen biobased en duurzame producten uit de chemie grote invloed uitoefenen op verduurzaming in andere sectoren. Het is echter wel zaak dat de chemie de eerste stappen zet op een lange weg en haar sleutelrol waarmaakt.

Soms zal het snel voor de wind gaan, op andere trajecten wordt het hard werken.

Van glazen bol naar rondbodem kolf. Van praten en voorstellen naar actie en innovatie. Van denken naar doen.

1.5 LEESWIJZER

In het volgende schema vindt u de verdere opbouw van dit boekje.

FIGUUR 5: OPBOUW VOORSTUDIE

Chemiesector in ontwikkeling (hoofdstuk 2)

- Mondiale ontwikkelingen (externe analyse)
- Concurrentiepositie Nederlandse chemiesector (interne analyse)
- Transitie naar duurzame wereld



Zes duurzame oplossingsrichtingen:

- Energie-efficiëntie (hoofdstuk 3)
- Vervanging fossiele grondstoffen (hoofdstuk 4)
- Carbon Capture and Storage (hoofdstuk 5)
- Sluiten van de materiaalketen (hoofdstuk 6)
- Duurzame producten (hoofdstuk 7)
- Duurzame energie (hoofdstuk 8)



Routekaart (hoofdstuk 9)



2. Chemiesector in ontwikkeling richting 2030

Om de vraag te beantwoorden hoe de Nederlandse chemiesector er in 2030 uitziet, beschrijven we in dit hoofdstuk de belangrijkste mondiale ontwikkelingen en de mogelijke gevolgen voor de chemiesector (paragraaf 2.1). Veel mondiale ontwikkelingen hebben een immense impact op de internationaal georiënteerde chemiesector en sturen indirect de eindmarkten en daarmee dus de klanten van de sector aan. Deze mondiale ontwikkelingen kunnen zowel kansen als bedreigingen opleveren. Vanuit deze ontwikkelingen zoomen we in op de Nederlandse chemie (paragraaf 2.2). De chemiesector is van groot economisch belang voor Nederland, maar de huidige concurrentiepositie staat onder druk door de mondiale competitie. Dit vergt een groot aanpassingsvermogen van de sector om de chemie in Nederland om te vormen en te behouden. De transitie naar een duurzame wereld speelt daarbij een cruciale rol.

2.1 MONDIALE ONTWIKKELINGEN RICHTING 2030

In tabel 2 is een overzicht van de belangrijkste mondiale ontwikkelingen weergegeven plus de mogelijke gevolgen daarvan, zowel kansen als bedreigingen, voor de chemiesector. De belangrijkste bedrijfseconomische consequenties zijn beschreven in deze paragraaf.

TABEL 2: MONDIALE ONTWIKKELINGEN EN MOGELIJKE GEVOLGEN VOOR DE CHEMISCHE INDUSTRIE

Ontwikkeling 2030	Beschrijving	Kans chemie	Bedreiging chemie
Duurzaamheid	<ul style="list-style-type: none"> Toenemende aandacht voor goede verhouding van People, Planet, Profit (specifiek: energiegebruik, grondstofgebruik/recycling en schoon (drink)water) 	<ul style="list-style-type: none"> Meetbaar maken van duurzaamheid (door LCAs) Verhoging energie-efficiëntie, ook in de keten (zie hoofdstuk 3) Recycling pre en post use (zie hoofdstuk 6) Ontwikkeling duurzame producten door chemie (zie hoofdstuk 7) Imagoverbetering door marketing van duurzame producten Andere logistieke ketens (slimme en duurzame transportoplossingen) 	<ul style="list-style-type: none"> (Zeer) veel onderzoek nodig naar verlaging milieu- en energiebelasting voor bepaalde processen (vaak commodities) Imago chemie niet duurzaam, dus veel marketing nodig Veranderingen met name voor bulk moeilijk door verstarring Beperkende/vooruitstrevende wetgeving en geen level playing field Geen consistent overheidsbeleid
Olieschaarste	<ul style="list-style-type: none"> Opraken fossiele grondstoffen Schatting bewezen voorraad: aardolie nog 46 jaar, aardgas nog 63 jaar en steenkool nog 119 jaar² 	<ul style="list-style-type: none"> Opzetten biobased economy voor materialen en brandstof (zie hoofdstuk 4) Gas-to-Liquid en LNG als alternatieve (fossiele) grondstoffen voor de chemie Gezamenlijk inkopen of produceren duurzame energie (zie hoofdstuk 8) Schaarste en daardoor stijgende prijzen van energie (olie en elektriciteit) stimuleren innovativiteit/onderzoek naar nieuwe rendabele winningsgebieden 	<ul style="list-style-type: none"> Opraken goed winbare fossiele grondstoffen; marges onder druk door grote volatiliteit in prijs grondstoffen (olie) Relatief hoge energieprijzen in Nederland voorkomen investeringen door lagere marges en daardoor investeringsmogelijkheden Snelheid van transitie naar duurzame energie in Nederland niet snel genoeg

Ontwikkeling 2030	Beschrijving	Kans chemie	Bedreiging chemie
Klimaatverandering	<ul style="list-style-type: none"> Grote veranderingen in klimaat met verschillende gevolgen/rampen per gebied 	<ul style="list-style-type: none"> Ontwikkeling CCS voor CO₂-beperking (zie hoofdstuk 5) Producten en diensten ter bescherming tegen klimaatverandering 	<ul style="list-style-type: none"> Strenge milieueisen (afvalverwerking), CO₂-impact moeilijk te bepalen Onduidelijkheid over ETS II
Voedselschaarste	<ul style="list-style-type: none"> Schaarste van voedsel, vooral veroorzaakt door armoede en verdeling voedsel 	<ul style="list-style-type: none"> Biotechnologische oplossingen om voedselproductie te vergroten (genetische modificatie en goede kunstmest) Meer R&D voor onderzoek naar niet-competitieve grondstoffen (zoals bijproducten van landbouwproducten en tweede- en derdegeneratie biobrandstoffen) 	<ul style="list-style-type: none"> Biobased chemie in competitie met voedselproductie
Globalisering en opkomende economieën	<ul style="list-style-type: none"> Opkomen van BRICK-landen (Brazilië, Rusland, India, China, Korea)⁴ 	<ul style="list-style-type: none"> Groei- en outsourcing- mogelijkheden in opkomende gebieden Vooroplopen in duurzaamheid (door hogere eisen in EU) Vooroplopen in kennisontwikkeling en R&D Gezamenlijk mondiale problemen tackelen 	<ul style="list-style-type: none"> Meer concurrentie, nieuwe (bulk)plants worden vooral in Midden-Oosten (bij source) en Azië (lage lonen en groeimarkt) gebouwd, waardoor overproductie kan ontstaan Aantal chemici en kennisniveau in BRICK- landen neemt sterk toe, dus kennisvoorsprong onder druk Goedkope gekopieerde producten met grote milieu-impact Invloed op de beschikbaarheid van grondstoffen: de prijs van grondstoffen stijgt door toenemende vraag in Azië

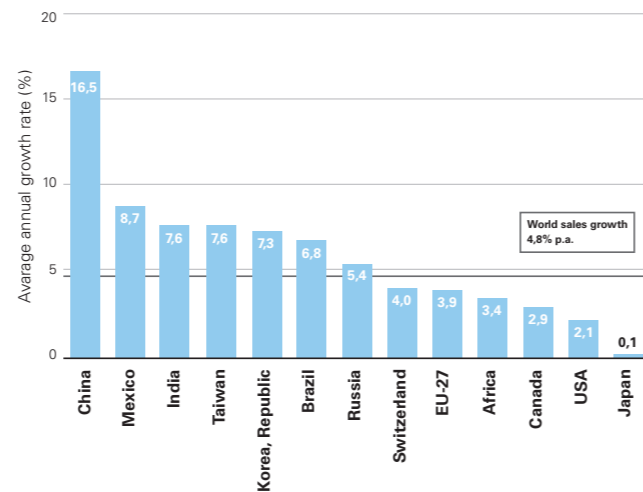
Ontwikkeling 2030	Beschrijving	Kans chemie	Bedreiging chemie
Lokalisering (als reactie op globalisering; niet afhankelijk van andere regio's, maar binnen een regio)	<ul style="list-style-type: none"> Toename van lokale productie door veiligheidsissues, milieueisen en voordelen zoals meer kennisuitwisseling (regionale clusters) en reductie van transportkosten (ook nabijheid van lokale gewassen) 	<ul style="list-style-type: none"> Door concurrentie BRICK- landen alleen lokal for region production van bulk, daardoor ander vervoer: minder schepen, meer trein In sommige landen kan lokale aanwezigheid een oplossing zijn om importheffingen te ontwijken Door beperkte mogelijkheden voor transport giftige stoffen is lokale aanwezigheid noodzaak Zelfvoorzienend denken schept nieuwe business modellen 	<ul style="list-style-type: none"> Beperkte groeimogelijkheden in opkomende markten Down-scaling
Bevolkings-groei	<ul style="list-style-type: none"> Groei van de wereldbevolking zal komende decennia doorzetten; schatting VN: meer dan 9 miljard mensen in 2050⁵ 	<ul style="list-style-type: none"> Algemene toename vraag naar (ook luxe) producten en daardoor naar chemie 	<ul style="list-style-type: none"> Toenemende schaarste en daardoor prijsverhoging van resources
Vergrijzing	<ul style="list-style-type: none"> Toename van het aantal ouderen in de westerse wereld en relatieve afname van het aantal werkende mensen 	<ul style="list-style-type: none"> Vraag naar nieuwe producten (leisure, personal care, health bv. biomedische materialen) 	<ul style="list-style-type: none"> Afname aantal chemici in Nederland Stijgende kosten pensioen
Veiligheid	<ul style="list-style-type: none"> Groeiend gevoel van onveiligheid en meer aandacht voor veiligheid (van omgeving, maar ook van voedsel) 	<ul style="list-style-type: none"> Bijdrage van chemie aan ontwikkelen nieuwe veiligheidsproducten 'In control' zijn past bij cultuur chemie 	<ul style="list-style-type: none"> Door zeer strenge veiligheid/milieueisen zeer weinig ruimte voor R&D Geen level playing field door hoge veiligheids-/milieueisen Mogelijke negatieve consequenties geo-engineering (climate engineering)/genetische modificatie niet altijd volledig onderzocht

Ontwikkeling 2030	Beschrijving	Kans chemie	Bedreiging chemie
Gezondheidszorg	<ul style="list-style-type: none"> Toename belang van gezondheidszorg en tevens toename gezondheidsproblemen, zoals overgewicht, chronische ziekten en patiënten met meerdere aandoeningen 	<ul style="list-style-type: none"> Veel vraag naar (nieuwe) innovatieve producten en medicijnen (dosering op maat, lab-on-a-chip, biomedische materialen) 	<ul style="list-style-type: none"> Groeiende kosten gezondheidszorg
ICT	<ul style="list-style-type: none"> Steeds meer toepassingen ICT 	<ul style="list-style-type: none"> Meer mogelijkheden voor (lab)analyse en (productie en logistieke) automatisering Ontstaan e-businessnetwerken en businessmodellen 	<ul style="list-style-type: none"> Grotere afhankelijk van ICT en daardoor mogelijk risico's
Overige politieke ontwikkelingen	<ul style="list-style-type: none"> Nieuwe lidstaten EU Liberalisatie Europese spoor-, haven- en transportmarkten Globalisering, WTO CO2 pricing/-belasting Mondiale regelgeving (REACH, GHS) 	<ul style="list-style-type: none"> CAP/WTO/suikerregime in EU Actieve overheid, die investeert in grids (bv. ethyleen en stoom) Consumentenbewustzijn vergroten: wat zijn echte duurzame producten (eerlijk over chemie/producten)? 	<ul style="list-style-type: none"> CO2-belasting Geen consistent en langetermijn NL beleid wat betreft duurzame ontwikkeling (o.a. SDE-regeling) Mislukken van Kopenhagen om tot een global agreement te komen
Overige sociale ontwikkelingen	<ul style="list-style-type: none"> Veranderende wetgeving rond arbeid (ontslag, werktijden) Tekort aan goed personeel Consumentenbewustzijn belang chemie Imago chemie 	<ul style="list-style-type: none"> Verbeteren chemieonderwijs Verbeteren imago chemiesector voor toekomstige werknemers Werven werknemers in andere landen Vergroten flexibiliteit privé-werk 	<ul style="list-style-type: none"> Tekort aan goed opgeleide chemici op alle niveaus, daardoor ook te weinig R&D-capaciteit om specialties te kunnen doen Veel eisen van werknemer in Nederland in vergelijking met Azië (productiviteit daardoor onder druk)

Globalisering betekent meer concurrentie

In mature eindmarkten zoals Europa en de VS zal naar verwachting een beperkte groei plaatsvinden, terwijl juist de BRICK-landen⁶ een sterke groei zullen vertonen (zoals ook al beschreven is in tabel 2). De vraag naar chemische (basis)producten groeit het meest in Azië en Latijns-Amerika (met name Mexico en Brazilië), zoals te zien is in figuur 6.

FIGUUR 6: GROEI VAN SALES PER JAAR IN VERSCHILLENDE LANDEN (BRON: CEFIC⁷)



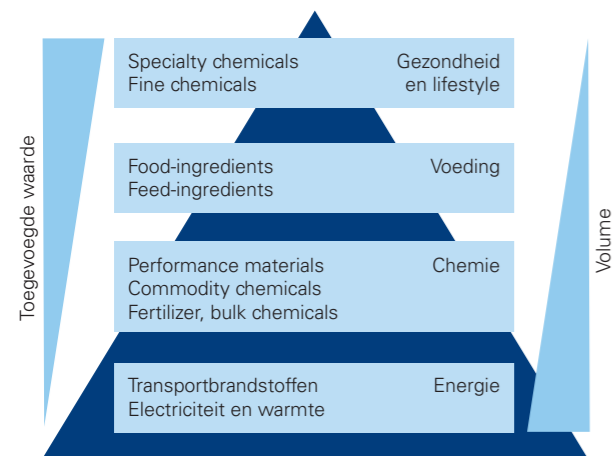
Fabrieken worden vaak daar neergezet waar de markten voor chemische producten het sterkst groeien. In toenemende mate zullen activiteiten in Azië (vooral China en India) worden uitgevoerd vanwege aanwezigheid van groeimarkten en lagere lonen. Producenten in Europa en exporteren naar de rest van de wereld zijn daardoor geen automatiseren meer. Daar komt bij dat de concurrentie uit het Midden-Oosten toeneemt. Staatsbedrijven uit die gebieden leveren (met name etheen) aan eigen bedrijven die raffinagestappen uitvoeren. Ook worden er veel fabrieken in het Midden-Oosten bijgebouwd, waardoor een ontwikkeling te verwachten is van een (lichte) afname van assets in Europa en groei in Azië en het Midden-Oosten. In eerste instantie betreft dit met name low cost/bulk-/commodity-producten.

Door toenemende concurrentie zal naar verwachting met name in mature markten consolidatie optreden. Ook zullen er meer samenwerkingen zijn (bijvoorbeeld in de vorm van een joint venture) om risico's en investeringen te delen. Vanwege de hoge investeringskosten zijn overnames niet meer altijd de beste strategische optie.

Van bulk naar specialties: meer toegevoegde waarde leveren

In de Europese chemische markt is een verschuiving zichtbaar van grote bulk (petrochemie en anorganische chemie) naar specialties (differentiatie strategie). Bedrijven die kiezen voor een differentiatie strategie, zetten in op het ontwikkelen en vermarkten van producten met een hoge toegevoegde waarde, door kennis te vertalen in nieuwe producten, materialen of combinaties daarvan (productinnovatie). Dit is te verklaren uit de mondiale concurrentiedruk. Europees georiënteerde bedrijven kunnen zich nog onderscheiden door een surplus aan kennis, waardoor producten met een hoge toegevoegde waarde ontwikkeld kunnen worden om de hogere loonkosten terug te verdienen. Daardoor ontstaan grote bedrijven met veel niche-pmc's (product-marktcombinaties). De zoektocht naar meer toegevoegde waarde wordt met name in de specialty-markten gevonden, zoals van fine chemicals, nutriënten en high-performance materials, die vaak ook lagere volumes kennen (figuur 7).

FIGUUR 7: RELATIE TOEGEVOEGDE WAARDE EN VOLUME IN DE CHEMIESECTOR



Prestatie-eisen in 2030

Voor zowel bulk als specialties is een toekomst mogelijk in Europa en Nederland, hoewel de groei (ook in fabrieken) met name in specialty-markten zal worden gerealiseerd en de bulk naar alle waarschijnlijkheid gelijk zal blijven of mogelijk af kan nemen. Om aan te geven op welke prestatie-eisen precies moet worden ingezet, is voor zowel de bulk als de specialty-chemie de toe- of afname van verschillende prestatie-eisen weergegeven (deze overzichten zijn te vinden in bijlage II).

De belangrijkste aspecten waarop de chemische bulkindustrie moet inzetten om aan de veranderende eisen van klanten te voldoen zijn: kostprijs, energieverbruik en (proces) innovaties (die ook weer van invloed zijn op de kostprijs). Voor de specialty-markt zijn de sterkst groeiende prestatie-eisen de toegevoegde waarde per medewerker en het energieverbruik. Ook de innovatie-eisen: time-to-market, innovatietempo en innovatiegraad zullen toenemen. Voor de specialty-bedrijven zijn dat de belangrijkste aspecten om op in te zetten om hun positie te behouden.

2.2 CONCURRENTIEPOSITIE NEDERLANDSE CHEMIESECTOR

2.2.1 Groot economisch belang chemiesector

Voordat we verder ingaan op de impact van de mondiale ontwikkelingen op de chemiesector in Nederland, wordt eerst kort het economisch belang van de sector beschreven.

De chemiesector is met een wereldwijde sales van € 1.871 miljard in 2009 een sector van groot economisch belang, waarvan € 449 miljard sales (24% van wereldwijde sales) in Europa wordt behaald⁸ (zie bijlage II voor meer informatie). Nederland neemt een belangrijke positie in als de twaalfde grootste producent van chemische producten.

De Nederlandse chemische sector, bestaande uit chemische basisproducten en eindproducten, genereert als geheel een productiewaarde van € 54 miljard in 2008 (dit is bijna 5% van de totale Nederlandse productiewaarde en bijna 10% van de Europese chemische sector)⁹. De toegevoegde waarde¹⁰ is bijna € 11 miljard (zie tabel 3). Daarnaast biedt de sector werk aan ruim 66.000 werknemers. De chemie is

daarmee verantwoordelijk voor 7,4% van de werkgelegenheid in de industrie en is na de voedings- en genotmiddelenindustrie de grootste werkgever. Ook wordt door de chemie sterk geïnvesteerd in R&D: hieraan wordt bijna € 1,3 miljard uitgegeven (meer dan 25% van het totaal aan uitgaven (totale kosten) in de chemische industrie). In tegenstelling tot wat veel mensen denken, kent de chemiesector ook een groot aandeel mkb-bedrijven. In Europa heeft 96% van de chemische bedrijven minder dan 250 werknemers en zijn de mkb-bedrijven goed voor 28% van alle sales en 35% van de werkgelegenheid in de sector.

TABEL 3: BELANG CHEMIE IN NEDERLAND (BRON: CBS/BEWERKING BERENSCHOT¹¹)

	Toevoegde waarde (2008) (mld)	Groei Toevoegde waarde (1998-2008)	Productie-waarde (2008) (mld)	Groei Productie-waarde (1998-2008)	Aantal werkenden (x 1000)	Groei werkenden (1998-2008)	Export (2008) (mld)	Groei export (1998-2008)	R&D uitgaven (2007) (mln)	Groei R&D uitgaven (2002- 2007)
Voedings- en genotsmiddelen	14,4	37%	60,2	38%	130	-12%	32,7	48%	262	-7%
Chemische basisproducten	8	58%	40,7	131%	30	-19%	28,1	100%	685	141%
Chemische eindproducten	2,9	3%	13,8	41%	36	-3%	10	39%	607	-4%
Chemie totaal	10,9		54,5		66		38,1		1292	-4%
Basismetalaal	2,3	34%	9,2	61%	22	-15%	7,5	79%	-	-
Metaal-producten	6,1	40%	19,5	51%	97	-1%	5,1	57%	52	-10%
Rubber en kunststof	2	10%	7,3	40%	34	3%	4,5	40%	46	18%
Machine-industrie	7,1	65%	22	64%	93	5%	14,3	86%	580	21%
Elektrotechnische industrie	3,8	-9%	21,1	17%	82	-17%	10	3%	1442	2%
Transport-middelen	3,8	28%	16,7	29%	50	-7%	11,9	53%	161	22%
Overig industrie	21,4		84,3		318		37,8		175	
Totaal industrie	71,8	37%	294,8	60%	892	-8%	161,9	71%	4010	16%
Totaal bedrijven	529	63%	1150,6	68%	7554	15%	194,6	77%	5495	21%

Wereldwijd is de Nederlandse chemie koploper in sectoren als basischemie, voedingsingrediënten, coatings en high-performance materialen¹². Deze koppositie blijkt ook uit de sterke exportpositie en de aanwezigheid van vele (complexe) sites.

Het innovatieplatform heeft de chemie aangewezen als een van de zes sleutelgebieden in Nederland. Van deze sleutelgebieden (de zes belangrijkste gebieden voor de Nederlandse economie) is chemie verreweg het beste georganiseerd, mede dankzij de instelling van de Regiegroep Chemie¹³.

Op basis van deze gegevens mag dus met recht geconcludeerd worden dat het behoud van de Nederlandse chemie-sector van groot belang is voor de Nederlandse economie.

2.2.2 Concurrentiepositie chemie in Nederland

In deze paragraaf geven we aan hoe de concurrentiepositie van de Nederlandse chemiesector wordt geraakt door de mondiale ontwikkelingen en welke oplossingsrichtingen er zijn als reactie daarop. We richten ons eerst op de bedrijfs-economische concurrentiepositie, de impact op duurzaam-

heid wordt in de volgende paragraaf beschreven.

Hoe kunnen we chemische fabrieken behouden voor Nederland in 2030?

Door de toenemende concurrentie wordt steeds scherper gekeken naar de gewenste locatie van een fabriek. De belangrijkste overwegingen hierbij zijn de kosten (voor energie, arbeid en logistiek), het kennisniveau van een land en de mate van (logistieke) integratie met klanten en eindmarkten. Grofweg ontstaan door deze drivers twee soorten plekken waar fabrieken zich vestigen. De 'hub-plant', die goed te bereiken is, bijvoorbeeld per schip, en in de buurt van eindmarkten ligt. Op deze plaats wordt met name voor de regio geproduceerd local-for-local (binnen hetzelfde land) of local-for-region (in Nederland voor onze buurlanden). Eventuele hogere arbeidskosten kunnen gecompenseerd worden door lagere logistieke kosten. En de 'source-plant', die dicht bij de bronnen (olie, aardgas) ligt. In veel gevallen is het economisch verantwoord om de eerste raffinagestappen in de buurt van de bron uit te voeren om vervolgens het halffabricaat over de wereld te vervoeren (local-for-global productie).

Nederland kent, ondanks de aanwezigheid van aardgas, met name hub-plants. Deze fabrieken staan in Nederland vanwege de havens (onder andere in Rotterdam) en de ligging (het achterland met veel eindmarkten), een goed ontwikkelde logistiek en de aanwezigheid van goed opgeleide mensen. De afweging van logistieke kosten tegenover lagere productiekosten wordt continu gemaakt en valt over het algemeen nog steeds positief uit voor Nederland. Echter, om de productie in Nederland te behouden, is onder andere een blijvende focus op kostenbesparing en schaalgrootte noodzakelijk (cost leadership strategie). Bovendien moeten de eindmarkten (de industrie) niet verder wegtrekken. In tabel 4 zijn deze en andere voorwaarden om chemische fabrieken in Nederland te houden, beschreven.



TABEL 4: HOE CHEMISCHE FABRIEKEN TE BEHOUDEN VOOR NEDERLAND?

Hoe chemische fabrieken te behouden voor Nederland in 2030?
Meer <i>schaalgrootte</i> zorgt voor een hogere productie-efficiëntie en een (rendabele) energie-efficiëntie van investeringen, waardoor een betere energie-efficiëntie mogelijk wordt. Dit levert vooral oplossingen voor de bulkproductie. Dit is een belangrijke voorwaarde voor een zogenaamde 'zero waste plant', omdat het rendabeler wordt om stromen op te werken of te recyclen.
Grotere <i>flexibiliteit</i> : snel kunnen omschakelen en lage volumes kunnen leveren gecombineerd met hoge leverbetrouwbaarheid (is met name cruciaal voor de productie van specialties).
Voorop blijven lopen in raffinagekennis (Research, Development & Engineering). Het westen (Nederland) loopt nu voorop, doordat men continu slimme <i>procesinnovaties</i> en <i>automatisering</i> toepast, waardoor de looncomponent minder bepalend is en bovendien energie- en grondstoffengebruik lager zijn. In Azië is de economische druk minder en wordt de RD&E-kennis dus minder snel ontwikkeld. Daar staat tegenover dat de fabrieken wel nieuwer en daardoor in eerste instantie efficiënter zijn.
Het stimuleren van clusters in Nederland. De clusters (bijvoorbeeld rond Rotterdam) die Nederland kent, zijn van groot belang voor de concurrentiepositie. Het succes van deze clusters hangt sterk af van de aanwezigheid van belangrijke assets (fabrieken), gedeelde infrastructuur en service (co-siting, kennis en logistiek), toegang tot nabije markten en customers en een grote integratie van een product value chain.
Reduceren time-to-market door ontwikkelen van <i>doorbraaktechnologie</i> . Nieuwe doorbraken kunnen leiden tot minder milieubelasting, minder chemische stappen en minder afvalproducten en dus minder kosten (bijv. toepassen van meer geavanceerde chemie (bv. stoichiometrische chemie in de productie van specialty chemicals).

De komende jaren zal binnen de Nederlandse chemie ook duidelijk worden of activiteiten behouden kunnen blijven voor Nederland. Met andere woorden, of hier nieuwe producten met een hogere toegevoegde waarde hier “on top” bijkomen of dat de bulkchemie steeds meer zal verdwijnen en ook de nieuwe producten elders ter wereld tot stand gaan komen. Daar staat tegenover dat het sluiten van plants ook enorme desinvesteringen en switching costs met zich meebrengt.

Bij de voorstudie is getracht een best case scenario te ontwikkelen en een worst case scenario. De berekeningen rondom de CO₂-doelstellingen gaan uit van het best case scenario: de meeste economische activiteit in Nederland.

In de routekaart zal meer detaillering en nuancering moeten plaatsvinden om tot een juiste monitoring te komen.

Hoe kunnen we behalve fabrieken ook andere afdelingen behouden voor Nederland?

Wat betreft de fabrieken is al aangegeven dat de meeste bulkinstallaties in de komende decennia in Azië en het Midden-Oosten zullen worden gebouwd. Door de verschuiving naar specialties zullen er in Europa en Nederland met name kleinere en flexibelere fabrieken bijkomen. Door deze verschuiving zullen functies als R&D, marketing en sales (nog) belangrijker worden. Vaak zal een bedrijf meer (al dan niet hoofdkantoor) functies bijeenbrengen. Nederland

is al relatief goed in het aantrekken van hoofdkantoren, maar extra beleid is gewenst¹⁴. Juist door de aanwezigheid van hoofdkantoorfuncties is de kans groter dat er ook fabrieken worden gebouwd. De belangrijkste voorwaarde om fabrieken en andere afdelingen te behouden voor Nederland, is daarom een goed vestigingsklimaat en het voorop blijven lopen in kennis en innovatie.

Innovatie en R&D zijn cruciaal

Innovatie van proces (voor fabrieken, met name in de bulkindustrie) en product (voor de specialty-industrie) is de belangrijkste voorwaarde voor een duurzame en economisch sterke chemiesector in Nederland. Investeren in innovatie en R&D is daarom van cruciaal belang voor het voortbestaan van de sector in Europa en Nederland.

Bedrijven zullen hierdoor steeds scherper kijken naar R&D-kosten. De opbrengsten (met name in de farmaceutische industrie) staan steeds vaker niet meer in verhouding tot de kosten, mede door de korte levenscyclus van producten. Zowel de time-to-market van nieuwe producten als het terugdringen van de kosten voor innovatie is een belang-

rijke voorwaarde voor de chemiesector in Nederland. Er wordt van bedrijven op dit gebied de komende decennia veel gevraagd.

Om R&D-afdelingen en daarmee andere afdelingen voor Nederland te behouden, kan worden ingezet op innovatiebevordering (zie tabel 5).

	Nieuwe producten in NL	Nieuwe producten buiten NL
Bulk chemie NL behouden	Best Case	
Bulk chemie NL verdwijnt		Worst case

TABEL 5: MANIEREN OM INNOVATIE IN NEDERLAND TE BEVORDEREN

Hoe innovatie te bevorderen in Nederland?
Focus op <i>kennis, kunde</i> en <i>kassa</i> . Er zal meer gefocust moeten worden op het kapitaliseren van kennis; het omzetten van kennis in producten die goed verkopen. Een goede balans en samenwerking tussen afdelingen R&D, Marketing, Inkoop, Productie en Finance zijn cruciaal voor het innoverend vermogen van een bedrijf.
<i>Kiezen en inzetten op juiste innovatiegebieden</i> . Het uitbouwen van de huidige voorsprong in kennis op het gebied van technische kunststoffen en vezels biedt slechts beperkte groeimogelijkheden. Nieuwe gebieden om onderscheidend te zijn in innovatie, zijn biotechnologie en nanotechnologie. Daarnaast zijn er grote mogelijkheden door (volledige) integratie van verschillende kennisgebieden, zoals biotechnologie, chemie en fysica.
<i>Nieuwe manieren van samenwerken en open innovatie</i> . Netwerken en samenwerkingen met toeleveranciers, innovatieve mkb-partijen, klanten, kennisinstellingen en mogelijk concurrenten worden steeds belangrijker. Door 'open innovatie' kunnen kosten en risico's worden gedeeld, nieuwe kennis van buiten de eigen organisatie kan snel eigen worden gemaakt en spin-offs en spin-ins worden gecreëerd. Met name innovatieve mkb-bedrijven kunnen zeer innovatieve producten relatief snel op de markt brengen (mkb-bedrijven als proeftuin). Dat kunnen ook de kunststof producerende bedrijven zijn, die als proeftuin te zien zijn.
<i>Andere businessmodellen</i> en het aanbieden van services rond een product bieden ook mogelijkheden, al moet hier een goede afweging gemaakt worden van de investeringen die ze vergen.
<i>IPR-wetgeving</i> . Een belangrijke voorwaarde voor een goede concurrentie is wetgeving op het gebied van IPR (patenten). Hiermee kan het ongeoorloofd kopiëren worden tegengegaan. Dit is onder andere van groot economisch belang in de farmaceutische industrie, maar ook het schenden van patenten kan bijv. de veiligheid en gezondheid van burgers in gevaar kan brengen.

Kennis + kunde = kassa

Om de voorsprong op innovatiegebied in Nederland uit te bouwen, is de in ons land aanwezige hoogwaardige kennisinfrastructuur cruciaal voor de concurrentiepositie. Op het gebied van onderzoek, kennisontwikkeling en innovatie behoort de Nederlandse chemische sector op verschillende gebieden nog tot de beste landen ter wereld¹⁵. Een groot deel van de uitgaven aan R&D wordt door de chemiesector gedaan (kwart van de Nederlandse industrie). Ook het Nederlandse onderwijs in de chemie is van hoog niveau en trekt studenten vanuit de hele wereld aan.

De Europese en Amerikaanse concurrentiepositie wordt door vergrijzing, een tekort aan goed opgeleide chemici in Europa en Nederland, en een sterke groei van het aantal academici in Azië echter wel bedreigd. Een afname van kennis en kunde betekent immers ook dat de kassa leger zal worden.

2.2.3 SWOT

In de volgende tabel zijn de belangrijkste punten uit de vorige paragrafen (met name kansen en bedreigingen) plus enkele andere aspecten samengevat in een SWOT-analyse (sterkten en zwakten van de sector op dit moment, kansen en bedreigingen voor de sector in de toekomst).

TABEL 6: SWOT NEDERLANDSE CHEMIESECTOR 2010-203016

<p>Sterkten 2010</p> <ul style="list-style-type: none"> • Goede ligging als toegangspoort tot Europa en aanwezigheid gas • Aanwezigheid (grote, complexe) sites en grote bedrijven (met sterke financiële basis en marktposities), van groot belang voor Nederlandse economie (export) • Goed ontwikkelde logistiek en grids (o.a. nafta/ ARG-pijplijn) en (kennis)infrastructuur • Sterk netwerk van toeleveranciers en specialisten en (open) innovatiekracht Nederland, goede samenwerking academies: herkend sleutelgebied met regie • Kennisniveau hoog en hoog opgeleide bevolking • Duurzaamheidsontwikkeling (energiedoelstellingen en hoge efficiëntie, milieustandaarden) • Hoge arbeidsproductiviteit en handelsgeest (open cultuur) 	<p>Zwakten 2010</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hoge kosten (o.a. voor elektriciteit, CO₂-uitstoot en arbeid) • Thuismarkten groeien beperkt • Imago van de chemiesector is niet duurzaam • Hoge bevolkingsdichtheid (moeilijkheden voor uitbreiding en transport) • (Excellente) kennisontwikkeling bedreigd door beperkt aantal nieuwe chemici en zesjescultuur
<p>Kansen richting 2030</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realiseren van duurzame sleutelrol • Groeiende afzetmarkt Azië en Oost-Europa, ook export van kennis over energie-efficiëntie • Inzetten op kennisontwikkeling en innovatie, ook in samenwerking: R&D-consortia • Verder uitbouwen van sterke kennispositie (proeftuin, COCI's) en omzetten naar (specialty) business, ook voor duurzame oplossingen • Blijvend aandacht voor optimaliseren processen (procesinnovatie) • Meer (Europese) samenwerking tussen plants, in de gehele keten (ook agro, papier) en publiek-private samenwerking • Actieplan Regiegroep Chemie uitvoeren (duurzaamheid en innovatie) 	<p>Bedreigingen richting 2030</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schaarste van (fossiele) grondstoffen (beperkt in Europa aanwezig) en beperkte investering in alternatieven • Toenemende concurrentie Azië (lage lonen, steeds meer kennis en bouw nieuwe fabrieken) en fabrieken in Midden-Oosten • Weinig substantiële nieuwe investeringen in nieuwe (efficiëntere) plants • Groeiend tekort aan goed opgeleide chemici • Aantrekkelijkheid voor multinationals en mogelijk wegtrekken industrie uit Europa • Geen level playing field Europa t.o.v. rest van de wereld, wat de industrie in Europa schaadt

De kansen voor de Nederlandse chemische industrie liggen met name in innovatie en duurzaamheid (en de combinatie daarvan). Door in te zetten op duurzame oplossingen die op een kennisintensieve manier worden ontwikkeld zal de Nederlandse chemische sector haar concurrentiepositie kunnen versterken.



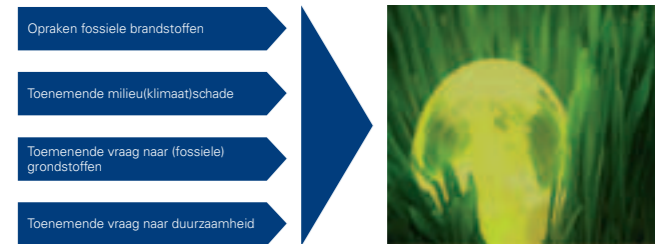
2.3 TRANSITIE NAAR EEN DUURZAME, VITALE SECTOR TUSSEN 2010 EN 2030

Uit de mondiale trends (tabel 2) en de SWOT-analyse blijkt dat duurzaamheid al een zeer cruciale rol in de chemiesector speelt en zal gaan spelen in de komende decennia. In deze paragraaf gaan we daar dieper op in.

De komende decennia zullen in het teken staan van toenemende schaarste en transitie naar duurzame bronnen. De 'green wake up call' begint bij steeds meer bedrijven door te dringen; er moeten dingen veranderen, want op lange termijn kan het niet zo doorgaan.

Er zijn vier belangrijke drijfveren die de transitie naar een duurzamere wereld bevorderen.

FIGUUR 8: VIER DRIJFVEREN VOOR DE TRANSITIE NAAR EEN DUURZAMERE WERELD



De eerste drijfveer van de transitie is het opraken van fossiele grondstoffen (met name olie en gas). Dit heeft een grote impact op de chemiesector. De chemiesector gebruikt veel fossiele bronnen (20% van totaal industriële gebruikers) zowel als grondstof voor veel producten (12%) als voor haar grote energiebehoefte (8%) (zie bijlage I voor verdere cijfers).. De totale bewezen hoeveelheid winbare aardolie komt overeen met 46 maal het huidige jaarlijkse verbruik. Voor gas is dat 63 jaar en kolen 119 jaar (bewezen reserves/productie 2009) . Hoewel er aanmerkingen zijn op deze cijfers (er zijn nog vele aanwijzingen voor niet-bewezen voorraden), geeft dit wel een belangrijke indicatie. Op kor-

tere termijn (de komende twee decennia) is de verwachting dat de oplopende schaarste tot prijsverhogingen zal leiden, hoewel die schaarste tijdelijk door de economische crisis enigszins naar de achtergrond verdwenen is. De winning zal duurder worden, omdat de makkelijk winbare plekken opraken. Daarnaast zal raffinage duurder worden, omdat de sweet crudes (olie zonder veel zwavel) opraken. Ook zijn er geopolitieke overwegingen om over te schakelen op alternatieven, omdat veel olie en gas aanwezig is in 'politiek instabiele' staten. Een switch naar LNG (uit bijvoorbeeld Algerije) zou bijvoorbeeld wat gas betreft voor Europa kunnen bijdragen aan een geringere afhankelijkheid van Rusland.

De tweede drijfveer hangt niet zozeer samen met de schaarser wordende olie en grondstoffen, maar met de consequenties van het gebruik: de toenemende milieuschade. Klimaatverandering (die wordt toegeschreven aan CO₂-uitstoot), toenemende vervuiling en beschadiging van het milieu zijn gevolgen van de grote wereldwijde consumptie van fossiele brandstoffen en andere grondstoffen. Er is in toenemende mate vraag om de milieubelasting door met name de CO₂-

uitstoot tegen te gaan. De uitstoot van extra CO₂ heeft nu binnen ETS (Emission Trading System) een prijs van € 10-15/ton, maar kan tot 2020 mogelijk doorstijgen naar € 30-40/ton.

In de eerste fase, van 2005 tot 2007, streeft het ETS naar een vermindering van het hoge niveau CO₂-uitstoot van de ongeveer 12.000 industriële installaties in Europa - grotendeels de energiesector en de zware industrie. Dat betekent dat het ETS spreekt over bijna 50% van de CO₂-uitstoot in de EU. ETS II, voor de periode na 2012, is in de maak waarin de volgende issues worden besproken:

- De EU legt zichzelf op zijn totale emissies met 20% te verminderen ten opzichte van het niveau van 1990. Hieronder valt ook dat tegen 2020 14% van de opgewerkte energie uit hernieuwbare energie bestaat en bovendien moet het totale energieverbruik tegen 2020 met 20% naar beneden (door de efficiëntie te vergroten).
- Het behouden van een level playing field op mondiale schaal. Level playing field op mondiale schaal komt zeker na 2020 onder druk te staan omdat dan alle rechten via veilen moeten worden verkregen (nu nog gedeeltelijk gratis op basis van CO₂-benchmarks).
- Grotere rol van veilingsysteem en veilingkalender is voorzien met spotcontracts en future contracts (drie pilotveilingen worden in 2010 in Nederland gehouden). Voor 2013 is 20% van ruimte voorzien voor veilingen, en dat moet oplopen tot 70% in 2020.
- Het systeem wordt uitgebreid, meer sectoren uit de industrie zullen verplicht worden mee te werken en meer soorten broeikasgassen zullen moeten worden gereduceerd (vanaf 2012 worden ook de emissies van vluchten meegerekend).
- Het aantal ter beschikking gestelde credits in het ETS zal een reductie van 1,74% per jaar kennen, dit betekent dat tegen 2020 het aantal verkrijgbare credits met 21%

is teruggebracht ten opzichte van het oorspronkelijke niveau in 2005.

- Voor deelnemers binnen EU-ETS komt er geen CO₂-belasting gedurende 2013-2020. Mogelijk komt er een belasting op CO₂ voor producten die buiten het EU-ETS systeem vallen (Frankrijk heeft verregaande plannen hiertoe).
- Het bewaken van de hoofdfunctie van dit ETS-systeem (reductie CO₂-uitstoot) en voorkomen dat speculatie de boventoon gaat voeren.

Hoewel er recentelijk weer geluiden zijn dat er een mondiaal systeem voor CO₂-uitstoot zou kunnen komen, is dat, gezien de laatste topbijeenkomst over dit punt in Kopenhagen, zeker geen uitgemaakte zaak.

De derde drijfveer voor de overgang naar een duurzamere wereld is de toenemende vraag naar materialen, producten en voedsel door een verdere groei van de wereldbevolking. Naar schatting van de VN zijn er in 2030 meer dan 8

miljard mensen op deze aarde. De vraag naar grondstoffen, energie, voedsel en schoon (drink)water neemt toe naarmate er meer mensen zijn en wordt zelfs versterkt door de toenemende welvaart in bijvoorbeeld BRICK-landen. De komende decennia zullen nog meer in het teken staan van een efficiëntere productie en een efficiënter gebruik hiervan.

De vierde drijfveer komt voort uit de eerste drie. Steeds meer burgers, klanten en overheden vragen om duurzame producten. Voor bedrijven betekent dit dat prestatie-eisen en wetgeving kunnen wijzigen of dat het bedrijf van binnenuit door zijn werknemers of werkgever wordt veranderd. De ontwikkeling van een duurzame wereld ligt dus bij de individuele bedrijven, de chemiesector, maar ook bij de burgers/consumenten en de overheid. Het meetbaar maken van duurzaamheid en daar transparant over communiceren zijn een toenemende eis voor veel chemische bedrijven. Communiceren over duurzaamheid wordt daarmee een belangrijkere taak voor de marketing-/communicatieafdelingen. Notering aan de Dow Jones Sustainability Index is hier een goed voorbeeld van. Steeds meer bedrijven zijn ervan overtuigd dat duurzaamheid op lange termijn loont en dat bedrijven die dit

kunnen, uiteindelijk ook een competitief voordeel behalen. Vandaar dat de transitie naar duurzamere bronnen ook door de overheid sterk gestimuleerd wordt (zie tabel 7).

TABEL 7: WERKPROGRAMMA SCHOON EN ZUINIG

In het Werkprogramma Schoon en Zuinig uit 2007 staan als eerste de doelstellingen die de overheid heeft gesteld voor 2020:

- 2% energie-efficiëntieverbetering per jaar
- 20% duurzame energie (met 10% biobrandstoffen)
- 30% CO₂-reductie

2.3.1 Duurzaamheid als kans

Duurzaamheid als licence-to-operate

Door sterk in te zetten op de transitie naar een duurzamere wereld, zal het imago van de chemiesector sterk verbeteren. De sector heeft bij veel mensen nog geen duurzaam imago, wat onder andere blijkt uit onderzoek van Cefic¹⁸. Alhoewel de sector veel olie, gas en andere bronnen ge- en verbruikt en daarnaast veel (schadelijke) emissies (naar bodem, lucht en water) veroorzaakt, zet de chemie al sterk in op duurzaamheid door het energieverbruik (uit niet-duurzame

bronnen) te verlagen, verschillende soorten emissies te verlagen en veiliger te werken. Om het imago een sterke impuls te geven, zal de chemie haar sleutelrol (nog meer) waar moeten maken! Deze imagoverbetering zal bovendien een positief effect hebben op het aantrekken van jonge talentvolle (kennis)werkers.

Duurzaamheid als kans

De transitie naar een duurzamere wereld is niet alleen nodig, maar biedt bovendien veel kansen! Zoals aangegeven in de inleiding, zijn er eerste orde en tweede orde profitekansen. Het is een manier om de kennis en kunde die in Nederland aanwezig is, te vermarkten. Nederlandse bedrijven lopen voorop in kennis van duurzame processen en ook de ontwikkeling van nieuwe duurzame producten is een kans voor de Nederlandse chemiesector. Daardoor wordt ook bijgedragen aan de ambitie van de Regiegroep Chemie om de toegevoegde waarde van de chemie te verdubbelen. In onderstaande tabel zijn een aantal voorbeelden van duurzaamheids-groeikansen weergegeven.

TABEL 8: NIEUWE DUURZAAMHEIDSGROEIKANSEN IN NEDERLAND

Hoe duurzaamheidsgroeikansen te bevorderen in Nederland?
<i>Best-in-class chemische producten en processen. Doordat steeds meer eindproducten worden uitgedrukt in CO₂ footprint, H₂O footprint en GER-waarden (embodied energy), ontstaat een drive via LCAs (life cycle assessments) van eindproducten naar materialen die het laagst scoren op dit soort elementen. Producten die best-in-class zijn, kunnen hierbij een voorkeurspositie verwerven. De komende jaren zal dit een turbulente ontwikkeling worden, die daarna enigszins zal stabiliseren. Wie op dat moment best-in-class producten in zijn segment heeft, kan dat dan langere tijd uitnutten. Wat chemische processen betreft die dit soort producten mogelijk maken, zijn het ontwikkelen van IP en het doorverkopen/licenties van dit soort innovaties waarschijnlijk het goede businessmodel voor de sector.</i>
<i>Biobased bouwstenen en producten.</i> De verwachting is bijvoorbeeld dat een groot deel van alle plastics in een biobased variant zal worden omgezet. Biobased en biocomposteerbaar zijn belangrijke begrippen aan het worden. Naast biobased producten komt dan vanzelf de vraag op gang naar groene bouwstenen.
<i>Ontwikkeling van nieuwe upgrade recycleprocessen.</i> De cradle-to-cradle filosofie gaat uit van het kunnen level-cyclen van materialen: het kunnen hergebruiken met dezelfde specificatie. Op dit moment is er veel meer sprake van downcyclen. Voorbeelden te over. In de staalindustrie daarentegen kunnen oude materialen door middel van nieuwe processen en extra toevoegingen juist geüpycled worden. Voor de chemie liggen er kansen om processen te ontwikkelen voor het upcyclen en daar bijtijds bij te zijn. De grootste recyclecaprolactamfabriek in de VS is van een tapijtfabrikant.
<i>Ontwikkeling van recyclebare producten voor second and next lifes.</i> Los van biobased is het natuurlijk wat fossilbased materialen betreft nog steeds een kans om te innoveren om het hergebruik van dergelijke materialen mogelijk te maken. Mooi voorbeeld is hierbij de ontwikkeling bij Teijn van het hergebruik van hun vezels in hun next-life applicaties. In de verpakkingen, kantoorequipment, bouw, automotive, aerospace, elektronica, productie-equipment, etc. Overall worden op dit moment initiatieven ontplooid om inwinnen, scheiden en herwinnen van materialen te organiseren. Het bij het publiek meest bekende initiatief is misschien Plastic Heroes.
<i>Ketenkansen.</i> De chemie is overal. Buiten de hiervoor genoemde initiatieven kan de chemie een goede bijdrage leveren aan de fabricage en gebruiksfase van een enorm portfolio van eindproducten en hier suggesties voor energiereductie, arbeidskostenreductie en grondstofreductie proactief inbrengen.

2.3.2 Transitie van de sector zal gepaard gaan met 'zoeken naar vernieuwing' en 'verstarring'

Hoewel de transitie door de vier drijfveren steeds verder wordt afgedwongen door de overheid en bovendien veel kansen voor vernieuwing (zie tabel) biedt, wordt ze tegengehouden door wat 'verstarring' genoemd kan worden: concurrerend vermogen en bestaande condities die de transitie tegenhouden:

- Level playing field blijft een zeer belangrijke voorwaarde: indien de transitie veel investering vergt zonder direct resultaat, is het voor bedrijven niet mogelijk deze investering aan te gaan vanwege verslechtering van de concurrentiepositie.
- Stakeholders (overheid, vakbonden, milieubewegingen) en daaruit voortvloeiende wetgeving werken soms innovatieve oplossingen tegen.
- Er zit veel verstarring in het 'fabriekensysteem' door hoge gedane investeringen en beperkte mogelijkheden voor uitbreiding (onder andere ook door vergunningen).

Hierdoor zijn er slechts beperkte mogelijkheden voor verandering.

- Een beperkte hoeveelheid van de R&D kan hierdoor worden gekapitaliseerd: de ideeën kunnen niet uitgerold/opgeschaald worden.

De vraag is dan ook: hoe organiseer je een transitie naar een duurzamere wereld?

De twee scenario's in tabel 9 - Blueprint en Scramble¹⁹ (ontwikkeld door Shell) - geven twee archetypische denkrichtingen voor de genoemde transitie.

TABEL 9: SAMENVATTING SCENARIO'S BLUEPRINT EN SCRAMBLE

Scramble	Blueprints
<ul style="list-style-type: none"> • Zekerheid levering primaire aandacht overheden • Veel kolen en biodiesels, geen andere alternatieven • Rond 2020-2030 zal supply moeilijker worden • Overheden zullen reageren door toenemende druk van verschillende groepen, maar doen dit ongecoördineerd en ad hoc • Een lage economische groei is het gevolg • Lokale innovaties • Uiteindelijk zal duurzame energie er komen, maar niet volledig, en reageren op milieuveranderingen is ook zeer belangrijk (bouwen dijken) 	<ul style="list-style-type: none"> • Er ontstaan nieuwe coalities, bottom-up oorsprong (regionaal) • Er komt een wereldwijde afweging tussen energievraag (energiebezuinigingen en CCS), aanbod (alternatieve bronnen) en milieu-impact (carbon footprint) • Een effectieve CO₂-pricingsystematiek, in combinatie met vele initiatieven om op energie te bezuinigen of deze duurzaam op te wekken, zorgen voor een minder grote milieu-impact • Er wordt geleidelijk overgegaan op een relatief duurzame wereld (kolen, gas en olie zullen nog wel gewenst zijn) • Duurzame energie betekent geen energiebesparing?

De huidige situatie heeft door het mislukken van de klimaatconferentie in Kopenhagen veel weg van het 'Scramble-scenario'. Het korte termijn opportunistische denken zowel politiek, economisch als sociaal heeft nog de overhand. Ook in de opkomende economieën (BRICK) zal duurzaamheid niet de hoogste prioriteit hebben, totdat de (klimaat)gevolgen of schaarste van resources te groot worden. Scramble zegt dat lokale innovativiteit niet moet wachten op een mogelijk mondiale afstemming. Dus kan de Nederlandse chemie ook nu al een stap maken!

2.3.3 Van glazen bol naar rondbodemkolf! Nu de sleutelrol waarmaken

In het kader van deze voorstudie zijn zes oplossingsrichtingen gedefinieerd. Door op deze richtingen in te zetten, kan de chemie haar sleutelrol waarmaken door bij te dragen aan een duurzamere wereld én bovendien eerste en tweede orde profit kansen naar zich toe te trekken. De zes oplossingen worden in de volgende hoofdstukken beschreven.

Elk hoofdstuk start met een introductie (inclusief doelstelling) en eventueel een verdere afbakening, gevolgd door een paragraaf over wat er al op het desbetreffende gebied gebeurt. Ieder hoofdstuk sluit af met een paragraaf over verdere ontwikkelingen (die mogelijk in het vervolgtraject, de routekaart, uitgewerkt kunnen worden).

Chemie = nadenken

Special
Toestaan en kennis voor coffeeshops. Er gaat een jaartje rond. Dat doet er niet toe, maar het maakt naar. Er is al kennis over glim. Nou, dat wil maar een koffie. Zonder rookt geen.

Effects
De belangrijkste werkzame stof in cannabis is tetrahydrocannabinol (THC). Als je veel rookt, komt THC in het bloed en wordt naar de hersenen. Naast gewone verslaving effecten heeft cannabis ook medicinale toepassingen. Patiënten kunnen cannabis krijgen om bepaalde klachten te bestrijden, t.b.v. MS en kanker. Ze ervaren het in 15 minuten tot als twee maanden in een lage dosis, dan worden rookt een verslaving. Er zonder special effects.

Chemie is ontdekken
In je iPod, je Mac, je Nike. Zelfs in de chemische processen in je lijf. De chemie blijft van alles ontdekken. Maak er werk van. Jouw werk. Deze campagne is een initiatief van bedrijven in de chemie, scholen en universiteiten. Meer weten? → www.chemieoveral.nl

Chemie is overal!



3. Oplossingsrichting 1: Energie-efficiëntie

3.1 INTRODUCTIE EN AFBAKENING

Doelstelling van voorstudie: besparing 105 PJ
Doelstelling MJA3 en Regiegroep Chemie: 2% energie-efficiëntie per jaar resulterend in 30% in 2020 en 50% in 2030 ten opzichte van referentiejaar 2005

De basis van het MJA3-convenant en MEE is het tegengaan van verspilling van energie door het verhogen van de energie-efficiëntie van het eigen proces (procesefficiëntie). Projecten die leiden tot verlaging van het energieverbruik die nodig is voor het maken van een product of het leveren van een dienst, behoren tot deze categorie. Binnen deze oplossingsrichting valt ook recycling op de plant. Dat betreft het afvangen en hergebruiken (weer in kringloop

brenge) van bijproducten (we spreken dan niet meer over 'afvalstromen'). Dat geldt voor materialen, bijgassen, warmte en stoom, die tijdens het productieproces vrijkomen. De bijproducten kunnen worden hergebruikt in het eigen proces of mogelijk aan anderen worden geleverd. Indien dat niet mogelijk is, is omzetting naar energie het alternatief. De essentie is maximalisatie van grondstofefficiëntie (door een hogere conversiegraad door recycling van substraat of hoofdproduct).

Aandacht voor energie-efficiëntie en plantrecycling kan bijdragen aan verdere grondstof- en energiebesparing en vermindering van emissies naar lucht, water en bodem (de plant wordt lean and green). Maar recycling vergt energie en gaat gepaard met CO₂-uitstoot. Het is dus van belang

dat energie en CO₂-uitstoot die extra benodigd zijn voor recycling, niet de GER-waarde (en daarmee de energie en CO₂-uitstoot) van het hoofdproduct overtreft, zodat er onder aan de streep energieverbruik en CO₂-uitstoot wordt verminderd.

Energie-efficiënte en plantrecyclingprojecten zijn vaak aantrekkelijk omdat ze een korte terugverdientijd hebben. Echter, het meeste laaghangende fruit is al geplukt (beperkte investering en korte terugverdientijd). Ook worden in Nederland slechts een beperkt aantal nieuwe installaties gebouwd, waarbij normaal gesproken veel energie-efficiënte winst te behalen valt. Om nog grote stappen te maken, zijn er vooral mogelijkheden in fabrieks- en site overstijgende oplossingen (binnen een en hetzelfde bedrijf én tussen verschillende bedrijven). Daarnaast wordt recycling met name al in de bulkchemieplants toegepast vanwege de schaalvoordelen, waardoor investeringsprojecten rendabel worden. Op kleinere plants geldt dat minder en zijn er nog veel mogelijkheden voor optimalisatie.

3.2 WAT WORDT AL AAN ENERGIE-EFFICIËNTIE GEDAAN?

In de laatste decennia is er al veel energie-efficiëntie gerealiseerd. Er is in de periode 1998 - 2008 een totale energie-efficiëntieverbetering gerealiseerd van 26,9% ten opzichte van het referentiejaar 1998. Voor tweederde is dit gebeurd door verhoging van de procesefficiëntie (zie bijlage V voor de MJA3-resultaten). Veel kennis op dit gebied is dan ook al aanwezig in Nederland.

Binnen het MJA3-programma zijn er al veel projecten gericht op energie-efficiëntie, zoals:

- Destillatie.
- Thermisch kraken.
- Extractie.
- Katalytisch reformen.
- Stoom reformen.
- Elektrolyse.
- Membraantechnologie.
- Pinchtechnologie.

Recycling op de plant

Veel bedrijven hergebruiken of recyclen afvalstromen die bij de productieprocessen ontstaan, binnen hun eigen bedrijf. Een factor die het hergebruik kan beperken, is een afvalstroom die bestaat uit een mengsel van materialen, waardoor een scheiding nodig is in deelstromen. Dit kan zowel uit economisch als uit milieutechnisch oogpunt nadelig zijn.

In de chemische industrie is grote vooruitgang geboekt met het sluiten van kringlopen in de plant.

Verdere stimulering

Het programma dat de Regiegroep Chemie heeft opgesteld in samenwerking met de VNCI, heeft verschillende onderdelen die bijdragen aan energie-efficiëntie en recycling:

- Het ontwikkelen/verbeteren van procestechnologie gericht op hogere energie-efficiëntie (procesintensificatie, katalyse, scheidingstechnologie en biotechnologie).

- Het ontwikkelen van WKK-projecten op sites van de chemische industrie (hierbij moet wel opgemerkt worden dat dit in sommige gevallen tot meer CO₂-uitstoot leidt van het chemische bedrijf, omdat voorheen de energie werd ingekocht en daardoor de CO₂-uitstoot werd toegeschreven aan het energiebedrijf).
- Het gebruiken van restwarmte.
- Clearinghouse (het verminderen van transport van grondstoffen en halffabricaten).
- Ketenefficiëntie (de VNCI zet in op het samen met andere stakeholders nuttig hergebruiken van reststromen uit installaties, inclusief kunststofafval, door het actief te bepleiten en tot realisatie te brengen).
- Afval-/reststromen (de VNCI wil zich inzetten om reststromen uit installaties in kaart te brengen, die nu nog – met name als gevolg van wetgeving – gekwalificeerd moeten worden als afval, en die elders

ingezet kunnen worden voor nuttige toepassingen als grondstof of ten behoeve van energieopwekking).

Onderzoeksprogramma's

Er lopen in Nederland en internationaal ook verschillende onderzoeksprogramma's die bijdragen aan het verbeteren van de energie-efficiëntie. Ze zijn opgenomen in bijlage III.

3.3 WAT KAN NOG VERDER WORDEN ONTWIKKELD?

Het ultieme doel is benadering van de zero waste plant. Alle bijstromen worden geconverteerd in waardevolle bijproducten en als dit niet mogelijk is, kunnen stromen worden gebruikt voor energieopwekking (door bijvoorbeeld verbranding). Daarbij zal primair gekeken worden naar recycling van de grondstof voor het hoofdproduct (dit levert de hoogste meerwaarde) en daarna naar waarde creëren van de gevormde bijproducten (mogelijk kan dat ook aan andere geleverd worden). Met name in de specialty-productie, die wordt gekenmerkt door vele chemische stappen die gepaard

gaan met aanzienlijke conversieverliezen (bijgevolg vele afvalstromen), zijn nog grote stappen te maken.

Met name ook de fabrieksoverstijgende oplossingen (plant overschrijdend - site integratie - en zelfs ook site overschrijdend - integratie met naburige sites) kunnen verder ontwikkeld worden om energie-efficiëntie en recycling verder te ontwikkelen. Voorbeelden daarvan zijn uitwisseling van bijproducten, energie, stoom of warmte met de burens. Door het bouwen van nieuwe energie-, warmte- of stoomgrids kan dit een extra boost krijgen. Er zijn echter grote (organisatorische) risico's verbonden aan verdergaande integratie en co-siting, maar er is al veel ervaring opgedaan met de wijze van omgaan met vraag en aanbod en het reduceren van afhankelijkheden.

In tabel 10 is weergegeven welke oplossingen verder ontwikkeld kunnen worden en eventueel als onderwerp voor de routekaart kunnen worden opgenomen.

TABEL 10: ONTWIKKELINGSRICHTINGEN DIE EVENTUEEL IN ROUTEKAART UITGEWERKT KUNNEN WORDEN

Oplossing	Toelichting
√ Samenwerking met de burens en de keten	Gezamenlijk met de burens een analyse maken voor verdere optimalisatie van energie en reststromen Lokale samenwerking, gebruik restwarmte en stoom van burens Co-siting opties verder uitontwikkelen (clustervorming/integratie van productiefaciliteiten) LCA's met alle ketenspelers maken en optimaliseren van energiegebruik Ontwikkelen verschillende businessmodellen voor (optimale) keten, investeringen en opbrengsten over de keten Samenwerking tussen sectoroverschrijdende industrieën, bv. agro, papier en chemie (in bioraffinage)
√ Nieuwe grids	Ontwikkelen van nieuwe stoom-, gas-, energie- en warmtegrids
√ Organisatie/wetgeving	Oprichting van een Dutch Chemicals and Polymer Recycle/upcycle Institute Belemmerende wetgeving m.b.t. hergebruik afval opheffen/aanpassen
√ Nieuwe processen en (bio)raffinageconcepten	Ontwikkelingen (bio)raffinageconcepten met zero waste en 100% heat integration (gesloten kringlopen) Eigen processen gereedmaken voor (chemische) recycling, maar ook fysisch en mechanisch Productie grondstof uit meerdere reststromen



4. Oplossingsrichting 2: Vervanging fossiele grondstoffen

4.1 INTRODUCTIE EN AFBAKENING

Doelstelling voorstudie: 127 PJ (voor wat betreft vervanging fossiele grondstoffen bij productie van chemicaliën en materialen)

Doelstelling voor Nederland (Groenboek (2007)²⁰): 30% substitutie van fossiel door biomassa in 2030 resulterend in een vervanging van 900 PJ in de chemie- en energiesector (en agrosector)

Doelstelling van Platform Groene Grondstoffen: 25% vervangingsgraad van fossiel door niet-fossiel (biobased). Deze doelstelling kan worden bereikt door 25% vervanging bij productie van chemicaliën en materialen (140 PJ)

- 25% vervanging bij productie van chemicaliën en materialen (140 PJ)
- 60% vervanging bij transportbrandstoffen (324 PJ)
- 17% vervanging bij warmtegebruik (185 PJ)
- 25% vervanging bij elektriciteitsverbruik (203 PJ)
- Totale vervanging; 900 PJ door niet-fossiel op 3000 PJ fossiel (de voorbeelden hierboven leveren een belangrijke bijdrage (852 PJ) aan het behalen van de doelstelling 900 PJ

Vervanging van fossiele grondstoffen kan door gebruik te maken van biomassa als grondstof. Voor deze voorstudie gebruiken we de definitie van biomassa van de OECD, die het meest van toepassing is: 'any organic material, of plant and animal origin, derived from agricultural and forestry production and resulting by-products, and industrial and urban wastes'. Vrij vertaald: biomassa is de verzamelnaam voor alle organische stoffen die potentieel gebruikt kunnen worden om te worden omgezet in energie en chemische bouwstenen (een uitgebreide beschrijving van de input (van biomassa), throughput (processen) en output van biomassa kunt u vinden in bijlage IV).

De inzet van biomassa kan een grote bijdrage leveren aan het realiseren van een duurzamere wereld. Het biedt een alternatief voor fossiele grondstoffen, die eindig zijn. Daarnaast draagt het in principe niet bij aan de mondiale uitstoot van CO₂ (afgezien van energie-input bij teelt, transport- en verwerkingsprocessen). Daarbij dient opgemerkt te worden dat de reductie van CO₂-uitstoot sterk afhangt van het energiegebruik van het verwerkingsproces (daardoor kan

de CO₂-uitstoot soms zelfs hoger uitvallen, bijvoorbeeld bij bio-ethanolfabrieken in de VS)²¹.

Het gebruik van biomassa als grondstof heeft ook een hoge economische potentie, omdat het aansluit bij een groot aantal Nederlandse sterkten²². Zo heeft Nederland een goede kennispositie op het gebied van het veredelen van gewassen en verbouwingstechnologieën, zoals pyrolyse, en een goede kennis van biotechnologie, fermentatie, fijnchemie, bioraffinage en life sciences in het algemeen. Ook de ligging en logistiek van Nederland zijn voor aanvoer van biomassa zeer geschikt. Biomassa (of halffabricaten) kunnen goed in Nederland worden geraffineerd tot producten, vanwege de aanwezigheid van een sterke agro- en chemiesector.

Afbakening

In deze voorstudie wordt aangesloten bij de doelstelling van de Regiegroep Chemie, maar alleen de 25% vervanging bij productie van chemicaliën en materialen (uitgaande van cijfers 2009 resulterend in 108 PJ) kan worden toegeschreven aan de chemische sector. Vervanging van transportbrandstoffen is vooral toe te schrijven aan de agrosector, die (nu) met name de bioraffinage voor zijn rekening neemt. In de toekomst zou dit vaker kunnen voorkomen in de vorm van joint ventures tussen agro- en chemiebedrijven en dan kan een deel aan de chemiesector toegeschreven worden. Vervanging van warmtegebruik en elektriciteitsverbruik kan primair worden toegeschreven aan de energiesector.

4.2 HUIDIGE ONTWIKKELINGEN IN BIOMASSA

Het gebruik van biomassa voor productie van 'groene' chemische bouwstenen en vervolgens tot eindproducten zoals polymeren levert de meeste toegevoegde waarde op. Teruggerekend naar Giga Joules levert biomassa het volgende op: gegenereerde warmte: € 3/GJ, gegenereerde elektriciteit € 6/GJ, transportbrandstoffen € 8/GJ en bulkchemicaliën € 30/GJ²³ (en voor de fijnchemie is de toegevoegde waarde nog hoger). Ook de hierboven genoemde goede kennispositie van Nederland sluit vooral aan bij het gebruik van biomassa voor productie van chemische bouwstenen. Dit valt ook binnen de net beschreven scope van chemische industrie. De huidige ontwikkelingen op dit gebied bevinden zich voor een groot deel nog in de ontwikkelfase (zie bijlage IV), hoewel er al wel productie in Nederland plaatsvindt van bioplastics.

Wat betreft de productie van biobrandstoffen (dat in de toekomst mogelijk deels aan de chemie sector kan worden toegeschreven) is er al wel een grote productie (zie bijlage IV voor cijfers). Gebruik van biomassa voor productie van

biobrandstoffen heeft veel impact, omdat het om vervanging van grote volumes fossiele grondstoffen gaat. Echter, productie in Nederland op grote schaal wordt niet op korte termijn verwacht. De marges zijn te klein om de huidige installaties (krakers), die groot en technisch complex zijn, te vervangen of aan te passen. De bestaande raffinaderijen die benzine en diesel in vaste verhouding produceren, zijn kostbaar en daarnaast is het nog niet mogelijk om alle producten uit biomassa te maken die nu door raffinaderijen uit fossiele grondstoffen worden gemaakt. Bijmengen blijft daardoor een betere optie, mede omdat biobrandstoffen vooral worden geproduceerd in landen met een groot arsenaal aan biomassa geschikt voor productie van biobrandstoffen. De stromen biomassa in Nederland zijn nu te klein en volatiel om de grote hoeveelheid fossiele grondstoffen te vervangen. Ook is de huidige generatie biobrandstoffen vaak direct in competitie met voedsel. Mogelijk zal productie van 2e generatie biobrandstoffen wel kansen voor Nederland bieden. Dat zijn biobrandstoffen uit niet-voedsel gerelateerde bronnen, zoals oneetbare delen van planten, houtsnippers, energiegewassen, zoals wilgen en tarwestro die niet geschikt zijn voor consumptie. Daarnaast bieden

3e generatie biobrandstoffen (productie door middel van algen) mogelijk kansen voor Nederland.

Gebruik van biomassa voor energieopwekking (bijvoorbeeld bijstook in kolencentrales), gebeurt al wel op grotere schaal in Nederland. Biomassa wordt op dit moment grotendeels voor dit doeleinde gebruikt (zie bijlage IV). Dit valt buiten de scope van deze voorstudie omdat het kan worden toegeschreven aan de energiesector.

Barrières

Er moeten echter nog verschillende economische (kostprijs) en technische (kwaliteit) barrières worden overwonnen om de ambitie van de regiegroep te realiseren, om biomassa te gebruiken voor productie van 'groene' chemische bouwstenen. Daarnaast scoort biomassa niet per definitie goed op alle duurzaamheidscriteria (waaronder CO₂, watergebruik, biodiversiteit, voedselcompetitie). Tabel 11 geeft een overzicht van de belangrijkste barrières. Hoewel de transitie op lange termijn onvermijdelijk is, zal switchen op korte termijn niet altijd rendabel zijn. Dit vergt van de industrie grote investeringen in R&D en nieuwe productieprocessen (en fabrieken).

TABEL 11: OVERZICHT BELANGRIJKSTE BARRIÈRES VERVANGING FOSSIELE GRONDSTOFFEN

	Economisch	Technisch	Duurzaamheid
Aanbod/ inkoop biomassa	Prijzen biomassa zijn volatiel door onstabiele marktverhoudingen en wijzigingen in subsidie-beleid Biomassa kent lage energiedichtheid, waardoor transport- en opslagkosten relatief hoog zijn	Nieuwe soorten biomassa nog in ontwikkeling Genetische modificatie nog in ontwikkeling Omschakeling van eenjarige gewassen naar meerjarige en robuustere gewassen (minder water, minder kunstmest, minder bestrijdingsmid-delen, oogsten over langere periode)	Voedselcompetitie; mogelijke oplossing is intel-ligent gebruik (bijproducten, hogere productiviteit landbouw, gewassen die groeien op plekken waar geen voedselgewassen groeien, genetische modificatie) Impact op milieu; soortenrijkdom, erosie, water-onttrekking, uitspoeling van voedingsstoffen en verontreiniging (toepassing van insecticiden, pesticiden en fungiciden bij monoculturen) Arbeidsomstandigheden in productielanden Fosfor is een schaars mineraal
Processen	Veel biobased processen zijn nog relatief duurder dan fossiel Veel bulkprocessen zijn ingericht voor fossiel, met name aanpassing van deze processen is zeer kostbaar (en kan dan niet worden terugverdiend) Beperkte voorbehandeling en infrastructuur in exportlanden	Veel processen zijn nog in ontwikkeling (vaak omdat ze nog niet economisch haalbaar zijn)	Afhankelijk van het productieproces geeft bio-massa soms zelfs meer CO ₂ -emissie dan fossiele alternatieven
Output	Kostprijs van energie en materialen vanuit bio-massa vaak economisch (nog) niet rendabel	De kwaliteit en levensduur van biobased materia-len zijn vaak (nog) niet voldoende en mogelijk kan biologische afbreekbaarheid vergroot worden Marktontwikkeling van nieuwe biobased chemi-caliën en polymeren vergt een forse inspanning om de technologie en de markt te ontwikkelen (high risk, high reward)	

Onderzoeksprogramma's

Zowel de VNCI als de Regiegroep Chemie zet sterk in op de ontwikkeling van biobased. Er zijn verschillende Nederlandse en internationale onderzoeksprogramma's op dit gebied (zie bijlage III).

4.3 TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN IN VERVANGING VAN FOSSIELE GRONDSTOFFEN

Om de ambitie op het gebied van productie van biobased bouwblokken en eindproducten waar te maken, zal nog veel verder (uit)ontwikkeld moeten worden. Ook zullen nieuwe waardeketens met andere stakeholders (industrieën) ontwikkeld moeten worden voor de productie van bestaande bouwstenen, nieuwe bouwstenen en nieuwe biobased polymeren (met nieuwe eigenschappen/functionaliteiten). Een verdergaande samenwerking met de agro-industrie is een belangrijk voorbeeld daarvan. Daarbij is een voorwaarde dat er intelligente keuzes worden gemaakt wat betreft selectie van grondstoffen en processen, met inachtneming en afweging van duurzaamheidscriteria.

In tabel 12 is weergegeven welke verdere ontwikkelingen aan biomassa plaats kunnen vinden. Deze ontwikkelingen kunnen eventueel als onderwerp voor de routekaart worden opgenomen.



TABEL 12: ONTWIKKELINGSRICHTINGEN DIE EVENTUEEL IN DE ROUTEKAART OPGENOMEN KUNNEN WORDEN

Toekomstige ontwikkelingen	Oplossingsrichting
✓ Ontwikkelen (nieuwe) processen	Ontwikkelen van processen die hoge efficiëntie in de keten mogelijk maken voor bioraffinage, fermentatie, thermochemische processen en biocascadering, met name voor bijproducten. Ontwikkelen van kleine biogasinstallaties (klein, innovatief, risico's managen). Innovatie van membraantechnologie en (bio)katalyse. Dit biedt ook kansen voor nieuwe investeringen in fabrieken. Ontwikkelen van biogasgrid.
✓ Goede selectie van grondstoffen en processen	Goed selecteren van biobased grondstoffen en processen (keten) aan de hand van LCAs (life cycle assessments) met o.a. lage CO ₂ -emissie, landgebruik en concurrentie met voedsel; objectieve analyse van voor- en nadelen van biomassa. Ontwikkeling van inkoopcriteria (certificering) voor 'duurzame' biomassa kan daaraan bijdragen. Daarnaast moet er in de selectie van biomassa rekening mee worden gehouden dat het een grote potentie voor de Nederlandse economie kent.
✓ Ontwikkelen biobased chemicaliën en materialen	Ontwikkelen van meer varianten van biobased chemicaliën en materialen (juiste molecuul voor de juiste toepassing), met langere levensduur en afbreekbaar.



5. Oplossingsrichting 3: Carbon Capture and Storage

5.1 INTRODUCTIE EN AFBAKENING

Doelstelling Voorstudie: identiek aan doelstelling Regiegroep

Doelstelling Regiegroep Chemie: 2 miljoen ton CO₂ afgevangen en opgeslagen

Carbon Capture and Storage (CCS) is het afvangen en opslaan van koolstofdioxide (CO₂). De twee belangrijkste systemen om CO₂ af te vangen, zijn²⁴:

1. Afvangen van CO₂ na verbranding (post combustion capture), uit rookgassen die ontstaan na het verbranden van (fossiele, maar ook bio) brandstoffen, zoals olie, gas en kolen. Dit is technisch het eenvoudigst en goedkoopst, omdat de CO₂ sterk geconcentreerd is.

2. Afvangen van CO₂ na vergassing van zowel fossiele als biobased grondstoffen. Hierbij ontstaat een mengsel van waterstof (H₂) en koolstofdioxide (CO₂), waarna afscheiding van de CO₂ mogelijk is.

Na afvangen wordt CO₂ getransporteerd naar een geschikte locatie via leidingen of mogelijk in de toekomst voor grote afstanden via schip. CO₂ wordt eerst samengeperst door een compressor tot een vloeistof (let wel: daar is wel weer energie voor nodig, met name voor kleinschalige installaties). CO₂ wordt vervolgens diep onder de grond ingebracht, vaak 2 tot 3 kilometer diep, in voor gas ondoordringbare grondlagen. Dit kunnen bijvoorbeeld lege gas- en olievelden zijn (in deze velden heeft al miljoenen jaren olie of gas gezeten zonder te lekken).

CCS wordt gezien als een tijdelijke maatregel (75-100 jaar) die nodig is voor de overgangsfase naar een duurzame samenleving. CO₂-opvang en -opslag zijn geen bronaanpak, maar een symptoombestrijding. CCS-oplossingen moeten er niet voor zorgen dat er bijvoorbeeld extra wordt ingezet op verbranding (van bijvoorbeeld plastics) om zo goed CO₂ op te vangen. CCS zal uiteindelijk overbodig moeten worden door ontwikkeling van andere duurzame (energie) oplossingen. CO₂ kan later wellicht weer als grondstof gebruikt worden voor fabricage van materialen of als grondstof in kassen.

Een van de grote problemen van CCS is de gepercipieerde veiligheid. In Nederland is al veel ervaring opgedaan met gastransportleidingen en scenario's van eventuele lekkages. De veiligheidssystemen zijn geavanceerd en de veiligheidseisen zijn hoog. Op basis van dit alles wordt de kans op ongelukken door de deskundigen als zeer klein ingeschat²⁵. Toch twijfelen burgers en politici sterk aan de veiligheid van CCS op dit moment.

Op dit moment zijn Chemelot en Dow locaties de grootste CO₂ producenten vanuit de chemie. Echter raffinaderijen en energiecentrales zijn in dit kader veel groter en dus belangrijker.

Afbakening

Ook wat CCS betreft, is de afbakening van belang. De meeste CCS-units en -infrastructuur zullen bij energiebedrijven worden gebouwd, waar op grote schaal CO₂ kan worden afgevangen (bijvoorbeeld bij het vergassen van kolen met een geconcentreerde stroom CO₂). Wat de chemische sector betreft, kan CCS worden toegepast bij on-site energieopwekking (meestal in een WKK-unit), maar dat gaat vaak om een joint venture met een energiebedrijf. CO₂-afvang kan in dat geval slechts gedeeltelijk worden toegeschreven aan de chemie. Grootschalige CO₂-afvang is mogelijk bij synthegasbereiding (een kraakproces, bijv. kolenvergassing). Met name bij de productie van waterstof wordt veel CO₂ geproduceerd. Dit valt echter grotendeels binnen de raffinagesector en kan dus ook niet worden toegeschreven aan de chemie. Ook een aandachtspunt (dat buiten de focus van deze voorstudie valt) is het affakkelen

van gas bij olie-exploitatie, waarbij veel CO₂ wordt geproduceerd (door verbranding van methaan en ethaan) zonder energierugwinning.

Mogelijk kan synthegas dat wordt geconverteerd in methanol (ook een chemische bouwsteen), deels worden toegeschreven aan de chemie. Gezien de beperkte mogelijkheden om CCS grotendeels of gedeeltelijk aan de chemie toe te schrijven, zal het realiseren van de ambitie (2 miljoen ton CO₂ per jaar) niet eenvoudig zijn. Aan de andere kant zou CO₂-uitstoot zo veel mogelijk voorkomen moeten worden en zou CCS noodzakelijk kunnen zijn om de doelstelling van deze voorstudie te realiseren. In dat geval zal er mogelijk meer dan 2 miljoen ton CO₂ moeten worden afgevangen en opgeslagen door de chemische sector. In een mogelijke routekaart (vervolg) zal dit verder onderzocht kunnen worden.

Kortom het gaat bij CCS en de chemie om die projecten die vanaf een puntbron naar een dichtstbijzijnde veld getransporteerd zou moeten worden. Op het projectenlijstje van de chemie komen dan waarschijnlijk een aantal investeringsprojecten vanaf een plant naar een aansluiting op een grid.

Daarnaast kent de Nederlandse chemie een 2 tal plants met salpeterzuurbereiding. Hierbij komt lachgas als bijproduct vrij, dat een broeikasgaseffect heeft dat 310 keer groter is dan dat van CO₂. Dit lachgas wordt afgevangen en geneutraliseerd en daarmee zijn reeds 4,3 miljoen ton CO₂-equivalenten bespaard (t.o.v. 2005).

5.2 WAT WORDT AL AAN CCS GEDAAN?

CCS is een bewezen techniek die veel in de wereld wordt toegepast. Wereldwijd zijn er zo'n 5.000 putten waarin CO₂ wordt opgeslagen (hoewel in veel gevallen primair om olie naar boven te drijven). Nederland heeft een goede uitgangspositie, omdat een grote opslagcapaciteit aanwezig is (in bijvoorbeeld lege gas- of olievelden), de nodige technische kennis voorhanden is (er is bijvoorbeeld al ervaring met aardgasvelden opgedaan), en de middelen om CCS uit te voeren, aanwezig zijn. Op dit moment wordt al 0,4 miljoen ton CO₂ opgeslagen en getransporteerd voor gebruik in Nederlandse kasteelt.

Met uitzondering van het Groningen-gasveld is ongeveer 1.600 miljoen ton opslagpotentieel in de gasreservoirs aanwezig. Ter vergelijking: een grote kolencentrale stoot per jaar ongeveer 5 Mt CO₂ uit. Het Groningen-gasveld alleen heeft een CO₂-opslagpotentieel van ongeveer 7.500 miljoen ton als het veld eenmaal aan het eind van zijn productie gekomen is²⁷.

Het bekendste project is CCS in Barendrecht. In november 2009 is door de ministers van VROM en EZ besloten om door te gaan met de voorbereidingen voor CO₂-opslag in Barendrecht. Dit moet gefaseerd gebeuren; in de eerste fase (2012 - 2015) zal 0,8 miljoen ton CO₂ worden opgeslagen en komt er een grondige analyse. In de tweede fase (vanaf 2015) zal 9 miljoen ton CO₂ worden opgeslagen. Dit project is op veel weerstand gestuit. Definitieve besluiten over CO₂-opslag onder Barendrecht zijn zeer recentelijk genomen en daarmee lijkt dit project van de baan.

Op dit moment staan er in Nederland enkele belangrijke grid- en opslagprojecten op stapel:

- Het eerste project is CCS in Noord-Nederland. Er zijn door het kabinet drie (bijna) lege gasvelden aangewezen om door bedrijven (mogelijk) CCS toe te passen: Boerakker (Groningen), Eleveld (Drenthe) en Sebaldeburen (Groningen).
- Het tweede project wordt uitgevoerd door het Rotterdam Climate Initiative (RCI). Hier wordt een nieuw grootschalig opslagproject op zee voorbereid (ROAD geheten). Het rapport 'CCS in Rijnmond 2009' stelt vast dat er in 2025 capaciteit zal zijn om jaarlijks 20 miljoen ton CO₂ op te slaan tegen € 40 tot € 70 per ton CO₂. Dit project wordt ondersteund door E.ON Benelux, Electrabel en GDF Suez. Een eerste Europese subsidie van € 150 miljoen is gehonoreerd om 1,1 miljoen ton CO₂ per jaar af te vangen bij een kolencentrale van E.ON op de maasvlakte.
- Op zee loopt sinds 2004 met succes een kleinschalig opslagproject in het zogenaamde K12-B-veld. In dit gasveld wordt CO₂ gescheiden van het gas en wordt het

weer geïnjecteerd in het gasveld²⁹. In 2009 was er 60.000 ton CO₂ opgeslagen.

- Ook lopen er enkele projecten bij op enkele chemische en energie plants (bijvoorbeeld op Chemelot loopt een project, hoewel tijdelijk stopgezet).

Een hogere prijs van CO₂, die mogelijk door een wereldwijd pricing systeem verder kan stijgen, zal het aantal CCS projecten ook sterk kunnen doen toenemen. Kostprijs voor CCS is bij veel projecten rond de € 50 tot € 60 per ton CO₂; indien de prijs van CO₂ daar in de buurt komt, zijn projecten steeds rendabeler.

Onderzoeksprogramma's

Er zijn verschillende onderzoeksprogramma's die bijdragen aan het sluiten van de materiaalketen (bijlage III).

5.3 WAT KAN ER NOG VERDER WORDEN ONTWIKKELD?

Tabel 13 geeft weer wat er nog verder ontwikkeld kan worden en eventueel als onderwerp voor de routekaart kan worden opgenomen.

TABEL 13: ONTWIKKELINGSRICHTINGEN DIE EVENTUEEL IN ROUTEKAART OPGENOMEN KUNNEN WORDEN

Wat verder ontwikkelen?	Oplossingsrichting
<p>✓ Kosten effectieve oplossing voor gebruik CO₂ als grondstof</p>	<p>Door slimme oplossingen te bedenken, kan CO₂ als grondstof dienen voor bijvoorbeeld bereiding van barnsteenzuur, katalytische insertie van CO en CO₂ (insertie van epoxides tot esters of carbonaten). CO₂ als grondstof voor algen voor productie van chemische bouwstenen en biobrandstoffen. CO₂ als grondstof voor planten (in kassen). Vanuit MIT is recentelijk een bericht verschenen waarin CO₂ als grondstof wordt gebruikt in de bereiding van bouwmaterialen. Het is een van de pogingen om CO₂ te binden via mineralisatie. Het gen van een schelp (abalone), dat verantwoordelijk is voor de aanmaak van schelpmateriaal (calciumcarbonaat) wordt geplugd in een gist (genetische modificatie) Van nature maakt de ongemodificeerde gist geen calciumcarbonaat aan. Op deze wijze wordt dus eigenlijk op kunstmatige wijze kalk gemaakt waaruit bouwmaterialen kunnen worden gemaakt.</p>
<p>Prijs van CO₂-afvang, transport en opslag verlagen</p>	<p>Mogelijk lager door schaalgrootte en nieuwe technische oplossingen voor energieopwekking: oplossingen voor kleinschalige chemische installaties.</p>
<p>Exportmogelijkheden onderzoeken</p>	<p>De uitstoot van CO₂ heeft nu (binnen ETS) een prijs van €10-15/ton, maar kan tot 2020 mogelijk doorstijgen naar €30-40/ton. Het is mogelijk dat op termijn de kosten van het uitstoten van CO₂ hoger zijn dan de kosten van het afvangen en opslaan (hoewel dit wordt geschat op circa €60/ton). CO₂-opslag voor bv. Duitsland (waar zelf beperkte mogelijkheden zijn) zou dan interessant kunnen worden. De vraag is of dit gestimuleerd zou moeten worden.</p>





6. Oplossingsrichting 4: Sluiten van de materiaalketen

6.1 INTRODUCTIE EN AFBAKENING

Doelstelling voorstudie: 40 PJ (komt overeen met doelstelling Regiegroep)

Doelstelling Regiegroep: Recycling van materiaalstromen binnen de waardeketen met een geschat resultaat van 80 PJ minder grondstoffenbehoefte met navenante CO₂-uitstootverlaging

Recycling van materiaalstromen binnen de waardeketen kan gezien worden als het sluiten van de materiaalketen. Dat betreft het recyclen (of terugbrengen in de materiaalketen) van producten, onderdelen, materialen én mineralen na de gebruiksfase (end-of-life solution). Duurzaam materiaalgebruik wordt steeds belangrijker. In 2030 zal er door groeiende schaarste van grondstoffen (ertsen, mineralen, aardolie en aardgas) een toenemende druk zijn om producten te recy-

clen. In overeenstemming met de cradle-to-cradle gedachte zal de keten zo volledig mogelijk moeten worden 'gesloten'. Dit houdt in dat alle producten, onderdelen en materialen volledig opnieuw zijn te gebruiken (of: te herbruiken) voor nieuwe producten of biologisch afbreekbaar zijn. Bij hergebruik mag liefst geen downcycling optreden (= leidend naar producten met een lagere toegevoegde waarde), wat betekent dat de eigenschappen van het gerecyclede materiaal niet minder mogen zijn dan de virgin-materialen. Bij biologisch afbreekbaar materiaal betreft het materialen die (relatief) snel kunnen worden opgenomen in het natuurlijke ecosysteem. Dit betekent ook dat er een nieuw deel van keten bijkomt (na gebruik van het product); het inwinnen van producten, onderdelen, materialen en mineralen, het demonteren (van producten en onderdelen) en scheiden (mogelijk tot op materiaalniveau) en het herwinnen zodat de grondstof weer ingezet kan worden voor nieuw materialen en produc-

ten (zie bijlage V voor meer informatie). Dit betekent dat er aan de volgende voorwaarden voldaan dient te worden.

Om de keten te sluiten, is energie nodig. Het recyclen van materiaal kan omgerekend naar energie-efficiëntie en CO₂-uitstoot positief uitvallen. De GER-waarden (embodied energie om een materiaal te produceren) van gerecycled materiaal zijn in de meeste gevallen gunstiger (minder energie benodigd) dan voor de productie van virgin-materialen. Dat wordt versterkt door het schaarser worden van mineralen, waardoor in toenemende mate energie nodig is om de mineralen te winnen. Het sluiten van de keten bespaart dus op grondstofverbruik en (vaak) op energieverbruik.

De belangrijkste recyclingtechnieken zijn mechanische, fysische en chemische recycling.

Mechanische of fysische recycling wordt uitvoerig toegepast bij productieafval. Dit is mogelijk wanneer voldoende homogene hoeveelheden afval beschikbaar zijn. Scheidings-technieken bestaan reeds voor de belangrijkste afvalstromen.

Met chemische recycling wordt een aantal procedés bedoeld waarmee de polymeermoleculen, waaruit een product is opgebouwd, worden opgesplitst in kleinere moleculen (depolymerisatie). Dit zijn ofwel monomeren, die direct kunnen worden gebruikt om nieuwe polymeren te

produceren, ofwel andere stoffen, die elders kunnen worden gebruikt als grondstof voor processen van de chemische basisindustrie.

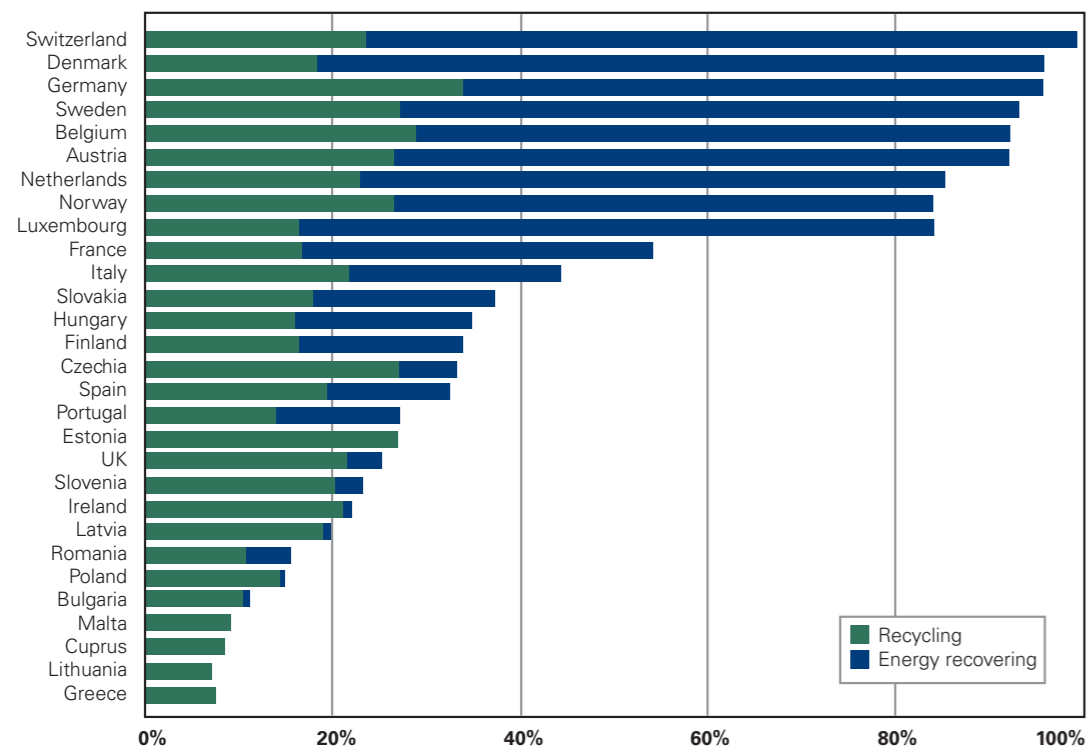
Thermische recycling is bij uitstek geschikt om gemengde afvalstromen te kraken tot elementaire grondstoffen (bijv. syngas). Het scheiden van deze afvalstromen in deelstromen - geschikt voor mechanische, chemische of fysische recycling - is te duur

6.2 WAT WORDT AL GEDAAN AAN HET SLUITEN VAN DE MATERIAALKETEN?

Afhankelijk van het materiaal en de sector wordt nu al (veel) gerecycled. Met name kunststof is een materiaal dat voor veel toepassingen wordt gebruikt. Figuur 9 laat zien dat op dit moment in Nederland slechts circa 14% van de kunststoffen weglegt (stort of marine litter). Er blijft nu 22% in de kringloop. Het leeuwendeel van de materiaalstroom, circa 64%, gaat naar de 'gebruik energie terugwinning of energy recovery'.

TABEL 14: VOORWAARDEN OM DE KETEN 'TECHNISCH' TE SLUITEN

Productontwerp (voor nieuwe producten)		Nieuw deel van de keten (voor nieuwe en bestaande producten)		
Materiaal	Productontwerp	Inwinnen	Demonteren/scheiden	Herwinnen (terugwinnen?)
Nieuwe (pure) of gemakkelijk te scheiden grondstoffen en transparantie naar rest keten	Gemakkelijk demonteren en identificeren (voor inwinning) o.a. door modulariteit en beperken materiaalsoorten in product (design for disassembly)	Aparte retourstroom (ophalen) of efficiënt onttrekken uit totale afvalstroom	Nog verder demonteren van producten en meer onderdelen hergebruiken	Grondstof en/of materiaal herwinning uit onderdelen

FIGUUR 9: PERCENTAGE RECYCLING EN ENERGIE TERUGWINNING VAN KUNSTSTOFFEN IN EUROPA³⁰

Barrières

De twee belangrijkste barrières voor het sluiten van de keten zijn kosten en technologie. Veel is technologisch al mogelijk, maar economisch nog niet aantrekkelijk. Door tijdens de productontwikkeling rekening te houden met de recyclebaarheid (= design for disassembly) kan er veel winst worden behaald. Door toepassing van minder kunststoffen, die eenvoudiger zijn te demonteren, wordt het aantal recyclestromen fors gereduceerd en vergemakkelijkt. Het te recyclen materiaal moet dan ook nog geschikt gemaakt worden voor recycling en mag derhalve geen additieven bevatten die dit bemoeilijken. Tenzij het additieven betreft die recycling bevorderen.

Aanvankelijk kan dit leiden tot een verhoging van de kosten om het eindproduct (bijv. een apparaat) te maken, maar uiteindelijk zal het netto economisch gunstiger worden als ook de kosten van recycling moeten worden verdisconteerd. Het is de verwachting dat door voortschrijdende ontwikkelingen op het gebied van scheidingstechnologie de materialen/grondstoffen efficiënter en effectiever kunnen worden herwonnen uit de retourproducten. Daarnaast kunnen door

schaalvergroting in retourlogistiek, demonteren/scheiden en herwinning economies of scale ontstaan, die de kosten verder laten zakken.

Er zijn ook enkele andere barrières op de weg naar een gesloten materiaalkringloop:

- Als recycling echt de huidige productie van plastics (deels) gaat vervangen, staat dat haaks op de huidige businessmodellen van veel bedrijven en kan dit voor vermindering van capaciteit van bestaande installaties zorgen.
- Hergebruik is niet altijd per definitie qua energiegebruik gunstiger. Het maken van goede LCA's is de basis voor juiste beslissingen.
- Design is vaak primair gericht op vormgeving en functionaliteit, niet op design for disassembly, noodzakelijk om recycling economisch mogelijk te maken.

Onderzoeksprogramma's

Er zijn verschillende onderzoeksprogramma's die bijdragen aan het sluiten van de materiaalketen (bijlage III).

6.3 WAT KAN NOG VERDER WORDEN ONTWIKKELD?

Veel producten eindigen na de gebruiksfase dus nog in de verbrandingsovens (met energie recovery). Daarnaast zijn de meeste recyclingprocessen alleen gericht op een 'second life'. Om een gesloten materiaalketen te realiseren, is dus nog veel ontwikkeling nodig.

TABEL 15: ONTWIKKELINGSRICHTINGEN DIE EVENTUEEL IN ROUTEKAART OPGENOMEN KUNNEN WORDEN

Wat verder ontwikkelen?	Oplossingsrichting
Ontwikkeling recyclingprocessen	Eigen processen gereedmaken voor (chemische, fysische en mechanische) recycling; meer R&D in recycling. Naftakraker, die van polymeren weer monomeren maakt (op dit moment nog erg duur en energie-intensief).
Ontwikkeling nieuwe materialen	Ontwikkelen van nieuwe (pure) of gemakkelijk te scheiden en te recyclen/upcyclen grondstoffen en transparantie naar rest van de keten. Van 'second life' naar 'more after lives'.
Ketenaanpak	Ontwikkelen van ketendenken ook voor materialen en grondstoffen (naast energie). Meedenken met productontwikkelaars van klanten (bv. rubber, lijm en kunststofindustrie) over design for disassembly en recycling (maar ook langere levensduur) voor zowel bio- als fossilbased materialen, en LCA's maken om verbeteringen aan te tonen. Afspraken maken met afvalverwerkers. Laagdrempelige systemen voor inwinning materiaal. Samenwerking tussen agro, papier en chemie. Businessmodel voor (optimale) keten, investeringen en opbrengsten over de keten Casussen uitwerken, bv. fabriek van de toekomst (een C2C-fabriek).
Organisatie	Oprichting van Dutch Chemicals and Polymer Recycle/Upcycle Institute.
Wetgeving	Belemmerende wetgeving m.b.t. hergebruik afval opheffen/aanpassen.

7. Oplossingsrichting 5: Duurzame producten bij de eindgebruiker

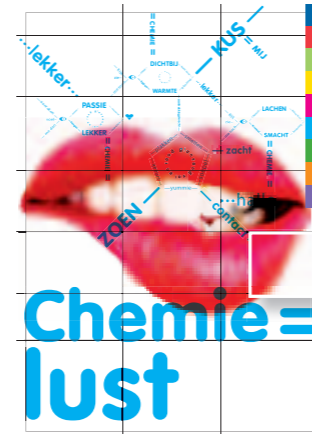
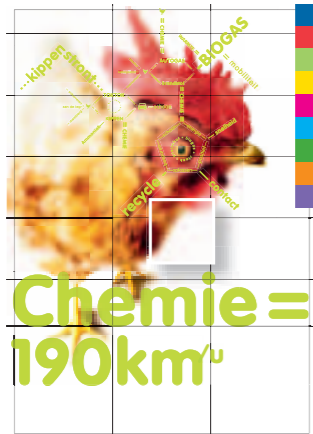
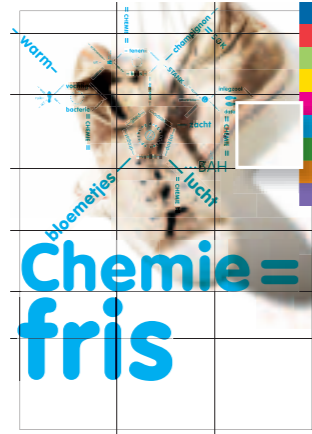
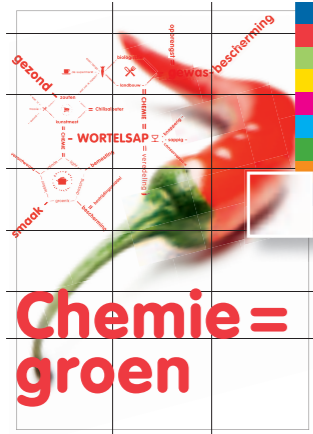
7.1 INTRODUCTIE EN AFBAKENING

Doelstelling voorstudie: 79 PJ

De chemie kan door ontwikkeling van nieuwe materialen en processen een enabler zijn van duurzaamheid, omdat 'verderop' in de keten producten energiezuiniger zijn of langer meegaan. Door innovatieve materialen zijn er grote winsten te behalen op het energie- en materiaalgebruik (en andere duurzaamheidsindicatoren) van producten gezien over de hele levenscyclus (LCA). Dit heeft (meestal) ook een lagere CO₂-uitstoot over de levenscyclus van het product tot gevolg.

Voorbeelden van producten die leiden tot CO₂-reductie in hun toepassing, mede mogelijk gemaakt door de chemische industrie, zijn:

- Transportmiddelen (lichtgewicht constructies voor auto's en vliegtuigen, smeermiddelen en verlaging fricties, motorefficiëntie, lager brandstofverbruik door toepassing van speciale coatings bij schepen, die algen- en schelpengroei verhinderen).
- Bouw (isolatie gebouwen, recyclebare bouwmaterialen).
- Agrofood (voedsel supplementen, meststoffen en gewasbescherming, voedselproductie-efficiëntie, waardoor minder CO₂ wordt uitgestoten voor dezelfde hoeveelheid voedselproductie).
- Verpakkingen (duurzamere voedselverpakkingen en daardoor langere houdbaarheid, wat meestal leidt tot lagere CO₂-uitstoot).



- Consumer goods (elektrische componenten met lagere energiebehoefte, isolatie koelkasten, lage temperatuur wasmiddelen).
- Elektriciteit (smart grid, solar power (organische polymeren) en windturbines dragen bij aan duurzame energieopwekking).
- Licht (LED en CFL; compact fluorescent lighting).

Uit de voorbeelden kan worden geconcludeerd dat de chemie op de volgende manieren een enabler is van duurzamere producten:

- Door producten te maken die (1) in de gebruiksfase minder energie gebruiken (bijvoorbeeld door nog meer toepassingen van lichte en sterke kunststoffen in bewegende objecten; light weight structures in auto's/vliegtuigen/treinen, lichter construeren of het reduceren van energieverlies door isolatie en lagere wrijving), (2) door duurzame energieopwekkingssystemen of

(3) integratie van onderdelen (minder energie om te produceren).

- Door de technische levensduur van producten te verlengen: langer mee kunnen gaan, betekent minder materiaalgebruik en energieverbruik. Bijvoorbeeld toevoeging van polymeren aan rubber van autobanden: levert energie- en grondstofwinst doordat de banden minder snel slijten (en dus minder snel vervangen hoeven te worden).
- Door kunststoffen te gebruiken in plaats van concurrerende materialen, omdat het aantoonbaar minder energie kost om het product te maken (GER-waarden), aantoonbaar minder energie kost over de gehele levenscyclus van een product inclusief recyclen (LCA), aantoonbaar goed level-graded of upgraded recyclebaar is (cradle-to-cradle) en REACH-gecertificeerd (zoals de GFRP-composietbrug).

7.2 WAT WORDT AL GEDAAN AAN ENABLING VAN DUURZAME PRODUCTEN?

Uit een analyse in opdracht van de ICCA (International Council of Chemical Associations), uitgevoerd door het Öko-Institut en McKinsey, bleek dat de chemische industrie 6,9 tot 8,5 Gt CO₂ bespaart (meer dan de 3,3 Gt CO₂ die door de chemische industrie zelf wordt uitgestoten!), doordat producten duurzamer zijn³¹. In deze studie zijn de LCA's gemaakt van de benodigde energie en CO₂-uitstoot van een product over de gehele levensfase van meer dan honderd producten vergeleken met het second best alternatief vanuit duurzaamheidsoptiek (de voorbeelden in de vorige paragraaf genoemd, zijn allemaal meegenomen). De redenering is: als er geen chemiesector was geweest, wat was dan het gevolg voor de LCA's van de producten?

Het blijft wel de vraag in welke mate de gerealiseerde besparing toe te schrijven is aan de chemiesector alleen (wat in de studie van de ICCA wel het geval is). Wellicht is het fair om de investering in de nieuwe ontwikkelingen per keten-speler te bepalen en daarmee de reductie in energie of CO₂

toe te schrijven. Agentschap NL heeft hiervoor nu een opzet van een verdeelsleutel gemaakt. In het vervolg, de routekaart, zou die verder uitontwikkeld kunnen worden.

Onderzoeksprogramma's

Er zijn verschillende onderzoeksprogramma's die bijdragen aan het sluiten van de materiaalketen (bijlage III).

7.3 WAT KAN NOG VERDER WORDEN ONTWIKKELD?

Veel producten die verder op in de keten duurzamer zijn, kunnen ook bijdragen aan een hogere opbrengst of een beter imago (MVO 2e orde). Daardoor is er een markt drive om duurzamere producten te ontwikkelen, maar (veel) hogere kosten kunnen niet altijd vermarkt worden. Daarom is extra stimulering gewenst, met name het samenwerken met klanten, zodat de chemie de rol van enabler van duurzame producten waar kan maken.

TABEL 16: ONTWIKKELINGSRICHTINGEN DIE EVENTUEEL IN ROUTEKAART OPGENOMEN KUNNEN WORDEN

Wat verder ontwikkelen?	Oplossingsrichting
Rol van enabler van duurzame producten	Samenwerken met productontwikkelaars van klanten om eisen aan materialen en chemicaliën scherp te krijgen. Producten ontwikkelen met langere levensduur, beter recyclebaar. Ontwikkelen van duurzame producten, zoals energie (zonnecellen), lichtgewicht, zo weinig mogelijk materiaal. Businessmodel voor (optimale) keten, investeringen en opbrengsten over de keten. LCA's met alle ketenspelers maken en optimaliseren van energiegebruik.
Standaardisatie LCA en goed toerekenen milieu- opbrengsten	Standaardisatie LCA's en op juiste manier toerekenen van milieuopbrengsten verder in de keten (dit komt vaak niet bij de bulkproductie terug (te ver van eindproduct af), vaak nog wel bij special material producent).
Consumenten	Economisch klimaat/consumenten bewustmaken van duurzaamheid.



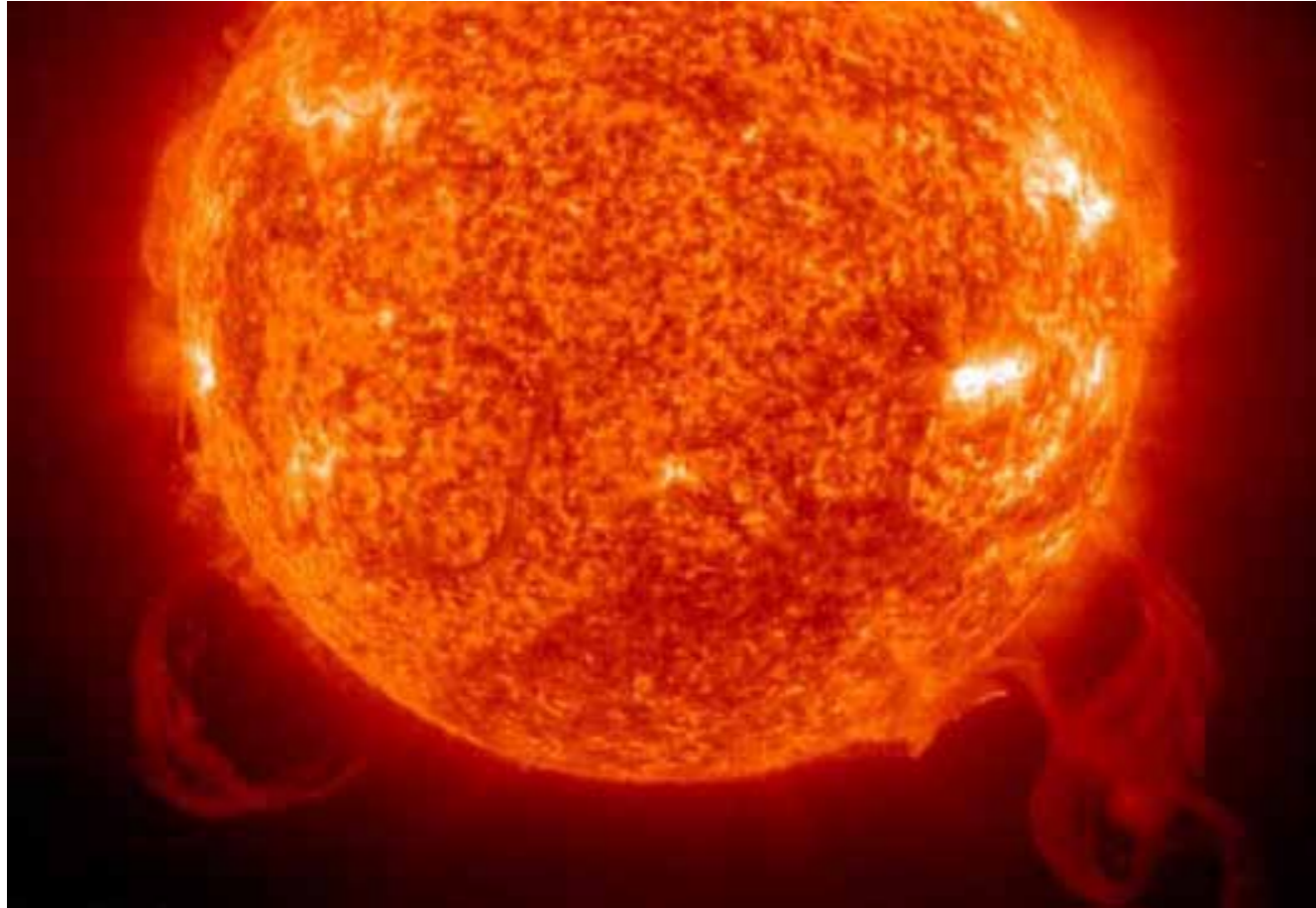
8. Oplossingsrichting 6: Duurzame energie

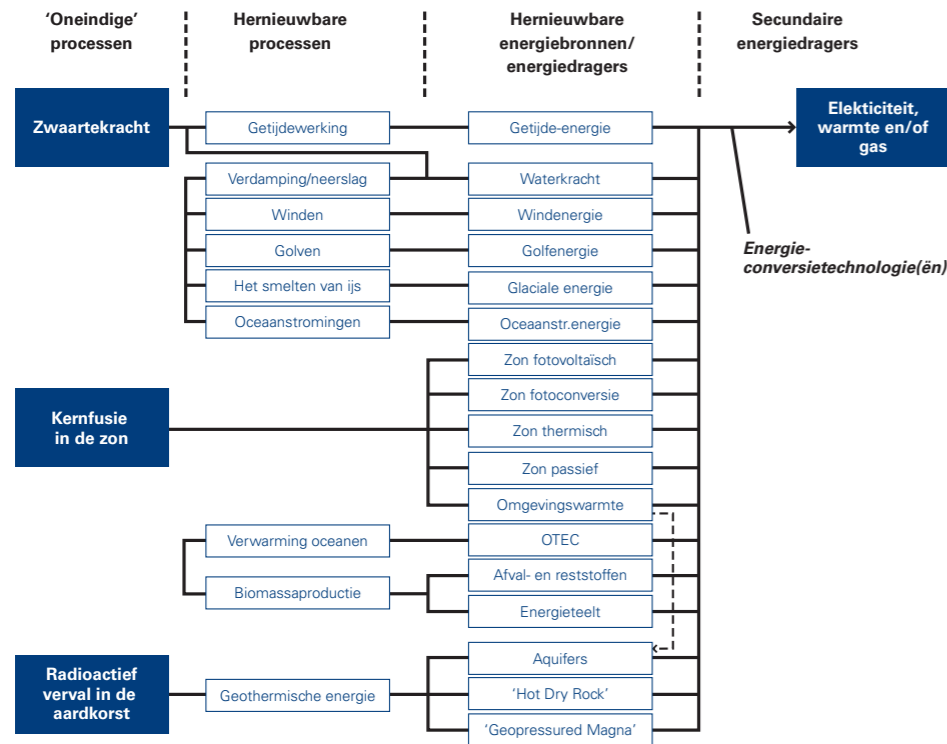
8.1 INTRODUCTIE EN AFBAKENING

Doelstelling voorstudie: 52 PJ

De laatste oplossingsrichting is het gebruikmaken van duurzame energiebronnen. Duurzame bronnen veroorzaken geen CO₂-uitstoot of hoogstens die van kortcyclische CO₂.

Er is vrijheid van keuze welke duurzame bron ingezet kan worden. Hierna geven we een overzicht van de mogelijke duurzame energiebronnen:



FIGUUR 10: MOGELIJKE DUURZAME ENERGIEBRONNEN³²

Het gebruik van duurzame energiebronnen tijdens het productieproces kan op twee manieren. Of er wordt zelf duurzame energie opgewekt, of de duurzame energie wordt ingekocht. Beide manieren tellen mee voor besparing van energie volgens het MJA. Echter, wat CO₂-reductie betreft, is dat niet het geval. Als er duurzame energie wordt ingekocht, telt de reductie van CO₂-uitstoot mee voor de producent (vaak het energiebedrijf). Mogelijk zou daar in de toekomst op basis van Garanties van Oorsprong (GVO) ook een deel bij de afnemer kunnen vallen. In de routekaart zou deze mogelijkheid verder onderzocht kunnen worden. De andere mogelijkheid, zelf duurzame energie opwekken (al dan niet in een joint venture met een energiebedrijf), telt qua CO₂-reductie alleen mee als er al door het bedrijf zelf energie wordt opgewekt en die opwekking wordt vervangen door duurzame bronnen (bijvoorbeeld door gebruik van biomassa).

De belangrijkste reden om duurzame energie in te kopen, is om het marktmechanisme op gang te brengen, waardoor energiebedrijven goedkoper duurzame energie kunnen produceren. Duurzame energie is op dit moment nog

(veel) duurder dan conventionele energieopwekking. Indien de chemie gezamenlijk duurzame energie inkoop, zal dat een zeer grote buying power tot gevolg hebben en wordt de verduurzaming van energie sterk in gang gezet. Dat zou mogelijk ook het proces kunnen versnellen om een deel van de CO₂-reductie aan de afnemer toe te schrijven.

8.2 WAT WORDT AL GEDAAN AAN DUURZAME ENERGIEOPWEKKING EN -INKOOP?

Het opwekken en inkopen van duurzame energie wordt al volop gedaan. De totale besparing die de deelnemers aan MJA3 (37 bedrijven) in 2008 met duurzame energie bereikten, bedraagt 1.194 TJ. Dat is een extra besparing ten opzichte van 2007 van 181 TJ. Van de totale besparing is 284 TJ gerealiseerd door zelf energie op te wekken uit afval en biomassa, en 910 TJ met ingekochte duurzame energie. Hiervan is 633 TJ duurzame warmte van een AVI. Het overige deel is groene stroom.

Hoewel het inkopen van duurzame energie al voorkomt, zijn de hoge kosten hiervan vaak nog een barrière. Zonder een duidelijke overheidsondersteuning (SDE) worden de business cases niets. De terugverdientijden van bijvoorbeeld zonnecellen zijn lang. Dan is het meestal economisch interessanter om energie-efficiëntieprojecten uit te voeren.

Onderzoeksprogramma's

Er zijn verschillende onderzoeksprogramma's die bijdragen aan het sluiten van de materiaalketen (bijlage III).

8.3 WAT KAN NOG VERDER WORDEN ONTWIKKELD?

Wat het zelf produceren of inkopen van duurzame energie betreft, kunnen vooral organisatorische veranderingen in gang worden gezet (zie tabel 17).

TABEL 17: ONTWIKKELINGSRICHTINGEN DIE EVENTUEEL IN ROUTEKAART OPGENOMEN KUNNEN WORDEN

Wat verder ontwikkelen?	Oplossingsrichting
Duurzame energie inkopen	Beïnvloeden wetgeving rond inkoop duurzame energie (GVO's), zodat CO ₂ -reductie deels aan afnemer wordt toegeschreven, Organiseren buying power sector, Onderhandelen met energiesector over prijsstelling en GVO's,
Duurzame energie zelf opwekken	Subsidies/SDE-regelingen consistentier.





9. Routekaart

9.1 NUT EN NOODZAAK

Nut en noodzaak van een routekaart voor de chemische sector is eigenlijk buiten kijf. Zowel op het een aantal duurzaamheidsdoelstellingen materiaal-, energie- en CO₂-reductie, en op het gebied van de belangrijkheid voor de Nederlands economie kan de chemie een significante bijdrage realiseren in de komende 10 jaren.

Chemie heeft een sleutelrol; omdat ze zelf grootgebruiker is en daar veel op hun verbruik en emissie kunnen besparen, over kunnen schakelen naar biobased en een enabler zijn van duurzaamheid verderop in de keten. In totaal kan er 402 PJ, resulterend in 31,5 miljoen ton CO₂ worden gereduceerd in het jaar 2030.

Richten, inrichten en verrichten

Een grootschalig programma waarin meerdere partijen een rol spelen kent in algemeenheid drie fasen, te weten:

1. *de richtfase* waarin de ambitie en de algemene doelstellingen van het programma worden bepaald en op realistische haalbaarheid worden gecheckt. Deze voorstudie bestrijkt normaliter een klein deel van de totale doorlooptijd.
2. *de inrichtfase* waar het gaat om: welke projecten precies gaan bijdragen en wanneer, het realiseren van de juiste randvoorwaarden, het wegnemen van drempels/risico's voor succes en het organiseren van de juiste bemensing om het programma daadwerkelijk uit te voeren. Met wie gaan we de verrichtfase doen? In deze inrichtfase wordt een concreet plan opgesteld (een routekaart) voor de uitvoering en vergt meestal meer

doorlooptijd dan de richtfase. (in dit geval 2011) maar is nog steeds kort vergeleken met de verrichtfase.

3. *de verrichtfase* (periode 2012-2030), die ten doel heeft om de activiteiten die in de inrichtfase zijn afgesproken volgens planning beheerst uit te voeren via projectteams. Uiteraard dient er in deze fase telkens de vinger aan de pols gehouden worden of de veranderende context (bijvoorbeeld op de markt of technologische ontwikkeling) bijstelling van het plan noodzakelijk maken

Wij zien deze voorstudie als de richtfase, met daarin de doelstelling van de chemische keten in 2030). De routekaart is de inrichtfase. Omdat na deze fase de daadwerkelijke uitvoering van een meerjarig programma zal plaatsvinden is er vanuit de sector een projectmanager aangewezen, die tevens de kwartiermaker zal zijn voor de uitvoeringsorganisatie.

9.2 ONDERWERPEN VOOR DE ROUTEKAART

De essentie van de routekaart is om een grote hoeveelheid projecten en programma's op enigerlei wijze aan de zes oplossingsrichtingen te koppelen en de voortgang van deze initiatieven nauwgezet te monitoren zodat bijtijds bijgestuurd kan worden als de hoofddoelstellingen niet gehaald worden. Daarnaast zijn er een aantal mogelijkheden van nieuwe projecten en programma's gesignaleerd, maar de chemische sector zal deze nog op moeten starten en de beste selecteren om daadwerkelijk te laten bijdragen aan de hoofddoelstellingen.

De volgende vragen dienen aan het eind van de routekaart beantwoord te zijn:

Onderdeel	Onderzoeksvragen
1 Energie-efficiëntie	Welke initiatieven rekenen we onder de routekaart? Wat leveren de initiatieven op en wanneer? Is het voldoende of moeten er meer initiatieven komen? Welke nieuwe technologieën zijn nodig om doel (2% per jaar) te halen (waarvan voorbeelden zijn aangegeven in paragraaf 3,3)? Hoe en wanneer krijgen we die beschikbaar? Welke condities, maatregelen of verder onderzoek zijn daarvoor nodig?
2 Vervanging van fossiele grondstoffen	Welke initiatieven rekenen we onder de routekaart? Wat leveren de initiatieven op en wanneer? Is het voldoende of moeten er meer initiatieven komen? Welke extra opties zijn er om de doelstelling van 25% te realiseren (waarvan voorbeelden zijn aangegeven in paragraaf 4,3)? Hoe en wanneer krijgen we die beschikbaar? Welke condities, maatregelen of verder onderzoek zijn daarvoor nodig?
3 Carbon Capture and Storage	Welke chemie-aansluit-initiatieven rekenen we onder de routekaart? Wat leveren de initiatieven op en wanneer? Is het voldoende of moeten er meer initiatieven komen? Hoe en wanneer is dat te realiseren? Welke condities, maatregelen of verder onderzoek zijn daarvoor nodig? Wat moet er nog extra ontwikkeld worden (waarvan voorbeelden zijn aangegeven in paragraaf 5,3)?
4 Sluiten van de materiaalketen	Welke initiatieven rekenen we onder de routekaart? Wat leveren de initiatieven op en wanneer? Is het voldoende of moeten er meer initiatieven komen? Wat moet er nog extra ontwikkeld worden (waarvan voorbeelden zijn aangegeven in paragraaf 6,3)? Welke extra bijproducten en afvalstromen lenen zich voor herverwerking? Zijn deze voldoende en langdurend beschikbaar in Nederland? Welke nieuwe technologieën zijn nodig om doel (25%) te halen? Hoe en wanneer krijgen we die beschikbaar? Welke condities, maatregelen of verder onderzoek zijn daarvoor nodig?
5 Ontwikkelen duurzame producten	Welke initiatieven rekenen we onder de routekaart? Wat leveren de initiatieven op en wanneer? Is het voldoende of moeten er meer initiatieven komen? Welke ketens komen in aanmerking en wat is het extra potentieel? Hoe is effectieve samenwerking tussen diverse actoren te organiseren (waarvan voorbeelden zijn aangegeven in paragraaf 7,3)? Welke condities, maatregelen of verder onderzoek zijn daarvoor nodig?
6 Duurzame energie	Welke initiatieven rekenen we onder de routekaart? Wat leveren de initiatieven op en wanneer? Is het voldoende of moeten er meer initiatieven komen? Waar en hoe economisch verantwoord door chemie toe te passen? Waar en hoe een interessante bijdrage vanuit de chemie te leveren?

Tevens dient de routekaart rekening te houden met allerlei mogelijke risico's onderweg tussen 2012 en 2030. Hierbij maken we een onderscheid tussen technologische risico's, marktrisico's en organisatorische risico's.

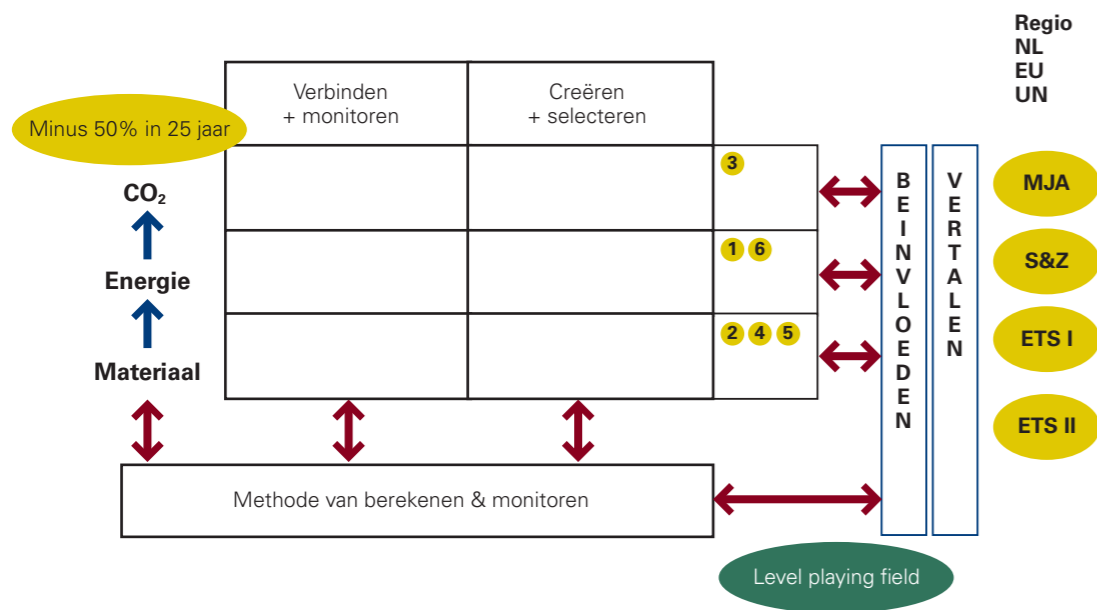
Hieronder staat het overzicht van de belangrijkste, gekende risico's anno 2010. Het geeft een extra impuls aan het feit dat indien de ambitie serieus is, er een "surplus" aan activiteiten moet worden ingezet om uiteindelijk op de gewenste situatie uit te komen.

	Technologische risico's	Marktrisico's	Organisatorische risico's
Energie-efficiëntie	<ul style="list-style-type: none"> • Te weinig doorbraaktechnologieën om 50% te halen 	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten recycling hoger dan lozen van afvalstromen 	<ul style="list-style-type: none"> • Te weinig investeringsopportuniteiten bulk
Vervanging van fossiele grondstoffen	<ul style="list-style-type: none"> • Doorbraak in biotechnologieën nodig om biobased building blocks economisch te produceren • GER-waarde bio-based materialen hoger dan fossiel-based polymeren 	<ul style="list-style-type: none"> • Food discussie • Biodiversiteit discussie • GMO-discussie • Hoge kostprijs • Ontwikkeling marktprijzen van aardolie en landbouwgewassen 	<ul style="list-style-type: none"> • Te weinig grootschalige aanvoer biomassa • Subsidie biobrandstoffen verstoort marktwerking
Carbon Capture and Storage	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ rendement is 30% lager door energieverbruik • Beperkte opschaling mogelijk in de chemiesector 		<ul style="list-style-type: none"> • Maatschappelijk draagvlak te laag • Lagere NL doelstellingen
Sluiten van materiaal-keten	<ul style="list-style-type: none"> • Te weinig doorbraaktechnologieën voor herwinnen 	<ul style="list-style-type: none"> • Prijs afvalstromen 	<ul style="list-style-type: none"> • Logistiek afvalstromen • Terugtrekkende overheid
Ontwikkeling duurzamere producten			<ul style="list-style-type: none"> • Verbinden opbrengsten met chemiesector • Rol overheid (wet en regelgeving)
Duurzame energie		<ul style="list-style-type: none"> • Inkopen is te duur • ETS II gaat niet werken • GVO structuur blijft niet werken 	Verbinden opbrengsten met chemiesector
Totale transitietraject 2012-2030		Level playing field EU-RoW	Capaciteit sector en VNCI PPS programma's te langzaam Vertrek chemie activiteiten buiten NL Terugtrekkende overheid, resources, subsidies Handelsbeperkingen

Alle risico's moeten worden gewogen op 2 assen: mate van waarschijnlijkheid van voorkomen en de grootte van het effect. Alle risico's moeten worden voorzien van oplossingen. Sommige oplossingen zijn er reeds maar niet bekend in de sector, andere oplossingen moeten meegenomen worden in de aktielijsten per oplossingsrichting, met als doel de risico's te elimineren voor de sector.

9.3 OPZET TOTALE ROUTEKAARTTRAJECT IN SAMENHANG

Wij stellen voor om de routekaart van de chemie als volgt in te richten:



Ten eerst bestaat de routekaart eigenlijk uit 3 deelroutekaarten, maar die wel in samenhang aangepakt moeten worden: CO₂-, energie- en materiaalgericht waarin de 6 oplossingsrichtingen een heldere plek hebben gekregen. Voordeel van het werken langs deze routekaarten is een heldere ordening zodat dat de bijbehorende experts met elkaar in samenhang kunnen opwerken. Dit kan omdat de hoofddoelstellingen getrapd aan elkaar gekoppeld kunnen worden: materiaal besparen, bespaart energie, en energie besparen kan ook weer CO₂ besparing betekenen. Elke routekaart heeft taak de huidige initiatieven aan de hoofddoelstellingen te verbinden en nieuwe initiatieven te creëren en selecteren. Dus na verloop van tijd zijn zowel bekende en nieuwe initiatieven in de monitoringsfase gekomen. De verwachting is dat er uiteindelijk een 40-50 programma's en projecten onder de routekaart kunnen vallen.

1. CO₂ routekaart omvat alleen oplossingsrichting 3: Carbon Capture and Storage (CCS). Hierbij worden alle Nederlands CCS projecten en CO₂ experts aan elkaar gelieerd. Routekaartomvat alle soorten broeikasgassen.

2. Energieroutekaart omvat oplossingsrichting 1: Energie-efficiëntie en recycling en oplossingsrichting 6: Duurzame energie. Naast EEP programmering vanuit MJA3 programma zal het aanwenden van groene bronnen in het verlengde hiervan alle energie-experts van de sector verbinden.
3. Materiaalroutekaart omvat oplossingsrichting 2: Vervanging fossiele grondstoffen, oplossingsrichting 4: Sluiten van de grondstof/materiaalketen en oplossingsrichting 5: Duurzame producten bij de eindgebruiker. Zowel stroomopwaarts en stroomafwaarts zijn hier volop initiatieven die met een rijk pallet van nieuwe initiatieven, in overleg met de andere ketenspelers, worden aangevuld. In deze richting komt bijvoorbeeld onder oplossingsrichting 4: het hergebruiken van CO₂ als grondstof voor materialen.

Verbinden en monitoren

In bijlage III van dit document is een opsomming weergegeven van alle relevante projecten/programma's/instituten die direct of indirect een bijdrage hebben aan de doelstellingen

op CO₂, energie en materialen. Een aantal van deze projecten kunnen een bijdrage hebben op meerdere doelstellingen. Wij schatten in dat 40 van deze genoemde projecten/programma's/instituten bezocht moeten worden om ze organisatorisch te verbinden met dit paraplu-plan. Vanaf dat moment moet ook gemonitord worden op voortgang en verwachte bijdrage.

Creeëren en selecteren

In de hoofdstukken 3 tot en met 8 worden in tabellen 10, 12, 13, 15, 16 en 17 waardevolle initiatieven (voorzien van symbool √) genoemd die absoluut verder uitgewerkt moeten worden. In deze initiatieven zit de creatie van vele extra mogelijke projecten/programma's/instituten verscholen. De beste initiatieven moeten geselecteerd worden in de routekaartperiode en vervolgens verbonden plus onmiddellijk ook de monitoring gestart. Deze akties zijn essentieel om de chemie meer ketengericht te laten denken en doen, en worden thematisch met andere ketenspelers opgepakt in workshops waar bindende wederzijdse afspraken worden gemaakt

Open en gesloten programma's/projecten

Aangezien de chemie in een competitieve omgeving actief is, en een groot aantal projecten zo strategisch kunnen zijn voor de concurrentiepositie dat men ze niet publiekelijk wil tonen, moet de routekaart ook voorzien in het vertrouwelijk behandelen van programma's en projecten. Dit noemen we de gesloten programma's/projecten. Middels de bekende EEP-procedure kan hierin worden voorzien, maar deze zal moeten worden uitgebreid naar CO₂ en materiaal routekaarten.

Een groot aantal programma's en projecten zijn precompetitief en ook gefinancierd met een deel publiek geld, deze zullen altijd het karakter van "open" hebben.

Studiegroep Berekeningen en Monitoring

Naast de 3 routekaarttrajecten zal er een speciale werkgroep komen die de monitoringfunctie van bestaande initiatieven begeleid en vastgelegd. In deze werkgroep zullen ook experts van buiten de sector opgenomen worden. Om deze monitoring goed te kunnen doen, dient deze werkgroep:

- Het vertrekjaar 2005 in absolute zin goed te omschrijven en
- De transitiecurve vast te stellen waarlangs gemonitord en ook bijgestuurd kan worden
- Selectiecriteria voor nieuwe initiatieven te ontwikkelen en aan te passen aan de tijd
- Internationale Level playing field te monitoren.
- Regelmatig overleg te hebben met de 3 subroutekaarten en de werkgroep Beïnvloeden en Vertalen
- Verzamelen van monitoringsdata en maken van monitoringsvoortgangsrapportage's
- Organiseren van vertrouwelijkheid voor gesloten projecten

Werkgroep Beïnvloeden en Vertalen

Het voorstel is om een aparte werkgroep te maken met experts die op regionaal, nationaal, Europees niveau en wereldwijd niveau de belangen van de chemie goed kunnen verwoorden maar anderzijds ook politieke doelstellingen kunnen vertalen naar de sector. Deze werkgroep zal nauw moeten samenwerken met experts van de 3 routekaarten en de werkgroep Berekeningen en Monitoring. Gedurende

de looptijd 2012-2030 zullen natuurlijk allerlei zaken in de buitenwereld niet stil staan, zo ook mogelijke wet- en regelgeving en compliances.

Level playing field

Een van de meest genoemde opmerkingen bij de verschillende interviews met stakeholders uit de sector was het voorkomen van een scheve concurrentiepositie van de sector ten opzichte van de concurrenten op wereldniveau en het hebben van een zogenaamde carbon-leakage situatie. De meeste stakeholders zijn overigens voorstanders van de duurzaamheidsdoelstellingen en zien de nut en noodzaak van deze doelstellingen. Echter behoud van chemische bedrijvigheid is natuurlijk ook hun zorg.

Het idee is dat de studiegroep Berekeningen en Monitoring zich ook actief gaat inzetten voor het monitoren van een aantal indicatoren die staan voor level playing field. Uit de interviews kwamen de volgende suggesties naar boven: vergelijken lokale energieprijzen, vergelijken indirecte arbeidskosten, vergelijken landen wel/geen CO₂ doelstellingen, vergelijken marktconforme grondstofprijzen. Afspraak kan

dan zijn dat binnen bepaalde bandbreedten er sprake is van level playing field en daarbuiten niet. Bv kwartielen binnen benchmarkvergelijkingen. Deze monitoring gegevens kunnen op internationaal niveau aangewend worden door de werkgroep Beïnvloeden en Vertalen. (OECD en Non-OECD gegevens). Komt een indicator buiten de bandbreedte dan kan besloten worden om het transitieproces te vertragen/stoppen.

De routekaarten zijn de opmaat naar de periode 2012-2030

Een eerste schets: Na het afronden van het routekaarttraject zal het totale transitietraject 2012-2030 gestuurd moeten gaan worden. De VNCI beleidsgroep Energie en Klimaat zal aan de hand van de getrapte CO₂, energie en materiaal doelstellingen de voortgang van de 3 routekaarten in samenhang kunnen gaan monitoren en bijsturen op basis van de transitiecurven. Gaat de voortgang volgens verwachting, moeten er nieuwe initiatieven worden opgestart, moeten er nieuwe veelbelovende innovaties worden ingepast, ontwikkelingen rondom level-playing field etc).

Dit doet zij aan de hand van de resultaten van de voortgang van alle projecten en programma's met behulp van de

studiegroep Berekeningen en Monitoring en met behulp van de werkgroep Beïnvloeden en Vertalen. Beide groepen zullen ook een functie hebben in de verrichtfase. De routekaartfase is dus het eerste jaar dat zij gaan functioneren.

Onder leiding van de VNCI zullen er jaarlijks 2 events worden georganiseerd. Voor de zomer het monitorings-event, waarbij de laatste stand van zaken met betrekking tot de doelstellingen op de agenda staat en daarnaast alle gerelateerde projectleiders en programmamanagers de kans krijgen om hun project of programma onder de aandacht te brengen. Het andere grote event is het zogenaamde innovatiepodium, waarbij alle bedrijven die een duurzaamheidsinnovatie onder de aandacht willen brengen bij anderen (uit commercieel of image oogpunt) de ruimte hebben om dat dan ook te presenteren. Gedurende het routekaarttraject zullen deze events voor het eerst plaatsvinden.

De VNCI beleidsgroep Energie en Klimaat legt verantwoording af aan het VNCI bestuur, de eindverantwoordelijke in dit gehele traject. Het VNCI bestuur informeert de Regiegroep Chemie

9.4 ACTIVITEITEN ROUTEKAARTTRAJECTEN IN SAMENHANG

De volgende werkzaamheden zijn voorzien in het routekaarttrajecten:

Stap 1: Voorbereiden en inrichten projectteam routekaarten

- Bemensen van het routekaartteam
- Inhoudelijke voorbereiding routekaartteam

Stap 2a: Verbinden open initiatieven

- Bezoeken alle ca 40 bekende initiatieven
- Maken van verbindingsvoorstel voor dit initiatief
- Tweede bezoek aan relevante initiatieven
- Maken van definitieve verbindings en monitoringsafspraken
- Inventariseren van mogelijke opbrengsten en gap

Stap 2b: Verbinden gesloten initiatieven

- Onderzoeken alle EEP initiatieven
- Maken van verbindingsvoorstel voor dit initiatief
- Tweede bezoek aan relevante initiatieven

- Maken van definitieve verbindings- en monitoringsafspraken
- Inventariseren van mogelijke opbrengsten en gap

Stap 3: Creëren en selecteren

Stap 3a: Routekaart CO₂

- In kaart hebben van huidige pallet van bekende initiatieven
- Houden van 2 workshops met relevante stakeholders om nieuwe CO₂ initiatieven te creëren
- Workshops: CO₂ als feed, grids & storages (minstens 20 VNCI deelnemers)
- Selecteren meest waardevolle initiatieven
- Uitwerken meest waardevolle initiatieven met consortia (max 3)
- Verbinden van meest waardevolle initiatieven

Stap 3b: Routekaart Energie

- In kaart hebben van huidige pallet van bekende initiatieven

- Houden van 3 workshops met relevante stakeholders om nieuwe energie initiatieven te creëren
- Workshops: WKK, local energy grids, groene energie buying power (minstens 30 VNCI deelnemers)
- Selecteren meest waardevolle initiatieven
- Uitwerken meest waardevolle initiatieven met consortia (max 6)
- Verbinden van meest waardevolle initiatieven

Stap 3c: Routekaart Materiaal

- In kaart hebben van huidige pallet van bekende initiatieven
- Houden van 6 workshop met relevante stakeholders om nieuwe materiaal initiatieven te creëren
- Workshops: groene bouwstenen, post-use recycling, upgrading technologieën, gebouwde omgeving, food & packaging, automotive (minstens 60 VNCI deelnemers)
- Selecteren meest waardevolle initiatieven
- Uitwerken meest waardevolle initiatieven met consortia (max 9)
- Verbinden van meest waardevolle initiatieven

Stap 4: Organiseren van 2 landelijke events

- Het eerste monitoringsevent met verbonden projecten programmaleiders
 - Inhoudelijke en logistieke voorbereiding
 - Houden van het event (60-80 VNCI deelnemers)
 - Afhandelen van uitwerkingen en verspreiden resultaten
- Het eerste Innovatiepodium, waarbij alle bedrijven die een duurzaamheidsinnovatie onder de aandacht willen brengen bij anderen (uit commercieel of image oogpunt) de ruimte hebben om dat dan ook te presenteren.
 - Inhoudelijke en logistieke voorbereiding
 - Houden van het event (60-80 VNCI deelnemers)
 - Afhandelen van uitwerkingen en verspreiden resultaten

Stap 5: Maken definitief voorstel realisatie duurzaamheidsdoelstellingen chemie periode 2012-2030

- Opzet voor processen van creëren, selecteren, monitoren, beïnvloeden en vertalen
- Voorstel voor sturing van deze processen
- Voorstel voor organisatie van deze processen met taken en bevoegdheden

- Voorstel voor de informatiehuishouding rondom deze processen
- Voorstel voor publiciteit rondom deze processen
- Gevalideerd bij VNCI beleidsgroep energie en klimaat, VNCI bestuur en Regiegroep Chemie

Parallel aan stap 1 tot en met 5: Werkgroep Berekningen en Monitoring

- Bemensen van het team
- Inhoudelijke voorbereiding team
- Maken van herberekening 2005 als definitief uitgangspunt en toetsing ambitie
- Sommeren van bekende initiatieven
- Berekenen economische worst case - best case scenario's
- Monitoring werkwijze voor gesloten projecten
- Monitoring van initiatieven creëren en hoe deze werkwijze te onderhouden
- Opzetten van CO₂, PJ en tonnen transitiecurven 2012-2030
- Monitoring Internationale Level playing field ontwikkelen en hoe deze werkwijze te onderhouden.

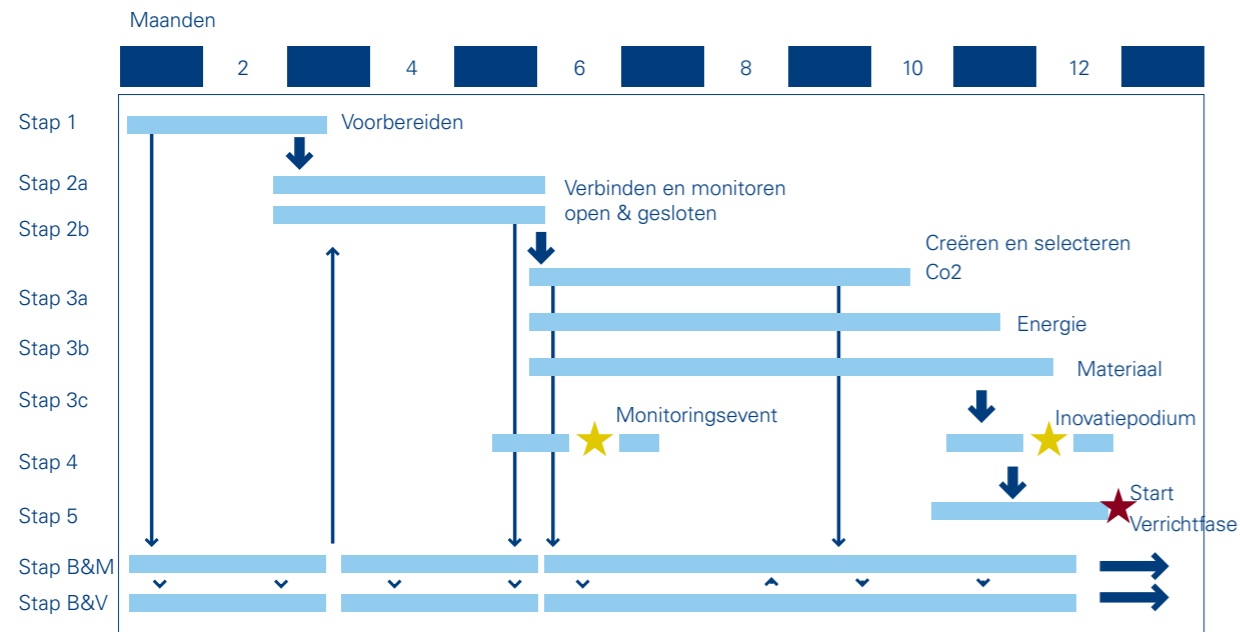
- Werkgroep Beïnvloeden en Vertalen voorzien van adviezen en antwoorden

Parallel aan stap 1 tot en met 5: Werkgroep Beïnvloeden en Vertalen

- Bemensen van het team
- Inhoudelijke voorbereiding team
- Maken compliance overzicht 2011
- Opzetten beïnvloedingsplan voor specifieke wet- en regelgeving
- Monitoring Internationale Level playing field
- Werkgroep Berekenen en Monitoring voorzien van adviezen en antwoorden

9.5 PLANNING ROUTEKAARTENTRAJECT

Hieronder een afbeelding van de totaalplanning die in 12 maanden te doorlopen is. Essentie is dat eerst begonnen wordt met het verbinden en monitoren en vervolgens het creëren en selecteren langs de CO₂, energie en materiaal lijnen.



De blauwe, neerwaartse pijlen zijn go/nogo momenten.

9.6 ORGANISATIE TOTALE ROUTEKAARTENTRAJECT

Opdrachtgever: VNCI beleidsgroep Energie en Klimaat

De VNCI beleidsgroep Energie en klimaat legt verantwoording af aan het VNCI bestuur, de eindverantwoordelijke in dit gehele traject. Het VNCI bestuur informeert de Regiegroep Chemie

Aan het eind van maand 3, 5, 10 en 11 rapporteert de beleidsgroep Energie en Klimaat aan het VNCI bestuur

Samenstelling opdrachtnemer: Projectteam

Routekaarttraject

- Projectleider Routekaarttraject: speerpuntmanager VNCI Energie en klimaat
- Projectleider Verbinden en monitoren
- Projectleider Creëren en selecteren
- Projectleider studiegroep Berekeningen en Monitoring
- Projectleider werkgroep Beïnvloeden en Vertalen

- Vertegenwoordiging Agentschap NL
- Projectbureau ondersteuning

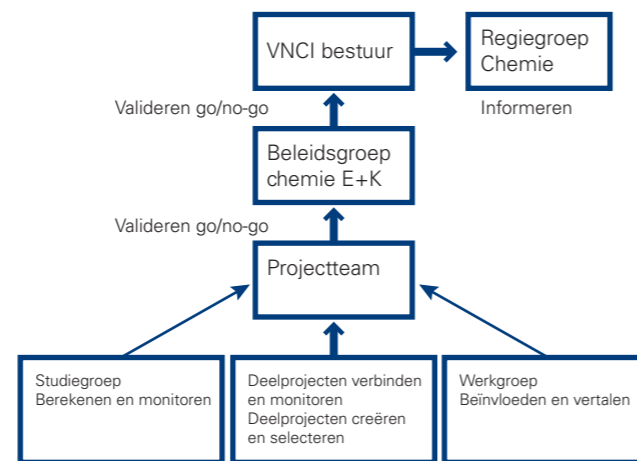
De speerpuntmanager VNCI waarborgt de verbindingen met MEE en MJA3 doelstellingen alsmede de brede inzet van de VNCI achterban bij werkgroepen, workshops, landelijke events/bijeenkomsten. Het traject wordt een aanpak voor bedrijven door bedrijven

Samenstelling Studiegroep Berekeningen en Monitoring

- Projectleider werkgroep
- Vertegenwoordiging vanuit bedrijven
- Vertegenwoordiging Agentschap NL (met EEP-ervaring)
- Projectbureau ondersteuning
- Vanuit deze werkgroep zullen deelstudies uitgezet worden naar instituten zoals:
 - WUR
 - ECN
 - CBS
 - Copernicus instituut

Werkgroep Beïnvloeden en Vertalen (dit kan de VNCI werkgroep Energie en klimaat zijn)

- Projectleider werkgroep
- ETS deskundige
- Energiedeskundige
- Materiaaldeskundige
- Vertegenwoordiging Agentschap NL (ETS II ervaring)
- Vertegenwoordiging vanuit bedrijven
- Projectbureau ondersteuning



Projectteam komt 1 maal per 2 weken bijeen voor stuurmomenten

Studiegroep en werkgroep komen 1 maal per 4 weken bijeen voor stuurmomenten

Aan het eind van maand 3, 5, 10 en 11 rapporteert de beleidsgroep Energie en Klimaat aan het VNCI bestuur. Projectteam bereidt dit voor aan de hand van de voortgang project, studie team en werkgroep.

Bijlage I: Onderbouwing ambitie

Berekening energiebesparing chemie industrie

Uitgangspunten:

- 1 Ton Oil Equivalent \approx 42 GJ
- Aanname: bij 42 GJ/TOE ca 73,3 ton CO₂/TJ (bron: Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO₂-emissiefactoren, 2009⁸)
- Energiegebruik branche 2009 (Kunstmestindustrie en overige chemische industrie): 717 PJ. De gegevens hebben alleen betrekking op het verbruik van fossiele brandstoffen en zijn dus exclusief het verbruik van elektriciteit en stoom/warmte; CBS 11)
- Energiegebruik branche 2005 (Kunstmestindustrie en overige chemische industrie): 699 PJ. De gegevens hebben alleen betrekking op het verbruik van fossiele grondstoffen en zijn dus exclusief het verbruik van elektriciteit en stoom/warmte; CBS 11) 13)

In onderstaande tabel is het energiegebruik van de Chemie branche omgerekend naar primaire energie. Hierbij is het elektriciteitsgebruik van de branche meegerekend zodat een totaalbeeld ontstaat voor 2005 en 2009.

Nr.	Omschrijving	Formule	2005	2009	Bron
			PJ	PJ	
I	Niet energetisch gebruik van de Chemie		508	532	Statline; CBS ¹¹⁾ ¹³⁾
II	Energetisch verbruik van de Chemie		191	185	Statline; CBS ¹¹⁾ ¹³⁾
III	Totaal energiegebruik van de Chemie	I+II	699	717	Statline; CBS ¹¹⁾ ¹³⁾
IV	Verbruik als brandstof in warmtekrachtinstallaties		44	38	Statline; CBS ¹¹⁾ ¹³⁾

Nr.	Herberekening primaire energiegebruik Chemie			
	De door de WKK opgewekte efficiency voor elektriciteit opwekking is -sinds 2005 in het Convenant Benchmarking- op 42% gesteld			
V	Totale energetisch gebruik chemie zonder elektriciteit opwekking WKK en exclusief import van elektriciteit en stoom/warmte	II-0,42*IV	172,5	169,0
	Het totale Elektriciteit verbruik van de Chemie in 2000 is 13 % van het "energetisch finaal verbruik"; uitgangspunt is dat voor 2005 en 2009 deze verhouding gelijk is gebleven.			
VI	Het totale energetisch gebruik van de chemiesector is dan	V/0,87	198,3	194,3
VII	De totale geïmporteerde elektriciteit (primaire energie) omgerekend naar een centraal rendement van 40%	(VI-II)/0,4	18,2	23,2
VIII	Totaal primaire energiegebruik (niet energetisch)	I	508	532
IX	Totaal primaire energiegebruik (energetisch)	II+VII	209,2	208,2
X	Totaal primaire energiegebruik	VIII+IX	717,2	740,2

Nr.	Raming CO2 uitstoot van de Chemie		Mton	Mton
XI	Raming CO2 uitstoot van de branche(primaire energiegebruik (niet energetisch))		37,2	39,0
XII	Raming CO2 uitstoot van de branche(primaire energiegebruik (energetisch))		15,3	15,3
XIII	Raming CO2 uitstoot van de branche(primaire energiegebruik)	XI+XII	52,6	54,3

Ten opzichte van 2005 is in 2009 het energetisch gebruik licht afgenomen en in het niet-energetisch gebruik (grondstoffen) toegenomen. Wanneer deze in verhouding naast elkaar worden gezet geeft dit de indruk dat er per eenheid grondstof minder energie is gebruikt in 2009. Vertaald in KPI's:

- het energetisch gebruik/niet energetisch gebruik (PJ/PJ) lijkt met 5% te zijn gedaald:
 - 2005: 0,412
 - 2009: 0,391

Berekeningen onderwerpen voorstudie

Voor de onderwerpen genoemd voor de voorstudie is een potentieel aan besparing uitgerekend. De onderwerpen zijn geselecteerd op basis van het actieplan van de Regiegroep Chemie en de denkrampen die zijn ontwikkeld in het kader van het MJA3 programma van Agentschap NL.

De plannen hebben veel overlap, soms met andere benamingen of subonderwerpen. In de voorstudie zijn de onderwerpen zoals onderstaand weergegeven gerangschikt.

In de berekeningen is getracht om een en ander zo bondig mogelijk weer te geven, om een totaalbeeld te krijgen.

De branche heeft zelf de volgende doelstellingen geformuleerd als het gaat om duurzaamheid:

- Halvering van het gebruik van fossiele grondstoffen in 25 jaar; 2032 (Regiegroep Chemie)
- Verdubbeling van de bijdrage van chemie in het BBP in 10 jaar (Regiegroep Chemie)
- 30% reductie CO₂ uitstoot in 2020 ("schoon en zuinig 2007")

Absolute besparingen berekend op basis van de gegevens van 2005

De doelstelling van de roadmap is 50% energie-efficiëntieverbetering in 2030 (t.o.v. het primaire energiegebruik van 209 PJ en een niet-energetisch gebruik van 508 PJ (grondstof). Voor de zes onderwerpen zijn de volgende doelstellingen geformuleerd:

1. **Energie-efficiëntie:** energiebesparing in processen, gebouwen en utiliteiten. Recycling op de plant is

onderdeel van dit onderwerp. De branche heeft als doel 2% “besparing in eigen proces/keten” per jaar te realiseren over de hele linie van de industrie en dit 25 jaar lang. Hier wordt bedoeld 2% energiebesparing per gewichtseenheid en staat los van de groei. Maximale energiebesparing is het primaire energiegebruik van de branche.

- Vervanging fossiele grondstoffen:** door bio-based grondstoffen; De branche heeft als doel 25% vervangingsgraad fossiel door niet-fossiel; resultaat is dat grondstof, energie en indirecte elektriciteit wordt verkregen uit niet-fossiel; De berekening in de voorstudie is gebaseerd op het niet-energetische verbruik (grondstoffen);
- CCS:** CO₂ afvangen en opslaan. Het doel van de branche is 2 miljoen ton CO₂ afvangen en opslaan. Het energetisch rendement van de CO₂ reductie bedraagt naar schatting slechts 70% omdat voor opslag en transport (fossiele) energie nodig is.

- Sluiten van de materiaalketen:** Het sluiten van de materiaalketen betreft het recyclen van producten, onderdelen en materialen na de gebruiksfase. De berekening is gebaseerd op 20% verlaging van grondstofgebruik; Op basis van ¹²⁾ is een verdeelsleutel van 39% aangehouden als branchepartij;
- Duurzame producten bij de eindgebruiker:** op basis van projecten uit het verleden 2) kan gesteld worden dat dit onderwerp zeer divers is. Vanwege de diversiteit van dit onderwerp is het lastig potentiële te bepalen. Op basis van de voorbeelden genoemd in 2) kan gesteld worden dat er bedrijven zijn die 2.7 tot 3.1 maal hun eigen geproduceerde CO₂ gaan besparen door o.a. energiezuinige (duurzame) producten te ontwikkelen. Alhoewel de aannames ter discussie staan (hoeveel toe te rekenen aan de chemie branche bij ketenprojecten), geeft de methodiek wel inzicht in het potentieel. Bovendien zullen niet alle bedrijven aan de slag gaan met dergelijke producten. Gezien de relatieve hoge innovatiegraad in de branche is in de berekening als uitgangspunt aangehouden dat

20% van de bedrijven een dergelijke doelstelling gaat halen. Op basis van ¹²⁾ is een verdeelsleutel van 65% aangehouden als branchepartij.

- Duurzame energie:** energiebesparing door toepassing van Duurzame Energie. Bio-based materialen als brandstof zijn in dit potentieel meegenomen. Maximale besparing is het primaire energiegebruik. Doelstelling is dat 25% van het energiegebruik van de branche door inzet van duurzame energie wordt gerealiseerd.

Wat betreft de eerste 4 doelstellingen zijn de cijfers uit de rapportage Innovatie in, door en van de Nederlandse chemische sector¹⁰⁾ als referentie aangehouden en herberekend op basis van het primaire energiegebruik van 2005. In onderstaande tabel zijn de oorspronkelijke RGC doelstellingen en de absolute waarden weergegeven zoals genoemd in desbetreffende document.

Maatregel	Doelstelling branche; bron ¹⁰⁾		
	Doelstelling	Absolute besparing bij doelstelling [PJ]	CO ₂ besparing bij doelstelling [ton]
Energie-efficiency	50%	79	
Vervanging fossiele grondstoffen	25%	145	
CCS		25	2.000.000
Sluiten van de materiaalketen	20%	80	
Duurzame producten bij de eindgebruiker			
Duurzame energie			

De boodschap is dat de ambitie om 50% te besparen door alleen 2%/jaar energie-efficiëntie niet klopt en te gunstig wordt voorgesteld omdat geen rekening wordt gehouden met de groei. Een herberekening zou moeten plaatsvinden op basis van 2% energie-efficiëntie per gewichtseenheid.

En dat verschilt per subsector enorm (specialty/fijn/bulk). Helaas kennen we de groeicijfers niet noch per sector noch per subsector voor 2030.

Een tweede reden waarom de ambitie te hoog is, komt omdat in de berekening geen rekening is gehouden met energieverbruik voor transport en opslag CO₂ (CCS, rendement naar schatting 70%), als überhaupt deze oplossingsrichting haalbaar is voor de chemiesector. Dit zijn tegenvallers, maar kunnen gecompenseerd worden door twee additionele oplossingsrichtingen.

De doelstellingen zijn herberekend aan de hand van de in dit document herberekende primaire energie. Dit geeft het volgende totaalbeeld:

TABEL: ABSOLUTE BESPARINGEN ONDERWERPEN VOORSTUDIE CHEMIE

Berekeningen voorstudie chemie						
Maatregel	Besparing heeft betrekking op	Verdeelsleutel energiewinst bij ketenoplossing ¹²⁾	Nog te realiseren absolute doelstelling	Absolute besparing bij doelstelling [PJ]	CO ₂ besparing bij doelstelling [mln ton]	Opmerking
Energie-efficiency	energetisch gebruik		50%	105	7.7	
Vervanging fossiele grondstoffen	niet energetisch gebruik		25%	127	9.3	
CCS	n.v.t.				2.0	bron ¹⁰⁾
Sluiten van de materiaalketen	niet energetisch gebruik	39%	20%	40	2.9	

Duurzame producten bij de eindgebruiker	energetisch gebruik (in de keten)	65%	58%	79	5.8	doelstelling akkoord?
Duurzame energie	100% energetisch gebruik		25%	52	3.8	doelstelling akkoord?
Totaal				402	31.5	

Conclusies/Opmmerkingen:

- De herberekende waarden wijken of van de waarden genoemd in de rapportage Innovatie in, door en van de Nederlandse chemische sector¹⁰⁾. De herberekende waarden zijn het meest betrouwbaar gezien de bronnen^{5, 8,11,12,13)}. Het referentiejaar 2005 is in beschikbare onderzoeken energetisch niet goed belicht. Het elektriciteitsgebruik is vaak niet goed inzichtelijk gemaakt. In het kader van de MJA wordt er gekeken naar het energetisch (brandstoffen, elektriciteit en evt. duurzame opwekking) en het niet energetisch (grondstoffen)gebruik. In dit onderzoek is dit omgerekend naar primaire energie zoals gebruikelijk in de MJA.
- De doelstelling 50% reductie CO₂ uitstoot in 2030 wordt met dit programma realiseerbaar (2005: primaire energie 717 PJ en 52,6 Mton CO₂);
- De doelstellingen met betrekking tot “duurzame producten bij de eindgebruiker” en “duurzame energie” moeten worden goedgekeurd;
- De onderwerpen “duurzame producten bij de eindgebruiker” en “duurzame energie” lijken noodzakelijk om de 50% doelstelling te halen;

- CO₂ besparing is berekend op basis van de besparingen in PJ;
- Ten aanzien van de berekeningen:
 - De energie nodig om CO₂ op te slaan is niet meegenomen;
 - Het produceren van chemische producten o.b.v. fossiele grondstoffen vereist eenzelfde energiegebruik als die o.b.v. hernieuwbare grondstoffen. Hierbij is het nadrukkelijk van belang om de systeemgrenzen vast te leggen.

Bronnen

1. Voorinformatie Voorstudie Chemie; maart 2010
2. Innovations for Greenhouse Gas Reductions; ICCA; july 2009
3. Presentatie Berenschot; 2010
4. The compelling facts about plastics 2009; EUPC, EPRO, EUPR, PlasticsEurope; sept 2009
5. MJA monitoring; SenterNovem; 2009
6. Reponsible Care rapport 2009; VNCI: http://www.vnci.nl//Files/DIVEXTRA//rapport_RC_website_def.PDF.PDF
7. Energieverbruik in de Nederlandse chemische industrie; Food & Biobased Research; 2000; <http://www.groenegrondstoffen.nl/downloads/A4-tjes/Energieverbruik%20chemie.pdf>

8. Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO₂-emissiefactoren; SenterNovem, 2009
9. Nederlandse en industriële energiehuishouding; ECN; 2005
10. Innovatie in, door en van de Nederlandse chemische sector; Regiegroep chemie; 2007
11. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0017-Energieverbruik-door-de-industrie.html?i=6-40>.
12. Verdelingsadvies verdeelsleutel energiewinst; Federatie NRK
13. <http://statline.cbs.nl>

Bijlage II: Achtergrondinformatie Chemie in ontwikkeling naar 2030

In de volgende tabel staan de prestatie-eisen van de bulkchemie in 2030.

TABEL: PRESTATIE-EISEN IN 2030 VAN BULKCHEMIE (GEBASEERD OP ELF INTERVIEWS)

Bulkchemicaliën	Toename/ afname eis	Opmerking
<i>Kosteneisen</i>		
Marktprijs	-15%	Door concurrentie daalt de marktprijs
Kostprijs	-20%	De kostprijs zal sterker moeten dalen om meer marge over te houden
Omzet per bedrijf	+5%	De omzet per bedrijf zal voor sommige bedrijven sterk moeten groeien (schaalgrootte), voor andere bedrijven is dat minder noodzakelijk (huidige volumes handhaven), daardoor komt de score uit op gemiddeld +5%
Omzet per medewerker	+15%	De omzet per medewerker zal sterk moeten groeien (door automatisering, robotisering en andere procesinnovaties die de efficiëntie verhogen)
Toegevoegde waarde per medewerker	+5%	De toegevoegde waarde (omzet – inkoop) zal minder hard groeien, omdat de inkooprijzen sterk stijgen en de marktprijzen dalen
<i>Duurzaamheidseisen</i>		
Grondstofverbruik	-10%	Minder grondstofverbruik (door hergebruik en efficiëntere processen) is een belangrijk issue, grote stappen zijn echter beperkt mogelijk, vaak heeft dit wel lagere kosten tot gevolg
Energieverbruik	-20%	Het energieverbruik is hoger dan het grondstofverbruik, omdat er meer mogelijkheden zijn voor (renderende) energiebesparing

Bulkchemicaliën	Toename/ afname eis	Opmerking
<i>Logistieke eisen</i>		
Leverbetrouwbaarheid	+5%	Eisen zijn nu al vaak hoog (genoeg) en nemen daardoor niet sterk toe
Levertijd	+ 5%	Eisen nemen niet sterk toe, omdat ze nu al vaak hoog (genoeg) zijn
Volumeflexibiliteit	+5%	Indien mogelijk, moeten er sneller, kleinere volumes geproduceerd kunnen worden
<i>Kwaliteitseisen</i>		
Afleverkwaliteit	+5%	Eisen nemen niet sterk toe, omdat ze nu al vaak hoog (genoeg) zijn (bulk = specificatieproduct)
<i>Innovatie-/technologie-eisen</i>		
Time-to-market	+5%	De bulkmarkt is primair cost-driven en daardoor speelt time-to-market van nieuwe producten een beperkte rol
Innovatietempo	+25%	Snelheid van met name procesinnovaties is belangrijk
Innovatiegraad	+25%	Ook de impact/complexiteit van de (proces)innovaties zal toenemen

In de volgende tabel staan de prestatie-eisen van de specialty chemie in 2030.

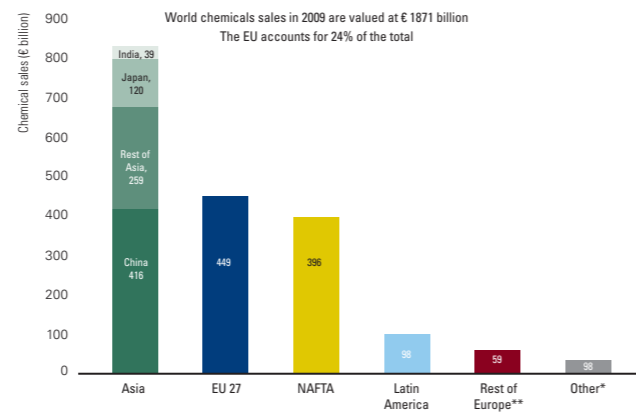
TABEL 4: PRESTATIE-EISEN IN 2030 VAN SPECIALTY CHEMIE (GEBASEERD OP ELF INTERVIEWS)

Special chemicaliën	Toename/ afname eis	Opmerking
<i>Kosteneisen</i>		
Marktprijs	0%	Voor bestaande specialties zal de marktprijs dalen, maar voor nieuwe of verbeterde specialties zal/kan de marktprijs stijgen
Kostprijs	-10%	De kostprijs is een aandachtspunt, maar minder groot dan bij de bulk
Omzet per bedrijf	+20%	De omzet per bedrijf zal voor de meeste bedrijven sterk groeien, met name door hogere marges (en niet door zeer hoge volumes)
Omzet per medewerker	+15%	De omzet per medewerker zal net als bij de bulk sterk moeten groeien, bv. door hogere verkoopprijzen en door automatisering en efficiëntie
Toegevoegde waarde per medewerker	+20%	De toegevoegde waarde per medewerker zal hoog zijn doordat er hogere marges (omzet) worden gehaald ten opzichte van de inkooprijzen
<i>Duurzaamheidseisen</i>		
Grondstofverbruik	-5%	Minder grondstofverbruik is niet een zeer belangrijke eis, hoewel er wel veel te behalen valt op dit gebied (specialty-productie kent nog veel afvalstromen), maar het zal waarschijnlijk geen klanteis zijn; desalniettemin is dit wel een belangrijk aandachtspunt in deze voorstudie
Energieverbruik	-20%	Energieverbruik is een belangrijk aandachtspunt
<i>Logistieke eisen</i>		
Leverbetrouwbaarheid	+5%	De eisen nemen niet sterk toe, omdat ze nu al vaak hoog (genoeg) zijn
Levertijd	+ 5%	De eisen nemen niet sterk toe, omdat ze nu al vaak hoog (genoeg) zijn

Economisch belang chemie sector

De chemiesector is met een wereldwijde sales van € 1.871 miljard in 2009 (zie figuur) een sector van groot economisch belang. Dit geldt ook voor Europa. Hier wordt € 449 miljard sales behaald, wat neerkomt op 24% van de wereldwijde sales in chemicaliën. Europa staat daarmee op de tweede plaats, na Azië. In Europa is de chemiesector goed voor bijna 1,1% van de BBP. De Nederlandse sector is met meer dan € 37,7 miljard sales in 2009 (46 miljard € in 2006) goed voor 8,4% van de Europese sales.

FIGUUR: GEOGRAFISCHE UITSPLITSING VAN WERELDWIJDE CHEMIE SALES (BRON: CEFIC³³)

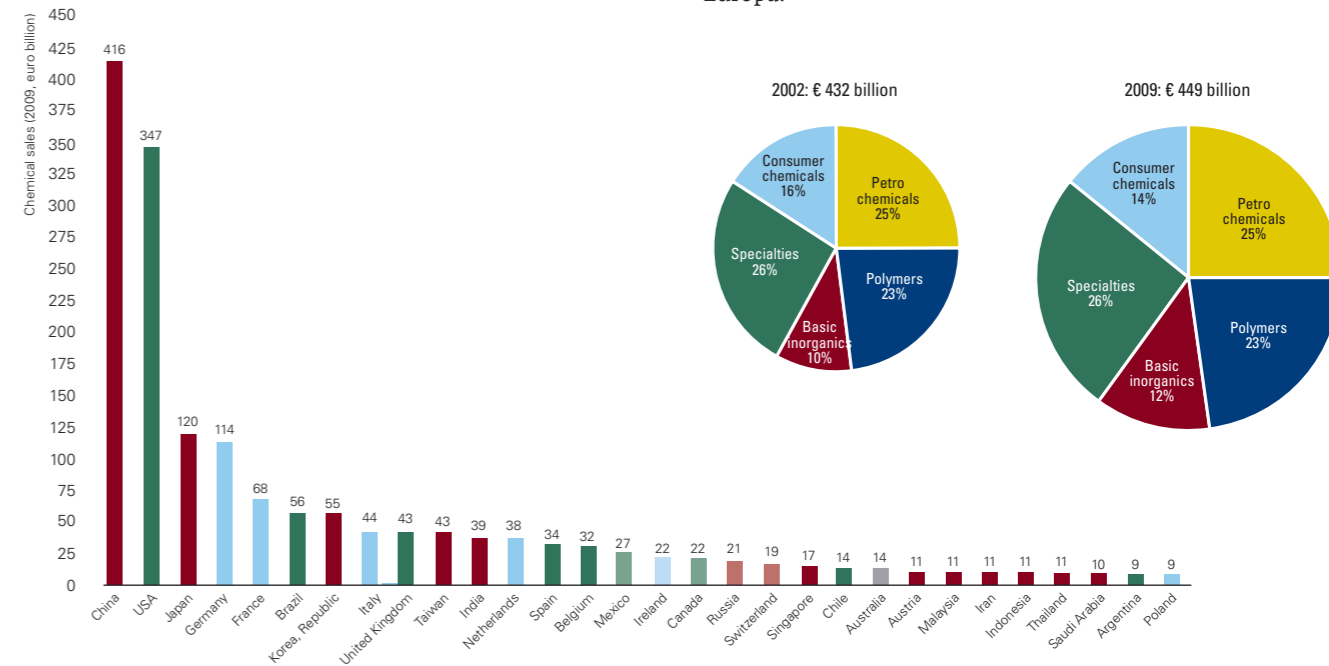


Other* = Oceania and Africa
 Rest of Europe** = Switzerland, Norway and other Central & Eastern Europe (Excluding the new EU 12 countries)

Source: Cefic Chemdata International

Nederland neemt een belangrijke positie in als de 12e grootste producent van chemische producten (zie figuur hieronder).

In onderstaande figuur is aangegeven dat in de periode 2002-2009 het belang van basic inorganics relatief is toegenomen en consumer chemicals relatief is afgenomen in Europa.



Opvallend is dat de consumer chemicals relatief sterker zijn afgenomen (waarschijnlijk door een grote uitval van de vraag in 2009), want daarin hebben Europese bedrijven een goede positie (zie onderstaande figuur). Dat geldt ook

voor specialties en polymers, maar in iets mindere mate. De toename van basic inorganics is te verklaren door de goede positie die Europese bedrijven hebben. De petrochemische industrie is het minst competitief.

	USA	Japan	Brazil	Russia	India	China	South Korea	Middel East	Asia	Rest of Asia
Basic Inorganics	Green	Green	Green	Light Blue	Green	Light Blue	Green	Red	Green	Green
Petrochemicals	Green	Yellow	Yellow	Light Blue	Red	Red	Green	Red	Red	Red
Polymers	Light Blue	Light Blue	Yellow	Green	Green	Yellow	Light Blue	Red	Yellow	Yellow
Specialty Chemicals	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Consumer Chemicals	Green	Green	Green	Green	Green	Light Blue	Green	Green	Green	Yellow
Chemicals (sum)	Green	Yellow	Yellow	Green	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow

- EU has a trade deficit and its competitive position weakened
- EU has a trade surplus but its positive competitive position weakened
- EU has a trade deficit but its weak competitive position improved
- EU has a trade surplus and its healthy competitive position improved

Bijlage III: Onderzoeksprogramma's op het gebied van de zes oplossingsrichtingen

In alle onderstaande tabellen is onderscheid gemaakt tussen directe en indirecte invloed. Direct: er is een duidelijke link met de doelstelling en dat staat nadrukkelijk in de missie/visie/doelstelling van het programma. Indirect: er staat in de uitwerking van het programma een onderdeel dat van invloed is op de doelstelling

TABEL: ONDERZOEKSPROGRAMMA'S OP HET GEBIED VAN ENERGIE-EFFICIËNTIE

Naam project	Beschrijving	Invloed op doelstelling energie-efficiëntie*
ISPT-DSTI	Scheidingstechnologie	Direct
ISPT-OSPT	Procestechnologie	Direct
ISPT-PI	Procesintensificatie	Direct
EOS	Duurzame energie (5 programma's, EZ)	Direct
EnergieTransitie Duurzame Mobiliteit		Direct
EnergieTransitie Keten Efficiëntie		Direct
EnergieTransitie Gebouwde Omgeving		Direct
EnergieTransitie Kas als Energiebron		Direct
ETP SusChem - Reaction & Process Design	Reactorontwerp (Cefic-EuropaBio)	Direct
EnergieTransitie Nieuw Gas		Indirect
Factories of the Future	RD&I-initiatief voor de productiesector, ook gericht op recycling	Direct
B-Basic	Industriële biotechnologie (RGC – FES)	Indirect
BE-Basic	Industriële en ecologische biotechnologie (RGC – EZ/FES)	Indirect
BioRefinery NL	Bioraffinageprocessen (LNV)	Indirect
ETP SusChem - Industrial Biotechnology	Industriële biotechnologie (Cefic-EuropaBio)	Indirect
Process on a Chip	Brug tussen chemie en microsysteemtechnologie	Indirect

TABEL: ONDERZOEKSPROGRAMMA'S OP HET GEBIED VAN BIOMASSA

Naam project	Beschrijving	Invloed op doelstelling vervanging fossiele grondstoffen*
IBOS	Integratie organische chemie en biotechnologie	Direct
B-Basic	Industriële biotechnologie (RGC – FES)	Direct
BE-Basic	Industriële en ecologische biotechnologie (RGC – EZ/FES)	Direct
Catch Bio	Katalytische conversie van biomassa (OCW-EZ)	Direct
DPI (VC) - PIP	Polymeren innovatie programma (productinnovatie) (RGC – EZ)	Direct
BPM	Biobased performance materialen (LNV)	Direct
EnergieTransitie Platform Groene Grondstoffen		Direct
BioRefinery NL	Bioraffinageprocessen (LNV)	Direct
ERA-IB	Industriële biotechnologie (NWO – FP6)	Direct
ETP SusChem - Industrial Biotechnology	Industriële biotechnologie (Cefic-EuropaBio)	Direct
Aspect	Katalytisch chemische processen in bulkchemicaliën	Indirect
Process on a Chip	Brug tussen chemie en microsysteemtechnologie	Indirect
ISPT-DSTI	Scheidingstechnologie	Indirect
ISPT-OSPT	Procestechnologie	Indirect
CCC	Koolhydratenchemie (productinnovatie) (EZ en EU)	Indirect
KCG	Genomics – Industriële fermentatie	Indirect

TABEL: ONDERZOEKSPROGRAMMA'S OP HET GEBIED VAN CCS

Naam project	Beschrijving	Invloed op doelstelling CCS*
EOS	Duurzame energie (5 programma's, EZ)	Direct
EnergieTransitie Nieuw Gas		Direct
CATO 1 en 2		Direct
EnergieTransitie Duurzame Elektriciteitsvoorziening		Direct

TABEL: ONDERZOEKSPROGRAMMA'S OP HET GEBIED VAN SLUITEN VAN DE MATERIAALKETEN

Naam project	Beschrijving	Invloed op doelstelling sluiten van de materiaalketen*
B-Basic	Industriële biotechnologie (RGC – FES)	Indirect
DPI (VC) - PIP	Polymeren innovatie programma (productinnovatie) (RGC – EZ)	Indirect
EnergieTransitie Keten Efficiency	Procesintensificatie	Indirect
ETP SusChem - Materials Technology	Materialen (Cefic-EuropaBio)	Indirect
Factories of the Future	RD&I-initiatief voor de productiesector	Indirect

TABEL: ONDERZOEKSPROGRAMMA'S OP HET GEBIED VAN DUURZAME PRODUCTEN

Naam project	Beschrijving	Invloed op doelstelling energie-efficiëntie*
EnergieTransitie Duurzame Mobiliteit		Direct
ETP SusChem - Materials Technology	Materialen (Cefic-EuropaBio)	Direct
Energy-Efficient Buildings	RD&I-initiatief voor de bouwsector	Direct
Green Cars	RD&I-initiatief voor de automobielsector	Direct
DPI (VC) - PIP	Polymeren innovatie programma (productinnovatie) (RGC – EZ)	Indirect
TI-FN	Food & Nutrition (productinnovatie) (Food & Nutrition Delta, FES)	Indirect
EOS	Duurzame energie (5 programma's, EZ)	Indirect

TABEL: ONDERZOEKSPROGRAMMA'S OP HET GEBIED VAN DUURZAME ENERGIE

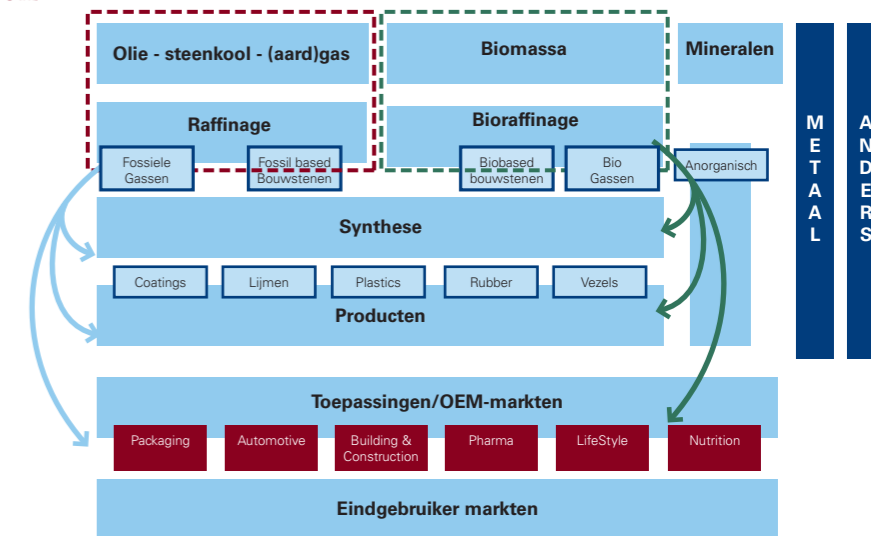
Naam project	Beschrijving	Inloed op doelstelling duurzame energie*
Catch Bio	Katalytische conversie van biomassa (OCW-EZ)	Direct
Duurzame waterstof	Technologie t.b.v. waterstofeconomie	Direct
EOS	Duurzame energie (5 programma's, EZ)	Direct
KCG	Genomics – Industriële fermentatie	Direct
EnergieTransitie Duurzame Mobiliteit		Direct
EnergieTransitie Platform Groene Grondstoffen		Direct
EnergieTransitie Nieuw Gas		Direct
EnergieTransitie Duurzame Elektriciteitsvoorziening		Direct
EnergieTransitie Gebouwde Omgeving		Direct
EnergieTransitie Kas als Energiebron		Direct
BioRefinery NL	Bioraffinageprocessen (LNV)	Direct
ETP SusChem - Industrial Biotechnology	Industriële biotechnologie (Cefic-EuropaBio)	Direct
ETP SusChem - Materials Technology	Materialen (Cefic-EuropaBio)	Direct
Energy-Efficient Buildings	RD&I-initiatief voor de bouwsector	Direct
Green Cars	RD&I-initiatief voor de automobielsector	Direct
B-Basic	Industriële biotechnologie (RGC – FES)	Indirect
ISPT-OSPT	Procestechnologie	Indirect
BE-Basic	Industriële en ecologische biotechnologie (RGC – EZ/FES)	Indirect
CCC	Koolhydratenchemie (productinnovatie) (EZ en EU)	Indirect
ERA-IB	Industriële biotechnologie (NWO – FP6)	Indirect

Bijlage IV: Achtergrondinformatie bij de zes oplossingsrichtingen

Biomassa

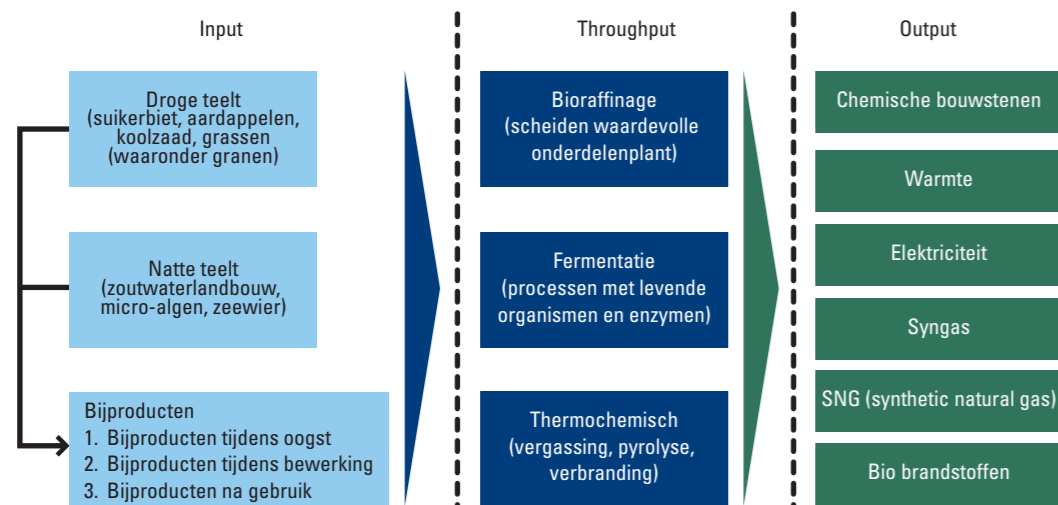
Het vervangen van fossiele grondstoffen door biomassa kan gezien worden als een alternatieve route:

FIGUUR: NAAST FOSSIELE ROUTE KOMT DE BIO ROUTE



Het gebruik van biomassa bestaat uit drie elementen, input, throughput en output die nu verder worden uitgediept.

FIGUUR: OVERZICHT BIOMASSA



Input

Biomassa is de verzamelnaam voor alle organische stoffen die potentieel gebruikt kunnen worden om te worden omgezet in energie en chemische bouwstenen. Op dit moment wordt er al gebruikgemaakt van veel biomassa in de food en chemie. Biomassa is onder te verdelen in twee hoofdgroepen (zie figuur 11): droge teelt (zoals de suikerbiet, aardappelen, koolzaad, maïs, grassen (waaronder granen en palmolie) en natte teelt (zoals waterplanten, zoutwaterlandbouw op zilte gronden, microalgen en zeewier). Met name droge teelt komt nu in grote mate voor. Deze vormen van biomassa worden primaire biomassa of 'dedicated crops' genoemd. Afhankelijk van de specifieke situatie kan biomassa direct in competitie staan met voedselproductie, of mogelijk indirect (doordat gebruik wordt gemaakt van het arsenaal dat ook voor voedselproductie kan worden gebruikt). Dat geldt met name voor de droge teelt. Er wordt daarom naast deze primaire biomassa ook veel verwacht van bijproducten die meestal niet in competitie zijn met voedsel. Deze zijn onder te verdelen in drie groepen:

1. Primaire bijproducten, die vrijkomen bij oogst, zoals bietenloof, stro van granen, bermgras en snoeihout.
2. Secundaire bijproducten, die vrijkomen bij bewerking van landbouwproducten, zoals aardappelstoomschillen, bierbostel en bietenpulp.
3. Tertiaire bijproducten, die vrijkomen na gebruik van landbouwproducten, zoals mest, sloophout, GFT en slachtproducten.

Met name hout, gewassen en andere planten afkomstig uit teelten en rest- en afvalstromen, zijn geschikt voor productie van chemische bouwstenen. Wat niet (goed) gebruikt kan worden, zijn dierlijke reststromen, bermgras en tertiaire bijproducten (vanwege variabele samenstelling en lage kwaliteit). Deze vormen van biomassa zijn meestal alleen geschikt voor energieopwekking.

In Nederland wordt het totale aanbod van biomassa in 2010 geschat op zo'n 34 Mton per jaar, wat uitkomt op 132,3 PJ/jaar (als het totaal zou worden omgezet in energie of mate-

rialen, wat nu nog niet het geval is). Import is noodzakelijk om de 30%-doelstelling te halen in 2030, want om 30% van de Nederlandse energiebehoefte te realiseren, is 3,5 miljoen hectare nodig, terwijl Nederland zelf 3,3 miljoen hectare omvat³⁴. Hierbij moet opgemerkt worden dat het onduidelijk is of deze 132,3 PJ/jaar is gebaseerd op biomassa gedroogd of (ook) nat. Indien het natte biomassa betreft, is deze geschikt voor fermentatiedoelinden of zal de biomassa eerst gedroogd moeten worden (waar meestal energie voor nodig is). De conclusie blijft dat import noodzakelijk zal zijn om de doelstelling te behalen. De discussie over biomassa import in deze paragraaf is nagenoeg alleen relevant voor de energiesector. Voorlopig zal de chemie op C6-suikers (sucrose, glucose) draaien. De bio-ethanolproductie zal geleidelijk overgaan op lignocellulose-houdende biomassa.

Throughput

Voor de inzet van biomassa is een groot aantal technologieën beschikbaar, hoewel veel nog in ontwikkeling zijn. Ze zijn grofweg in drie hoofdgroepen in te delen. Bioraffinage: het scheiden van waardevolle onderdelen van een plant. Fermentatie processen onder invloed van levende micro-

organismen, zoals nu al grootschalig in food (bijvoorbeeld bij de productie van bier en kaas) en bij productie van bio-ethanol wordt toegepast. En als laatste thermochemische omzetten (omzetting bij hoge temperatuur, zoals vergassing, pyrolyse, verbranding), dat vooral wordt toegepast voor productie van energie.

Output

Afhankelijk van het proces wordt biomassa als basisgrondstof geconverteerd in 'groene' chemische bouwstenen en vervolgens tot eindproducten zoals polymeren. Teruggekend naar Giga Joules levert biomassa het volgende op: gegenereerde warmte: € 3/GJ, gegenereerde elektriciteit € 6/GJ, transportbrandstoffen € 8/GJ en bulkchemicaliën € 30/GJ³⁵ (en voor de fijnchemie is de toegevoegde waarde nog hoger). In producten met een hoge toegevoegde waarde ligt de grootste kans voor Nederland, zoals ook in hoofdstuk twee is beschreven. Daarnaast zijn de volumes in vergelijking met productie van biofuels vaak lager, waardoor kleinere installaties (die vaak rendabel in Nederland gebouwd kunnen worden) gebruikt kunnen worden. Ook loopt Nederland voorop in kennisgebieden die productie

van chemische bouwstenen mogelijk maken. Dat geldt voor fermentatie (waarin vaak meer processtappen in een keer doorlopen kunnen worden). Voor het uit elkaar halen van gewassen, dat mechanisch kan (door bijvoorbeeld malen en breken) of door bioraffinage (scheiden, extraheren). In dit laatste is met name de agrosector sterk en daar kan samenwerking mee gezocht worden. En voor het opbouwen van eindproducten uit de chemische bouwstenen.

Biomassa voor productie van biobrandstoffen is wel mogelijk en ook een interessante weg, omdat het een goed alternatief is. Het heeft veel impact, omdat het om vervanging van grote volumes fossiele grondstoffen gaat. Echter, productie in Nederland op grote schaal wordt niet op korte termijn verwacht. De marges zijn te klein om de huidige installaties (krakers), die groot en technisch complex zijn, te vervangen of aan te passen. De bestaande raffinaderijen die benzine en diesel in vaste verhouding produceren, zijn kostbaar en daarnaast is het nog niet mogelijk om alle producten uit biomassa te maken die nu door raffinaderijen uit fossiele grondstoffen worden gemaakt. Bijmengen blijft daardoor een betere optie, mede omdat biobrandstoffen

vooral worden geproduceerd in landen met een groot arsenaal aan biomassa geschikt voor productie van biobrandstoffen. De stromen biomassa in Nederland zijn nu te klein en volatiel om de grote hoeveelheid fossiele grondstoffen te vervangen. Ook zijn biobrandstoffen vaak direct in competitie met voedsel. Mogelijk zal productie van 2e generatie biobrandstoffen wel kansen voor Nederland bieden. Dat zijn biobrandstoffen uit niet-voedsel gerelateerde bronnen, zoals oneetbare delen van planten, houtsnippers, energiegewassen, zoals wilgen en tarwestro die niet geschikt zijn voor consumptie. Daarnaast bieden 3e generatie biobrandstoffen (productie door middel van algen) mogelijk kansen voor Nederland.

Biomassa kan ook gebruikt worden voor energieopwekking. Dit zal met name door de energiesector worden gedaan en de chemie sector zal dus geen of een beperkte rol hierin spelen. Energieopwekking kan onder andere door vergisting (kleinschalig), vergassing (grootschalig). Bij vergisting (anaerobe fermentatie) wordt methaan geproduceerd en bij vergassing wordt synthegas (een mengsel van CO en H₂) geproduceerd, dat kan worden verbrand voor opwekking van

energie en warmte. Deze opwekking kan het meest efficiënt gebeuren in een warmtekrachtkoppelinginstallatie (WKK). Een andere manier van energie- en warmteopwekking is het direct verbranden van biomassa (bijvoorbeeld GFT in verbrandingsinstallaties), of door bijstook in kolencentrales (dat is nu beperkt tot 20% en gaat mogelijk naar 30%). Er kunnen ook nieuwe flexibele centrales worden ontwikkeld, waarin steenkool en biomassa door vergassing worden omgezet in elektriciteit en/of warmte, waarbij de CO₂ afgevangen kan worden.

Het verder ontwikkelen van biocascadering is mogelijk een goede ontwikkelweg die interessant is voor de chemiesector. Biocascadering betekent het inzetten van biomassa voor de meest hoogwaardige toepassing, waarna de reststromen worden gebruikt voor een meer laagwaardige toepassing (zoals opwekking van energie).

Er is nog veel ontwikkeling voor productie van groene bouwstenen en eindproducten

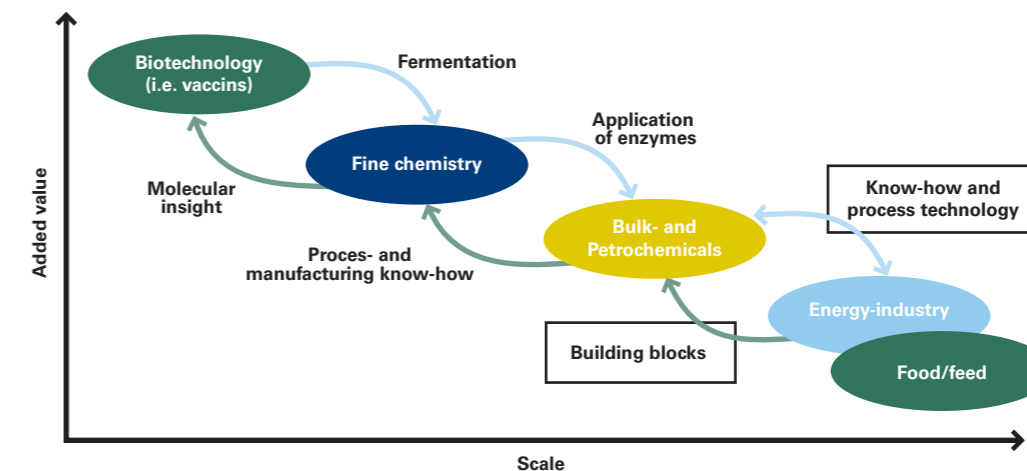
Er is nog veel ontwikkeling nodig om productie van groene bouwstenen en eindproducten (ook economisch) haalbaar

te maken. In het volgende plaatje is te zien dat door samenwerking tussen verschillende disciplines veel (integratie) voordelen kunnen worden behaald. Fermentatieprocessen worden toegepast in de productie van o.a. vaccins. Deze processen zijn in de afgelopen decennia verder ontwikkeld en toegepast in de productie van fijnchemicaliën (o.a. farmaceutische tussenproducten, antibiotica) in kleinschalige batchprocessen. Deze technologieoverdracht naar de fijnchemie was relatief gemakkelijk vanwege het eenvoudige karakter van batchprocessen. Na doorontwikkeling van deze fermentatieprocessen kunnen deze geleidelijk aan worden toegepast in de grootschalige productie van petro- en bulkchemicaliën, welke gekenmerkt worden door het continue karakter. De introductie van fermentatieprocessen in de bulkchemie staat vooralsnog nog in de kinderschoenen. Dit in tegenstelling tot fermentatieprocessen welke al langer toegepast worden in de food & feed industrie (bioraffinage), maar ook in de energiesector (lees: bioethanol industrie, raffinage). Hier heeft zich reeds een grootschalige infrastructuur ontwikkeld om de logistieke goederenstromen op gang te brengen (oogsten, transporteren, opslag). Deze kennis uit de agro- en energiesector kan weer overgedragen

worden naar de grootschalige fermentatieprocessen voor de productie van petro- en bulkchemicaliën. Vervolgens kan de fijnchemie haar lessen weer leren op het gebied van continue productieprocessen. De fijnchemie biedt vervolgens

verbeterde inzichten van biologische processen op moleculair niveau in een levend micro-organisme (van belang voor metabole engineering/biotechnologie).

FIGUUR 12: SAMENWERKINGSMOGELIJKHEDEN TUSSEN DISCIPLINES VOOR DE BIOBASED ECONOMY



Huidig gebruik van biomassa

In 2007 was het wereldverbruik van biomassa ongeveer 10% (46 EJ = geleverde energie) van het totale energiegebruik. Ter vergelijking: waterkracht neemt 26 EJ (ExaJoule = 1000 PJ) voor zijn rekening en kernenergie 26 EJ. Daarbij moet opgemerkt worden dat van de 46 EJ, 37 EJ niet commercieel wordt gebruikt, namelijk voor traditioneel en lokaal koken en verwarmen. Van de 9 EJ die commercieel wordt gebruikt, is 2,4 EJ voor elektriciteitsgebruik (25% conversie-efficiëntie), 4,0 EJ voor warmte (80% conversie-efficiëntie) en 2,6 EJ voor biobrandstoffen (65% conversie-efficiëntie).

Op dit moment wordt dus al een aanzienlijke hoeveelheid biomassa gebruikt voor productie van biobrandstoffen. Zo wordt door katalyse biodiesel geproduceerd uit plantaardige oliën (raapolie of koolzaad, maar ook uit palmolie en sojaolie), bio-ethanol voor bijmenging bij benzine uit fermentatie van suikers van suikerriet of uit tarwe, en bio-ethanol uit lignocellulose door fermentatie.

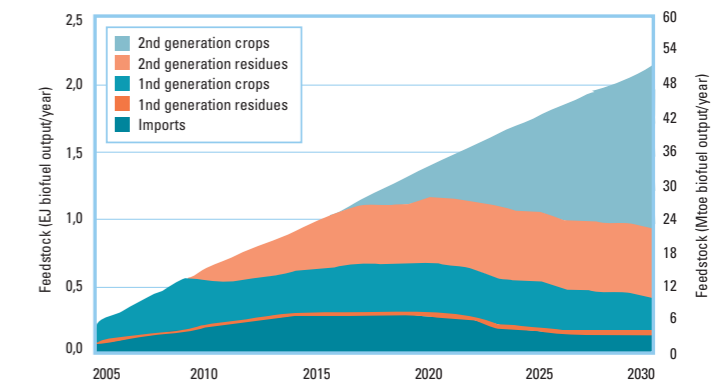
De productie van (bio-)ethanol gebeurt met name in Brazilië (16.500 miljoen liter in 2005) en ook in India (voor inlands gebruik) en de VS (16.230 miljoen liter in 2005). Wat biodiesel betreft, is vooral Duitsland een belangrijke producent (1.921 miljoen liter in 2005)³⁷.

In Nederland staan enkele kleine biobased fabrieken. Voor de ontwikkeling van fabrieken die chemische materialen ontwikkelen, lopen verschillende initiatieven. Er is al wel veel kennisontwikkeling op dit gebied, zoals in de volgende tabel is weergegeven. Wat biobrandstoffen betreft, zijn installaties voor de tweede generatie nu (nog) erg duur. Er zijn er enkele in de pilotfase.

Voorbeelden biomassa en energieopbrengst

Gewas	Opbrengst biomassa (odt/ha*jr)	Opbrengst energie in brandstof (GJ/ha jr)
Tarwe	4-5	-50
Mais	5-6	-60
Suikerbiet	9-10	~110
Soja	1-2	~20
Suikerriet	10-25	~200
Palmolie	10-15	~160
Jatropha	5-6	~60
SRG gematigd klimaat **	10-15	100-180
SRG tropisch klimaat**	15-30	170-350
Teelt grassen voor energie, goede teeltomstandigheden	10-20	170-230
Meerjarige gewassen op marginale/gedegradeerde gronden	3-10	30-120

VERWACHTING ONTWIKKELING BIOMASSA



Sluiten van de keten

Van keten naar cirkel

Het sluiten van de materiaalketen heeft tot gevolg dat er een nieuw deel van de keten (na gebruik van een product) bijkomt. We spreken dus niet meer van een keten, maar van een cirkel.

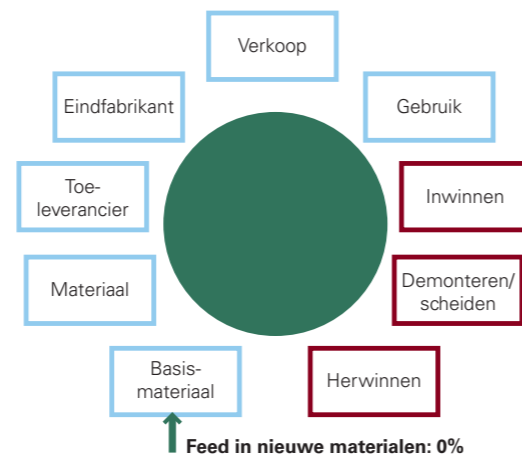
Na gebruik moet het product efficiënt kunnen worden ingezameld (reversed logistics). Dit kan door een aparte gescheiden retourlogistiek of door een efficiënte onttrekking aan de totale afvalstroom (wat voor consumentenproducten meestal het geval zal zijn). Soms worden dan niet alle materialen meer ingewonnen of kunnen deze niet meer ingewonnen worden, omdat ze uit de cirkel verdwijnen. Men spreekt dan van een lekstroom.

Na inwinning zal het product moeten worden gedemonteerd (eventueel kunnen dan onderdelen direct worden hergebruikt) en vervolgens worden gescheiden (tot op materiaalniveau). Uiteindelijk zal het materiaal herwonnen

moeten worden tot een materiaal dat weer voor een volgend product ingezet kan worden.

De gesloten cirkel ziet er dus uit als in figuur 13 en gaat bij 0% lekstromen uit van 0% feed in nieuwe materialen.

FIGUUR: SLUITEN VAN DE KETEN



Cradle-to-cradle producten worden op materiaalniveau gecertificeerd. Door het ontwikkelen van nieuwe cradle-to-cradle materialen kan de chemiesector sterk bijdragen aan het sluiten van de keten. De coatings (verf), lijmen, kunststoffen, rubbers en vezels die geproduceerd worden door de chemische industrie, komen daarvoor in aanmerking.

Daarnaast kan de chemiesector bijdragen door recycleprocessen (bijvoorbeeld het kraken van polymeren) uit te voeren. Het inwinnen van producten is daarbij een belangrijke uitdaging (reversed logistics).

Het sluiten van de keten voor zowel biogebaseerde als aardolie (of beter op fossiele grondstoffen)-gebaseerde producten kan op een aantal manieren. In de volgende figuur is de ladder van Lansink weergegeven met de voorkeursoplossingen bovenaan, hoewel preventie geen onderwerp is voor dit hoofdstuk, maar in hoofdstuk 3 (energie-efficiënte en recycling) al is behandeld.

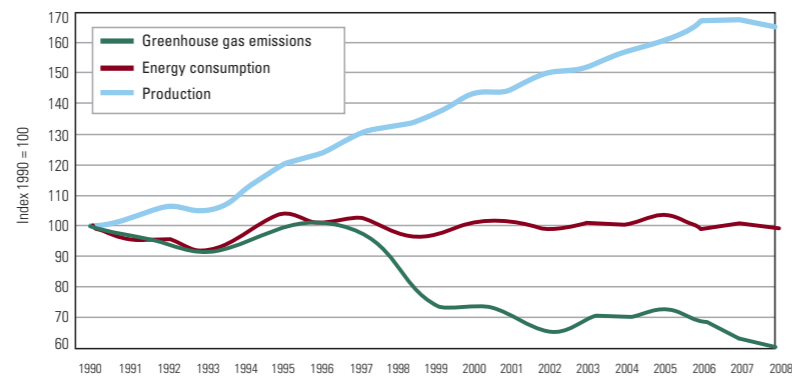
FIGUUR: LADDER VAN LANSINK



Bijlage V: Vorderingen beperking energieverbruik (MJA) en emissie

Hoewel de chemie dus een grootverbruiker van energie is en veel CO₂ uitstoot, worden er duidelijke vorderingen behaald op dit gebied. In de volgende figuur is weergegeven dat het energieverbruik nagenoeg gelijk blijft en de CO₂-emissie daalt, terwijl de productie stijgt.

Een oorzaak van de sterke afname in broeikasgasemissie is het *Europese emissiehandelssysteem* ETS (Emission Trading System), dat maatregelen belooft die broeikasgasemissie beperken (er zijn minder credits nodig).



Sources: Cefic Chemdata International and European Environment Agency (EEA)

* Including pharmaceuticals

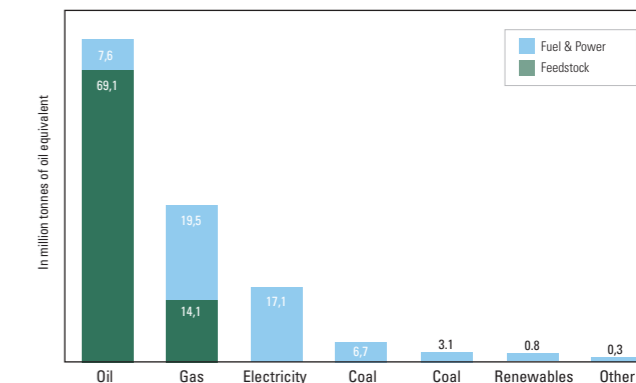
PRODUCTIE, ENERGIEVERBRUIK EN CO₂-UITSTOOT EUROPESE CHEMISCHE INDUSTRIE (BRON38)

In de volgende figuur is het energieverbruik van de chemie-sector weergegeven. De Europese chemiesector verbruikt ongeveer 12% van totale hoeveelheid energie in Europa. Met name olie en gas worden verbruikt, zowel voor grondstof voor de bereiding van chemisch bouwstenen als voor warmte en elektriciteit (utilities).

Beperking energieverbruik onder MJA1 en MJA2

De chemiesector heeft onder het MJA1- en MJA2-programma een grote totale energie-efficiëntie weten te realiseren. Er is in de periode 1998 - 2008 een totale energie-efficiëntieverbetering gerealiseerd van 26,9% ten opzichte van het referentiejaar 1998 (voor tweederde door verbetering van de procesefficiëntie). Dit heeft ook direct een lagere CO₂-uitstoot tot gevolg. In de volgende figuur en toelichting zijn de resultaten uit MJA1 en MJA2 verder toegelicht.

ENERGIEVERBRUIK DOOR CHEMIESECTOR IN EUROPA IN 2008 (BRON: CEFIC³⁹)



Source: Eurostat * Including pharmaceuticals 2008

Resultaten MJA1 en MJA2 (bron: Agentschap NL40):**Deelnemende inrichtingen MJA2:** 44 (37 bedrijven)**Energieverbruik:** 5,9 PJ (1998) en 10,2 PJ (2008)**Resultaat in 2008:**

- 43 bedrijven hebben deelgenomen aan de monitoring.
- 1,7% verbetering van de totale energie-efficiëntie ten opzichte van 2007, onderverdeeld naar procesefficiëntie -0,2%, duurzame energie 1,7% (ook inkoop van duurzame energie), energiezuinige productontwikkeling 0,2%.
- In 2008 treffen de deelnemers 76 verschillende maatregelen op het gebied van procesefficiëntie. Dit leidt tot een besparing van 162 TJ.
- De deelnemers besparen in 2008 met energiezuinige productontwikkeling 101 TJ.
- De besparing door 44 verbredingsthemamaatregelen is voor 2008 bij duurzame energie met 181 TJ toegenomen en bij energiezuinige productontwikkeling met 24 TJ gestegen.
- 40 inrichtingen zijn ISO 14001 gecertificeerd (met geïntegreerde energiezorg) en/of voldoen aan de vastgestelde normen voor een energiezorgsysteem.

Resultaat 1998 - 2008:

In de looptijd van MJA2, dat wil zeggen vanaf 2001 tot en met 2008, is in totaal 1.341 TJ bespaard door energiebesparende maatregelen in het productieproces en 1.295 TJ door maatregelen op het gebied van duurzame energie en energiezuinige productontwikkeling, resulterend in 26,9% totale energie-efficiëntieverbetering.

Het MJA3 richt zich dus primair op energie-efficiëntie; andere duurzaamheidsindicatoren (ook CO₂ en gebruik van schaarse materialen) zijn niet meegenomen. Er zal altijd een afweging gemaakt moeten worden tussen energie-efficiëntie en andere duurzaamheidsaspecten. Een goede uitzondering is bijvoorbeeld gebruik van water. Door sommige bedrijven wordt water gebruikt voor koeling, waarna het water gereinigd en weer teruggebracht wordt. Dit kost energie, maar is vanuit duurzaamheidsoptiek een zeer goede keuze.

Beperking energiegebruik onder MEE

De bedrijven die deelnemen aan de MEE, hebben een verbetering van de energie-efficiëntie laten zien van 1,4% in 2007 ten opzichte van 2006.

Resultaten MEE (bron: Agentschap NL41):**Deelnemende inrichtingen Chemie Convenant BM Energie-efficiëntie: 77****Energieverbruik:** 326 PJ (1999) en 392 PJ (2007*)**Resultaat in 2007:**

- 77 bedrijven hebben deelgenomen aan de monitoring.
- 1,4% verbetering van de totale energie-efficiëntie ten opzichte van 2006 ten gevolge van procesefficiëntie.

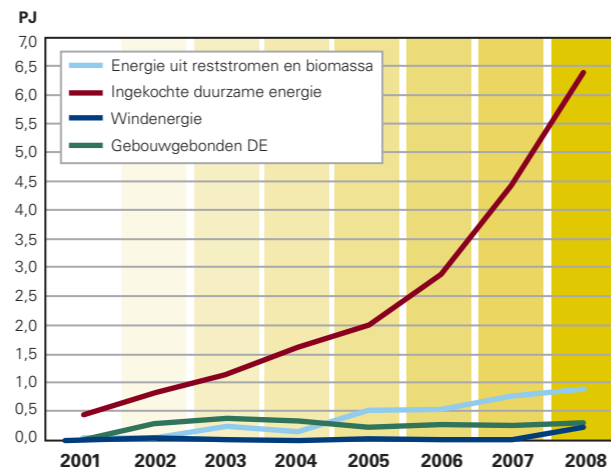
Resultaat 1998 - 2008:

In 2008 is een beperkte monitoring uitgevoerd.

Gebruik duurzame energie van alle MJA2-bedrijven

De volgende figuur geeft weer in welke mate duurzame bronnen door MJA2-bedrijven (uit alle sectoren) worden gebruikt. Het inkopen van duurzame energie kent de grootste groei, gevolgd door energie uit reststromen, gebouwgebonden duurzame energie (met name koude-warmtewisseling, die bij MJA onder duurzame energie valt) en windenergie.

FIGUUR: GEBRUIK DUURZAME ENERGIE MJA2-BEDRIJVEN⁴²



Bijlage VI: Beschrijving actielijnen Regiegroep Chemie

De Regiegroep Chemie heeft om de ambitie te bereiken, een actieplan opgesteld met de volgende innovatie- en actielijnen:

Overzicht innovatielijnen, actiepunten en aanknopingspunten Regiegroep Chemie⁴³

4 Innovatielijnen:

- Industriële biotechnologie
- Katalyse & duurzame processen
- Materialen
- Procestechnologie

4 Actielijnen:

- Verbeteren kennisinfrastructuur
- Publiek-private samenwerking
- Innovation Labs
- Centres for Open Chemical Innovation
- Human Capital
- Imago van de chemiesector
- Wet- en regelgeving

5 Aanknopingspunten voor innovatie:

- Groene grondstoffen
- Biochemische processen en producten
- Proces-intensificatie
- Energiebesparing in de productketen
- Nanotechnologie

In 2032 moet de Nederlandse chemiesector mondiaal excelleren op de vier innovatielijnen: industriële biotechnologie, katalyse & duurzame processen, materialen en procestechnologie.

Voor deze gebieden zijn verschillende innovatieprogramma's ontwikkeld, waarin de sector samenwerkt met universiteiten en overheid.

Industriële biotechnologie

Deze innovatielijijn richt zich op het met behulp van biotechnologie ontwikkelen van nieuwe chemische producten met een hoge toegevoegde waarde (m.n. specialties). De innovatielijijn onderscheidt zich van 'katalyse en duurzame processen' in die zin dat hier de focus ligt op het ontwikkelen van nieuwe producten. Beide innovatielijijnen benutten biotechnologische kennis.

Katalyse en duurzame processen

Deze innovatielijijn richt zich op het ontwerpen van procesroutes voor bepaalde chemische conversies, waarbij gestreefd wordt naar een zo laag mogelijk energiegebruik, zo weinig mogelijk emissies en afval, en een vermindering van gebruik van fossiele grondstoffen. (Bio)katalyse is hierbij een belangrijke optie, evenals het ontsluiten van niet-fossiele grondstoffen en het benutten van emissiearme energiedragers (waterstof).

Materialen

Deze innovatielijijn richt zich op het ontwikkelen van (polymeer)materialen met specifiek gewenste materiaaleigenschappen, met een minimale ecologische impact en tegen zo laag mogelijke kosten.

Procestechnologie

Deze innovatielijijn richt zich op de technologie voor het zo resource-efficiënt (in termen van grondstof, hulpstof, energie, kapitaal, afvalstromen en in mindere mate menskracht) mogelijk uitvoeren van een chemisch proces. Het chemische proces als zodanig is hierbij een gegeven.

Om op deze vier inhoudelijke gebieden excellent te worden, is het van belang dat de Nederlandse kennisinfrastructuur toonaangevend wordt. Vandaar dat er vier actielijnen zijn ontwikkeld om dit te realiseren: verbeteren kennisinfrastructuur, publiek-private samenwerking, innovation labs (om start-ups te stimuleren) en COCI's (Centers for Open Chemical Innovation (om samenwerking te stimuleren). Daarnaast zijn er drie ondersteunende maatregelen ontwikkeld om de human capital te stimuleren (stimuleren van kenniswerkers in de chemie), het imago van de sector te verbeteren en wet- en regelgeving mede vorm te geven.

In de aanloop naar het nieuwe regeringsprogramma heeft de VNCI de doelen van het Business Plan Chemie meegevoerd in haar Energievisie, als leidraad voor de bijdrage die de VNCI wil leveren aan de kabinetsdoelen. De VNCI beschrijft in de Energievisie vijf aanknopingspunten voor innovatie: groene grondstoffen, biochemische processen en producten, procesintensificatie, energiebesparing in de keten en nanotechnologie.

Bijlage VII: Geïnterviewden en deelnemers sessie

Geïnterviewden

Bedrijf	Persoon
Croda	heer Zwakhals
Yara	heer Van Damme
Latexfalt	heer Lommerts
DOW Benelux	heer Van Harten
LyondellBasell	heer Olijve
Teijin Aramid B.V.	mevrouw Beers
Airproducts	heer Meyboom
Shell	heer Mooldijk & mevrouw Van der Heijden
Purac	heer Freijssen

Deelnemers aan sessie

Bedrijf	Persoon
Akzo Nobel Energy B.V. (Amersfoort)	heer Feenstra
Akzo Nobel Functional Chemicals B.V. (Herkenbosch)	heer Van der Hoek
Akzo Nobel Industrial Chemicals B.V. (Amersfoort)	heer Klein
Akzo Nobel Polymer Chemicals B.V. (Amersfoort)	heer T' Sas
BASF Nederland B.V. Catalyst Division	heer Berben
Bio MCN BV	heer Compagne
Dishman Netherlands B.V.	heer Pluim
DSM Nederland BV	heer Stadler
DSM CO&RC	heer Donker
Eastman Chemical Middelburg B.V.	heer Hullu
ESD-SIC BV	heer Demmink
Huntsman Holland BV	heer Thring
Kolb Nederland B.V.	heer Peters
Latexfalt B.V.	heer Lommerts
SABIC (Geleen)	heer Kuijpers
SABIC	heer Tock

Bedrijf	Persoon
SABIC (Sittard)	heer Bosman
Sekisui S-LEC B.V.	heer Mellema
Shell Global Solutions International B.V.	heer Hesselink
Shell Nederland Chemie B.V.(Moerdijk)	heer Van Raaphorst
Teijin Aramid B.V.	mevrouw Beers
Tronox Pigments (Holland) B.V.	heer Klinckhamers
Utility Support Group B.V.	heer Tolboom
Van Gansewinkel Nederland bv	heer Van Hevelingen
VOTOB	heer Von Hombracht
WAVIN	heer Cremer

Bijlage VIII: Geraadpleegde literatuur

Noten

1. Businessplan, Sleutelgebied Chemie zorgt voor groei, Regiegroep Chemie, 2006.
2. Monitoringrapportage innovatietraject Chemie, SenterNovem, 2009.
3. BP statistical review of World Energy 2010, British Petroleum 2010
4. Dreaming with BRIC's: The Path to 2050, Goldman Sachs, 2003.
5. World at Six Billion, VN, <http://www.un.org/esa/population/publications/sixbillion/sixbillion.htm>.
6. Gebaseerd op: Consultatieronde industriebrief, Berenschot, 2008.
7. Facts and Figures, Cefic, 2009.
8. Facts and Figures, Cefic, 2010
9. De productiewaarde betreft alle voor verkoop bestemde goederen (ook de nog niet verkochte) tegen marktprijzen. De productiewaarde en omzet (of sales) komen grotendeels overeen, met het verschil dat bij de omzet ook opbrengsten uit vaste activa, kostprijsverhogende belastingen en overige bedrijfsopbrengsten worden meegenomen.
10. Productiewaarde min de inkoopkosten
11. CBS, statline (www.statline.nl).
12. Gebaseerd op: Consultatieronde industriebrief, Berenschot, 2008
13. Foto sleutelgebieden, Berenschot, 2008.
14. Hoofdkantoren een hoofdzaak, BCG, 2008
15. Foto sleutelgebieden, Berenschot, 2008.
16. Gebaseerd op: Consultatieronde industriebrief, Berenschot, 2008
17. BP statistical review of World Energy 2010, British Petroleum 2010
18. Facts and Figures, Cefic, 2010
19. http://www.shell.com/home/content/aboutshell/our_strategy/shell_global_scenarios/
20. Groenboek, Energietransitie, Platform Groene Grondstoffen, 2007

21. Groenboek, Energietransitie, Platform Groene Grondstoffen, 2007
22. Stimulering van de economische potentie van duurzame energie voor Nederland, Roland Berger, 2010
23. Groenboek, Energietransitie, Platform Groene Grondstoffen, 2007
24. www.vrom.nl
25. www.vrom.nl
26. www.vrom.nl
27. www.vrom.nl
28. Planning CO₂-opslag Barendrecht, Brief van minister EZ aan Tweede Kamer, 13 juni 2010
29. www.k12-b.nl
30. Plastic – The Facts 2010, Plastics Europe, 2010
31. Innovations for Greenhouse Gas Reductions, ICCA en Responsible Care
32. Agentschap NL. Protocol Monitoring Duurzame Energie, 2008
33. Facts and Figures, Cefic, 2010
34. Groenboek, Energietransitie, Platform Groene Grondstoffen, 2007
35. Groenboek, Energietransitie, Platform Groene Grondstoffen, 2007

36. Biomassa, hot issue, slimme keuzes in moeilijke tijden, Energie Transitie, 2008.
37. Biomassa, hot issue, slimme keuzes in moeilijke tijden, Energie Transitie, 2008.
38. Facts and Figures, Cefic, 2010
39. Facts and Figures, Cefic, 2010
40. Meerjarenaafspraken energie-efficiency; Resultaten 2007, SenterNovem, 2008.
41. Agentschap NL; benchmarkgegevens.
42. Meerjarenaafspraken energie-efficiency; Resultaten 2007, SenterNovem, 2008.
43. Monitoringrapportage innovatietraject Chemie, SenterNovem, 2009.

Overig geraadpleegde literatuur

1. ABN AMRO, Brancherapporten (www.abnamro.nl).
2. Benchmark chemie en chemische technologie, Ministerie van Economische Zaken, 2009
3. Businessplan, Sleutelgebied Chemie zorgt voor groei, Regiegroep Chemie, 2006.
4. Chemicals Trends Report, Cefic, 2009.

5. Competitive Strategy – Techniques for Analyzing Industries and Competitors, Michael E. Porter, The Free Press, 1980, New York.
6. Dreaming with BRIC's: The Path to 2050, Goldman Sachs, 2003.
7. Enabler of a Sustainable Future: The European Chemical Industry A brief summary of the report from the High Level Group on the Competitiveness of the European Chemicals Industry, Cefic, 2009.
8. Future Factory, NEVAT, 2005.
9. High Level Group on the Competitiveness of the European Chemicals Industry, European Commission, 2009.
10. Innovatie in, door en van de Nederlandse chemiesector, uitwerking businessplan, Regiegroep Chemie, 2007.
11. Innovations for Greenhouse Gas Reductions, ICCA en Responsible Care, 2009.
12. Monitoringrapportage innovatietraject Chemie, SenterNovem, 2009.
13. My Industry Outlook 2010, ING, 2009.
14. Nulmeting Chemie, Dialogic, 2008.
15. Polymer Innovation Programma, Regiegroep Chemie, 2007.
16. Rabobank, Trends en Cijfers (www.rabobank.nl).
17. Roadmap Process Intensification, regiegroep Chemie, 2007.
18. The World in 2050, Beyond the BRICs: a broader look at emerging market growth prospects, PricewaterhouseCoopers, 2008.
19. The World in 2030, Ray Hammond, 2008.
20. Shell energy scenarios to 2050, Shell, 2008.
21. Uitgebreide vergelijkingsanalyse van beleidsdocumenten van de overheid en de sector chemie rondom energie en klimaat, SenterNovem, 2009.
22. Uitvoering intentieverklaring Chemische Industrie Jaarrapportage 2008, VNCI, 2009.
23. World at Six Billion, VN, <http://www.un.org/esa/population/publications/sixbillion/sixbillion.htm>.
24. Nederlandse gasvelden bij uitstek geschikt voor CO₂-opslag, TNO, dr. A.F.B. Wildenborg





Agentschap NL
Ministerie van Economische Zaken

VNCI
Het Synthesium (Castellum), ingang C
Loire 150
2491 AK Den Haag
www.vnci.nl