



Denktank Energiemarkt

Industriële warmtemarkt



CE Delft

Committed to the Environment

Denktank Energiemarkt

Industriële warmtemarkt

Als vervolg op de discussies over de elektriciteitsmarkt en de lage temperatuur warmtemarkt, heeft de Denktank Energiemarkt zich op 24 juni 2015 over de industriële warmtevraag, de hoge temperatuur warmtevraag, gebogen. Ook hier is weer de zichtlijn 2025-2030 gericht op een ontwikkeling naar een klimaatneutrale economie in 2050. Voor de ETS-bedrijven betekent dit een CO2-reductie van circa 90% in 2050.

Welke ontwikkelingen zijn in de periode 2020-2030 te verwachten, welke acties lijken aanvullend nodig op het gebied van betaalbaar, betrouwbaar en schoon, en wat voor beleid is daarvoor nodig.

Deze notitie valt geheel onder de verantwoordelijkheid van CE Delft. Het bevat de onderwerpen die zijn besproken door de Denktank, maar geeft niet de mening weer van afzonderlijke leden van de Denktank.

Delft, CE Delft, oktober 2015

Deze notitie is opgesteld door:

F.J. (Frans) Rooijers

H.J. (Harry) Croezen

J.S. (Sebastiaan) Hers

CE Delft
Committed to the Environment

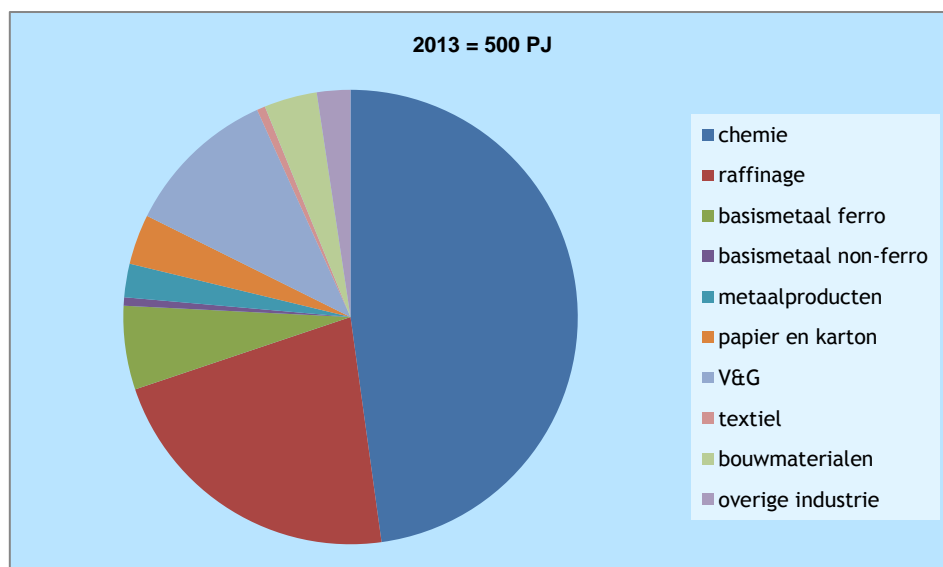
CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



1 Industriële warmtevraag

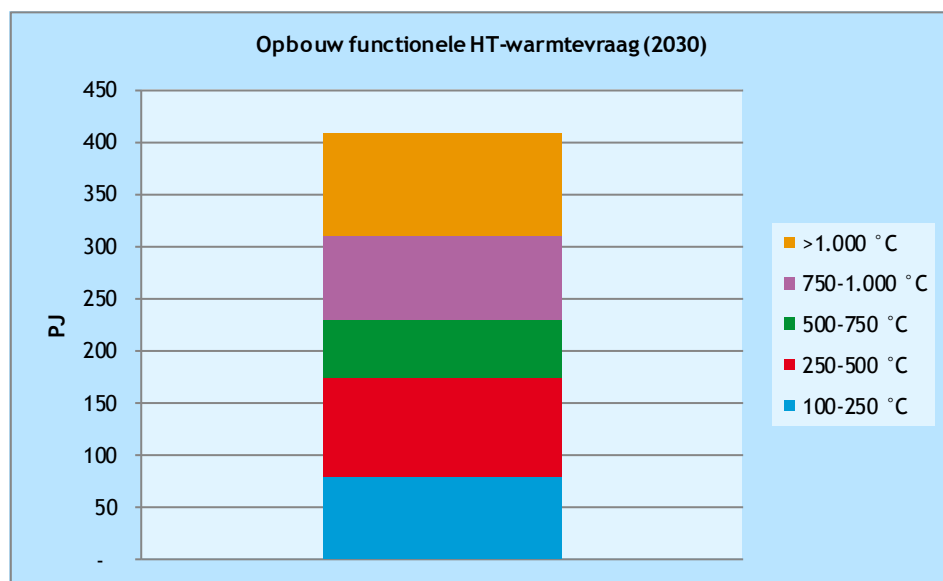
De warmtevraag in Nederland is al jaren min of meer constant. Van het totale finale energetische eindgebruik aan energie in de industrie komt meer dan 80% of ruim 500 PJ/jaar voort uit warmtebehoefte in de vorm van stoom op verschillende drukniveaus of voor ondervuring van fornuizen. De industriële warmtevraag betreft bijna 20% van de totale Nederlandse primaire energieconsumptie. De productie van elektriciteit valt buiten dit kader.

Figuur 1 Industriële warmtevraag verdeeld over de sectoren



De warmtevraag is vrij stabiel. Alleen als Nederland een afwijkend beleid gaat voeren t.o.v. de andere EU-landen, zoals meer dan 50% hernieuwbare energie in 2030, zal de functionele warmtevraag sterk veranderen. Grote veranderingen kunnen ontstaan als de productie van olieproducten zou verdwijnen, bijvoorbeeld door ingrijpende regelgeving in de transportsector.

Figuur 2 Functionele HT-warmtevraag



Bron: (CE Delft, 2014).

Mogelijkheden per cluster	Warmtevraag, PJ/jaar	Mton CO ₂ /jaar
Transportbrandstof/plastics	315	17,0
Kunstmestsector	22	1,3
Staalindustrie	36	3,7
Stoomconsumenten	131	6,2
Ondervuren	44	2,6

De warmtevraag wordt vooral voorzien met:

- aardgas;
- decentrale WKK's op basis van aardgas.



2 Uitdaging voor de industrie

Voor de komende decennia zijn de afspraken over het mondiaal te voeren klimaatbeleid met concrete ETS-plafonds, mondiale energieprijsontwikkelingen en invoering van hernieuwbare energie, het meest leidend voor de ontwikkeling van de industriële warmtevraag en de wijze waarop daarin wordt voorzien.

De uitdaging voor de industrie is om concurrerend te blijven bij sterke veranderingen in de kosten en eisen aan het energiegebruik voor het productieproces en grondstoffen. Het doel is om innoverende processen en nieuwe business cases rondom het gebruik van duurzame grondstoffen en energiebronnen van de grond te krijgen om daarmee invulling te geven aan de duurzame groei agenda.

Op dit moment zien we een lagere rentabiliteit van WKK-installaties met de verwachting dat vervangingsinvesteringen achterwege zullen blijven. Op termijn (2020-2030) verwachten we wel weer een opleving als de waarde van piekvermogen toeneemt.

Het gevolg is dat de warmtevraag de komende tijd vooral door aardgas wordt geleverd met uitzondering van de staalproductie waarvoor kolen worden gebruikt. Onder de huidige randvoorwaarden van lage elektriciteitsprijzen, relatief hoge gasprijzen en een lage CO₂-prijs zal het proces van verlaging van de hoge temperatuur warmtevraag niet snel gaan en zullen weinig hernieuwbare brandstoffen worden ingezet. Dat geldt voor de bulk van industriële bedrijven die vooral naar de kosten kijkt.

Koplopers

Daarnaast is er een groep bedrijven die nadrukkelijk kiest voor duurzame ontwikkeling verwoord door World Business Council for Sustainable Development. Een groep bedrijven waarvan de CEO's enerzijds het eigen bedrijf ontwikkelt naar sustainable opereren, en anderzijds pleit voor mondiale maatregelen om dit voor alle bedrijven te laten gelden:

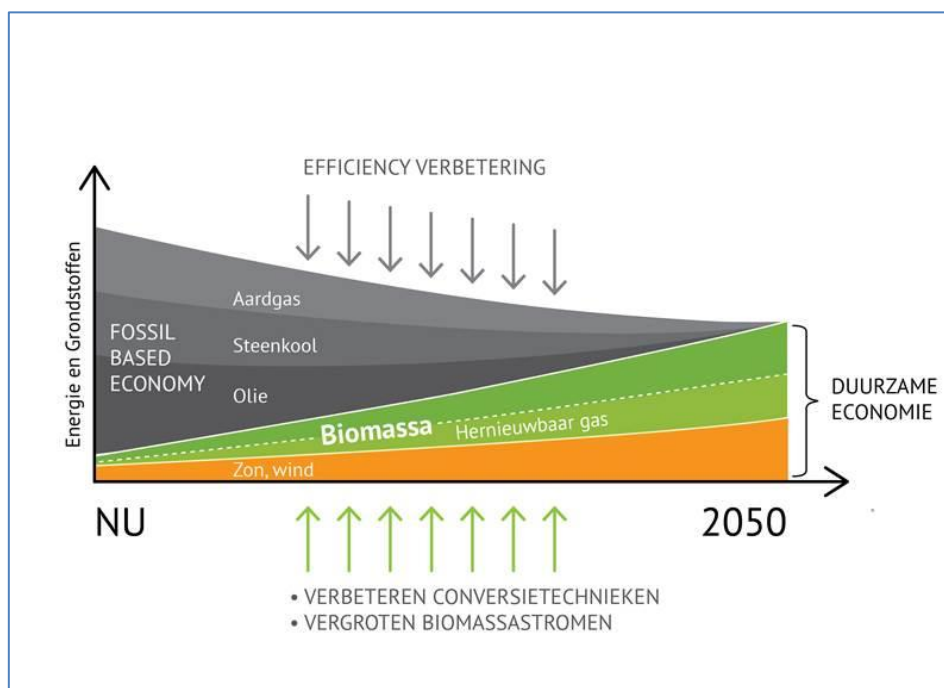
- incorporating the costs of externalities, starting with carbon, ecosystem services and water, into the structure of the marketplace;
- doubling agricultural output without increasing the amount of land or water used;
- halting deforestation and increasing yields from planted forests;
- halving carbon emissions worldwide (based on 2005 levels) by 2050 through a shift to low-carbon energy systems;
- improved demand-side energy efficiency, and providing universal access to low-carbon mobility.

Het energiegebruik is daarbij een belangrijk aangrijpingspunt. Op vele niveaus is het doel dus om toe te werken naar een koolstofarme industrie in 2050, oftewel het verduurzamen van het energie- en grondstoffengebruik, maar hoever we daarmee in 2030 zijn is nog onduidelijk.



Perspectief

In 2050 zal de economie voor een belangrijk deel circulair¹ en biobased zijn, en de energievoorziening duurzaam, zoals recent verwoord door minister Kamp van Economische Zaken². De biomassa wordt zo nuttig mogelijk voor de economie toegepast.



De transitie naar een biobased economy en duurzame energievoorziening zal niet vanzelf gaan. Knelpunten en mogelijke oplossingen daarvoor staan beschreven in Bijlage C.

De precieze uitwerking zal er voor elke sector anders uitzien, vanwege verschillen in de aard van het energie/grondstoffengebruik en vanwege verschillen in de beschikbare alternatieven. Zie hiervoor Hoofdstuk 3 en 4 en de bijlagen. Het is daarnaast ook een internationaal proces, waarvan de voortgang mede afhankelijk is van internationale ontwikkelingen.

¹ De circulaire economie is ook één van de speerpunten van de EU, zie (http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm 'What we need is a more circular economy. This means re-using, repairing, refurbishing and recycling existing materials and products').

² Brief minister Kamp aan Tweede Kamer d.d. 7 okt. 2014; DGETM/14148618.

3 Mogelijkheden om vraag te verduurzamen

Er is voor 2030 een aantal productiemogelijkheden om HT-warmte te verduurzamen. Dit zijn de opties naast de nu al veel gebruikte opties:

- energiebesparing;
- co-siting (ketenmanagement);
- vaste en gasvormige biomassa;
- aardgas CCS;
- decentrale WKK's op basis van biomassa;
- elektrische verwarming.

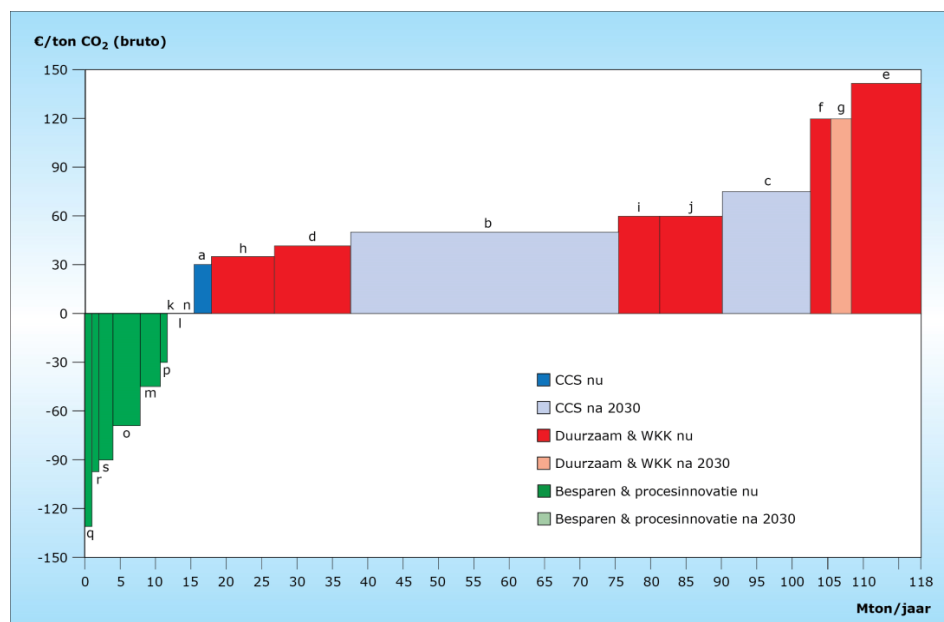
De levering van HT-warmte aan de industrie is over het algemeen complexer dan de levering van LT-warmte, omdat bedrijfsprocessen in grote mate op elkaar afgestemd moeten zijn (gelijktijdigheid van aanbod en vraag) en het aanleggen van de fysieke infrastructuur tot complexe situaties kan leiden.

Een groot deel van de belemmeringen kan worden opgelost door vroegtijdig te sturen op co-siting van industriële processen, waarbij partijen aan elkaar worden gekoppeld om maximale synergie te bereiken.

Een bijzondere optie wordt power-to-heat, waarbij elektriciteit uit zon en wind op momenten van overschot tegen lage kosten wordt gebruikt voor substitutie van aardgas voor de productie van HT-warmte. De bedrijfstijd van deze optie is beperkt (naar verwachting tussen de 500 en 1.500 uren medio jaren 20) en kan alleen naast een andersoortige verwarmingstechniek worden gebruikt. Het potentieel wordt op dit moment geschat op 6 GW voor temperaturen tot 260°C .

De snelheid waarmee de veranderingen in de industrie zullen plaatsvinden hangen sterk af van de CO₂-prijs. In Figuur 3 zijn mogelijke maatregelen geordend als functie van de CO₂-prijs.

Figuur 3 CO₂-reductiekromme industriële warmtevraag



Tabel 1 CO₂-reductieopties industrie en E-sector in de periode tot circa 2025/2030

	Nr.		Mton/ jaar	€/ton CO ₂ (bruto)
CCS	a	Hoogzuivere CO ₂ -bronnen Rotterdam	2,5	25
	b	Kolencentrales, H ₂ -fabrieken	38	55
	c	Grootschalige gasgestookte vuurhaarden	12,5	80
Hernieuwbaar en WKK	d	Wind op land	11	20
	e	Wind op zee	10	173
	f	Zon-PV	3	160
	g	Diepe geothermie maximaal	3	118
	h	Biomassa (s) ketel maximaal	9	33
	i	Meestoken	6	62
	j	WKK	9	59
			51	
Besparen en procesinnovatie	k	Procesintensivering chemie	2	0
	l	Innovatieve destillatie chemie	1	0
	m	Hisarna staal	3	-45
	n	Optimalisatie metaalproductie	1	0
	o	Aluminium recycling	4	-69
	p	Verbeteringen raffinaderijen	1	-30
	q	Verbeteren isolatie	1	-131
	r	Optimalisatie stoomcyclus	1	-98
	s	Efficiëntere elektrisch apparatuur	2	-90
			14	

Kosten inclusief kosten voor transport en opslag.

Bronnen: SDE+ basisbedrag adviezen; ECN-optiedocumenten; CE Delft, 2014; CE Delft, 2010.

Energiebesparingsmaatregelen voor HT-warmte zijn over het algemeen minder beschikbaar dan voor LT-warmte. Omdat bedrijven die werken met HT-warmte veelal goed op de hoogte zijn van hun energieverbruik voor warmte en het grote aandeel in de productiekosten van het energieverbruik, worden veel besparingsmaatregelen ook al getroffen. Desalniettemin is er nog een besparingspotentieel van circa 14 Mton. Als eerste zal bij stijgende CO₂-prijzen nog veel energiebesparing kunnen worden gerealiseerd. Maar zodra de prijs van CO₂ boven de € 25 per ton komt komen onconventionele technieken in beeld om tegen de laagste kosten HT-warmte te produceren. CCS lijkt in principe vanaf 2025 grootschalig te kunnen worden uitgerold, als de prijs boven de € 25 gaat komen en mits de benodigde infrastructuur voor die tijd is gerealiseerd en offshore productieplatforms met oog op opslag van CO₂ in de mottenballen gaan tot moment van uitrol.

Toepassing van CCS in combinatie met aardgas voor de productie van HT-warmte is voor Nederland een voor de hand liggende optie, maar deze krijgt nog weinig prioriteit in lopende onderzoeksprogramma's. Tot nu toe is alle aandacht gericht op het laag houden van de CO₂-kosten voor de industrie, terwijl er nog geen transitiepad is naar een forse CO₂-reductie in deze sector. Door de grote hoeveelheid gratis rechten kan slechts energiebesparing worden gestimuleerd en niet grootschalige toepassing van biomassa of CCS, omdat slechts over de marginale emissies een hoge prijs moet worden betaald.

De uitdaging voor de HT-warmtevraag is om enerzijds procesvernieuwing en co-siting te ontwikkelen en anderzijds CCS en/of biomassa toe te passen. Een uitdagende manier is om dit te doen met een hoge energie- en CO₂-prijs

zonder dat de energiekosten voor de industrie hoger worden, en daarmee de concurrentiepositie in gevaar zou kunnen komen.

4 Mogelijkheden voor de langere termijn

Als de externe kosten van het energiegebruik worden verdisconteerd in de energiekosten dan zal de industrie twee manieren hebben om hierop te reageren en enerzijds de energievraag sterk te verminderen en anderzijds energiebronnen te gebruiken die weinig tot geen CO₂-emissie veroorzaken.

Per cluster van de industrie wordt hierna geschetst welke rol de volgende opties voor CO₂-reductie hebben:

- procesinnovatie;
- CCS;
- inzet van hernieuwbare energie;
- mogelijkheden voor inzet van biomassa als grondstof en secundaire grondstoffen.

In de schets worden verschillende ‘clusters’ van industriële sectoren onderscheiden op basis van schaalgrootte van installaties, toegepaste energiedragers en mogelijkheden voor CO₂-reductie. In Bijlage B zijn de maatregelen verder toegelicht.

4.1 Raffinagesector en organische basischemie

De sectoren raffinage (van aardolie) en organische basischemie zijn beide op dit moment volledig gericht op conversie van aardolie (en aardgascondensaat) in brandstoffen en chemische producten - voornamelijk plastics - die vervolgens³ diffuus worden gebruikt en worden omgezet in CO₂.

De enige manier om deze diffuse CO₂-emissies te reduceren is door aardolie te vervangen door een hernieuwbaar alternatief. Dit vergt of complete ombouw of complete vervanging van beide sectoren en de daarin gebruikte processen.

4.2 Kunstmestsector

De kunstmestsector is als aparte categorie beschouwd met het oog op:

- het grote aandeel van ammoniakproductie in het totale warmtegebruik en energiegebruik van deze sector;
- de goede mogelijkheden om tegen beperkte kosten bij ammoniakproductie CO₂-procesemissies sterk te reduceren en energiegebruik in ammoniak productieproces te verduurzamen:
 - Lage kosten voor CCS - procesgerelateerde CO₂ (75-80% van de totale CO₂-emissie) komt al vrij als een vrijwel zuivere stroom en kan tegen lage kosten worden opgewerkt (gedroogd) en gecompriemd voor eeuwigdurende geologische opslag.
 - Bestaande technische mogelijkheden voor verduurzaming via elektrificatie - productie van ammoniak kan worden gebaseerd op waterstof uit water elektrolyse. Hiervoor kan elektriciteit uit hernieuwbare bronnen worden gebruikt. De eerste ammoniakfabrieken waren op deze productieroute gebaseerd en nog steeds zijn er in

³ Dit geldt zeker voor de door de raffinagesector geproduceerde brandstoffen - ruim 90% van de totale productie op massabasis.



gebieden met goedkope waterkracht ammoniakfabrieken die enkele honderden MWe gebruiken voor waterelektrolyse.

4.3 Staalindustrie

De staalindustrie is als aparte categorie beschouwd vanwege het unieke karakter van het productieproces en de beperkte mogelijkheden om dit proces te vergroenen/koolstofextensiever te maken.

Technische opties die makkelijke integratie met hernieuwbare energie toelaten, zoals elektrolyse van ijzererts, lijken niet van de grond te komen en lijken niet de stap te kunnen maken naar industriële productieschaal. De enige bestaande route is reductie van ijzererts door chemische binding van zuurstof aan een reductiemiddel.

Staalproductie uit ijzererts vergt chemische binding van zuurstof uit ijzererts bij hoge temperatuur en scheiding van ijzer en ganggesteente door smeltzuivering. Voor het handhaven van hoge temperaturen is waterstof minder wenselijk omdat gevormde waterdamp relatief veel warmte afvoert. Om die reden worden in de praktijk vooral steenkool en cokes toegepast als reductiemiddel. Gebruik van waterstof en waterstofrijke brandstoffen als aardgas is minder efficiënt. Gebruik van onbehandelde biomassa - met een relatief hoog gehalte aan zuurstof - is überhaupt niet mogelijk. Biomassa behandelen om een product met hoger koolstofgehalte te krijgen, is duur.

De technologie ontwikkelt zich naar directe reductie in de smeltfase van ijzererts met steenkool, bijvoorbeeld in de vorm van COREX-proces en Hisarna-proces. De geproduceerde restgassen hebben een zeer hoog CO₂-gehalte en lenen zich uitstekend voor CCS.

CCS is ook bij het conventionele hoogovenproces goed integreerbaar.

4.4 Stoomgebruikers

Deze cluster omvat de sectoren:

- overige chemie;
- voedingsmiddelenindustrie;
- papierindustrie;
- textielindustrie.

Deze industriële sectoren worden gekenmerkt door een warmtevraag op (voornamelijk) lagere temperaturen en vooral in de vorm van stoom (voor destillatie, koken, reinigen) en in beperkte mate hete lucht voor met name drogen bij lagere temperaturen (< 250°C). De warmtevraag heeft in de regel een beperkt vermogen van enkele tot enkele tientallen MW_{th} en wordt nu met aardgas gedekt. Beide aspecten maken de processen en emissiebronnen minder geschikt voor CCS. Procesinnovatie is hier de belangrijkste manier van verduurzamen door substitutie van warmtevragende processen door elektriciteit gedreven processen (membranen om te scheiden).

4.5 Ondervuren

Deze cluster omvat de sectoren:

- non-ferro basismetalaalindustrie;
- metaalproductenindustrie;
- bouwmaterialenindustrie;
- overige industrie.



In veel processen in deze sectoren is hoge temperatuur warmte nodig voor bakken en smelten van producten en grondstoffen. De warmtevraag heeft in de regel een beperkt vermogen van enkele tot enkele tientallen MW_{th}. Ook in deze sectoren wordt vooral aardgas, in mindere mate steenkool (cokes) en secundaire brandstoffen (klinkeroven) gebruikt. Beide aspecten maken de processen en emissiebronnen vanwege de hogere ‘inzamelkosten’ duur voor CCS.

4.6 Conclusie

Uit deze analyse blijkt dat energiebesparing, procesvernieuwing en co-siting zullen plaatsvinden in de komende decennia op weg naar een klimaatneutrale industrie en dat vervolgens duurdere maatregelen aan de orde zijn om door de bedrijven fossiele brandstoffen met CCS of biomassa als hernieuwbare energiebron te gaan gebruiken.

Mogelijkheden per cluster	Warmte- vraag, PJ/jaar	Mton CO ₂ /jaar	Reductie door besparing & innovatie		Verdere CO ₂ - reductie door
Transportbrandstof/plastics	100	0,0	Biobrandstof/bioplastics		
Kunstmestsector	17	0-1,0	Elektrolyse of CCS		
Staalindustrie	29	0,4	20%	Hisarna	CCS
Stoomgebruikers	98	0,0	20-30%	Diverse maatregelen (Tabel 11)	Bioboiler
Ondervuren	33	0,0			Groen gas of duur CCS
Totaal	277	0,4-1,4			

CCS is voor de kunstmestsector, de staalsector en de sectoren met ondervuring een belangrijk middel om de CO₂-emissies in de industrie snel en tegen beperkte kosten te verlagen. Maar het is niet de eerste maatregel die de industrie gaat treffen. Bezien vanuit het perspectief van de energiegebruiker, de CO₂-emittent, zal allereerst gekozen worden voor verbetering van de efficiency van industriële processen. Er zijn zowel laaghangend fruit als procesvernieuwendende technieken die kunnen worden toegepast om CO₂-emissie nog fors terug te brengen.

Ketengerichte aanpak

Voor de verduurzaming van de hoge temperatuur warmtevraag zal tegelijkertijd gekeken moeten worden naar het grondstofgebruik van de industrie, de mogelijkheden van substitutie, de mogelijkheden van gebruik van reststromen zodat er een werkelijk circulaire economie kan ontstaan die per saldo minder grondstoffen en (fossiele) brandstoffen gebruikt en daarmee minder CO₂ emitteert. Hierbij is het zoeken naar ketens van gebruik en hergebruik essentieel.

5 Wat is nodig om verduurzaming te bereiken?

De verandering zal komen van koplopende industrieën die opnieuw de ketens van hun productieprocessen opnieuw zullen ontwerpen door reststoffen van anderen te gebruiken, innoverende technieken toe te passen en hernieuwbare grondstoffen en energiebronnen in te zetten.

Technisch zijn er diverse mogelijkheden om de CO₂-emissie fors te reduceren, wel zijn er nog procesinnovaties nodig om de kosten te verlagen. Op dit moment is er nauwelijks een prikkel tot CO₂-reductie. Warmtekracht verdwijnt, energiebesparingsmogelijkheden blijven liggen en procesvernieuwing en CCS hebben weinig impuls. Zonder aanpassingen in de markt zal de CO₂-emissiereductie van 35-50% in 2030 en klimaatneutraal in 2050 niet worden gehaald. In de praktijk zijn er veel belemmeringen, zelfs voor rendabele maatregelen. Enkele voorbeelden daarvan zijn:

- prioriteit ligt primair bij het productieproces, niet bij energiebesparing;
- er is tekort aan technisch geschoold personeel, vaak weinig tijd, kennis over nieuwe technieken niet altijd aanwezig;
- vanuit bedrijfszekerheid wordt vaak gekozen voor bekende, vertrouwde technieken;
- aanschaf van nieuwe apparatuur valt binnen bedrijven soms onder andere afdelingen dan de afdelingen waar besparingen naar terugvloeien;
- beslissingen worden vaak buiten Nederland genomen, daarbij is kapitaal beperkt, terugverdientijden moeten lager zijn dan 2-3 jaar.

In Bijlage C is geschetst wat op dit moment de drivers en belemmeringen zijn voor het verduurzamen van de energievraag in de industrie.

Toch is er een groeiende groep bedrijven in Nederland die in principe wel willen investeren in CO₂-reducerende maatregelen. Belangrijke redenen zijn met name:

- de relatief hoge gasprijs in Europa in vergelijking met die in Midden-Oosten en USA en het daardoor optredende concurrentienadeel;
- de druk van energiekosten en CO₂-kosten op de totale productiekosten;
- license to operate;
- lange termijn klimaatdoelen, circulaire economie, biobased economy.

In Nederland is een groep multinationals (Unilever, AkzoNobel, DSM, Friesland Campina) actief die wel zelf kunnen investeren en zien dat er gehandeld moet worden. Ze zijn bezig om hun productieprocessen opnieuw te ontwerpen, de mogelijkheden van reststoffen en biotische grondstoffen te verkennen en biomassa als hernieuwbare energiebron in te zetten. Zij lopen tegen praktische zaken aan, zoals de subsidie van biomassa voor energie-toepassingen, maar niet voor grondstoffen, de regulering rondom afval, de lage CO₂-prijs.

Samen met de overheid zal een zoekproces gestart moeten worden om de knelpunten en barrières op te lossen om business te kunnen creëren rondom verduurzaming van de industriële processen.

De internationale context verdient specifieke aandacht. Internationale bedrijven uit de chemie- en voedingssectoren hebben o.a. in Davos aangegeven dat het hen ernst is met de verduurzaming van de economie. Diverse partijen spreken zich uit voor business georiënteerde oplossingen met heldere tussendoelen om het bedrijfsleven z'n bijdrage te kunnen laten leveren.



6 Conclusies

De uitdaging voor de HT-warmtevraag is om enerzijds procesvernieuwing en co-siting te ontwikkelen en anderzijds CCS en/of biomassa toe te gaan passen. Een uitdagende manier is om dit te doen met een hoge energie- en CO₂-prijs zonder dat de energiekosten voor de industrie hoger worden, en daarmee de concurrentiepositie in gevaar zou kunnen komen.

1. Technisch zijn er voorlopig voldoende mogelijkheden om de CO₂-emissie fors te verlagen.
2. De energie-infrastructuur (gas, elektriciteit) is geschikt voor forse stappen in CO₂-reductie, pas als CCS wordt toegepast zal daarvoor een nieuwe infrastructuur moeten worden ontwikkeld, maar dat is niet de bottleneck.
3. Voor Nederland, en Europa, is het van groot belang dat industriële bedrijven hier actief blijven en hun productieprocessen zodanig vernieuwen dat ze gereed zijn om te kunnen produceren binnen de randvoorwaarden van 2050, de biobased economy.
4. De kosten van ingrijpende CO₂-reductie zijn voor veel bedrijven te hoog om concurrerend te kunnen blijven.

Aanpak komende tijd

Ondanks dat voor veel bedrijven de kosten van CO₂-reductie (nog) niet opwegen tegen de baten, is er een groep koplopers die het initiatief neemt om met innovatie en ketengerichte aanpak nieuwe business te ontwikkelen in het kader van duurzame groei.

Belangrijk bij het proces naar een klimaatneutrale industrie is dat steeds meer bedrijven op zoek gaan naar verduurzaming door procesvernieuwing en inzet van restmaterialen en biomassa. Samen met de overheid willen deze koplopers gaandeweg een belangrijkere rol in de voeding en grondstoffen- en energievoorziening voor innovatieve productieprocessen en hernieuwbare grondstoffen/energiebronnen.

5. Een ketengerichte aanpak is essentieel omdat alle partijen grondstoffen gebruiken en reststromen weer kunnen afzetten bij andere partijen om zodoende meervoudige verwaarding te bereiken van de biomassastromen.
6. In de komende decennia is het nodig om met de overheid kaders voor hernieuwbare energie en grondstoffen zodanig te veranderen dat ze internationaal gezien structureel de voorkeur krijgen boven fossiele brand-/grondstoffen. Hiermee kan op termijn veel internationale bedrijvigheid worden gegenereerd in Nederland.
7. Tot slot is het nodig dat de budgetten (onderzoeksgelden en SDE+ gelden) in de komende decennia gericht zijn op het verbeteren van de industriële processen enerzijds en het vergroten van reststoffen/biomassastromen met meervoudige verwaarding anderzijds.



Bijlage A Warmtevraag industriële warmte

Van het totale finale energetische eindgebruik aan energie in de industrie komt meer dan 80% of ongeveer 580 PJ/jaar voort uit warmtebehoefte in de vorm van stoom op verschillende drukniveaus of voor ondervuring van fornuizen. De industriële warmtevraag betreft bijna 20% van de totale Nederlandse primaire energieconsumptie.

A.1 Huidige warmtevraag onderverdeeld

Een onderverdeling naar temperatuurniveau en naar functie is gegeven in Tabel 2. De industriële warmtevraag heeft voor meer dan de helft een temperatuurniveau van meer dan 500°C.

Hoge temperatuur warmtevraag

De warmtevraag > 500°C betreft over het algemeen ondervuring in fornuizen in de procesindustrie of processen in de basismetaalindustrie:

- Hoge temperatuur warmtevraag in de chemie is voornamelijk gerelateerd aan ondervuring van fornuizen van stoomkrakers en fornuizen van aardgas reformers voor productie van methanol, ammoniak en waterstof. Zeker bij stoomkrakers wordt de warmtevraag grotendeels gedekt door restgassen uit het proces zelf.
Daarnaast zijn er specifieke bedrijven met hoge temperatuur warmtevraag als Nedmag (aardgas) en ESD (elektriciteit).
- Raffinageprocessen als destillatie, ontzwaveling, reforming, catcracking en visbreaking vragen hoge temperaturen, opgewekt in restgas of overige aardolieproducten ondervuurde fornuizen. Ondervuring is vaak geïntegreerd met stoomproductie uit restwarmte in de rookgassen van de fornuizen.
- In de basismetaalindustrie is de warmtevraag voornamelijk geconcentreerd bij productie en verwerking van ruwe staal bij Tata in IJmuiden. De vraag bestaat voornamelijk uit energie nodig voor cokesproductie en voor verhitten van ijzererts en (zuurstof verrijkte) lucht tot de temperatuur waarop ijzererts kan worden gereduceerd tot ruw ijzer. Deze vraag wordt grotendeels gedekt met ‘restgassen⁴’, kooks en steenkool.
Door temperatuur en de aard van de processen is gebruik van deze energiedragers onvermijdelijk.
Er zijn verder kleinere warmtevragen bij walserijen en andere bewerkingen. Hiervoor wordt naast restgassen ook aardgas gebruikt.
- In de non-ferro industrie is hoge temperatuur warmtevraag gekoppeld aan smelten en gieten van metalen.
- In de bouwmaterialenindustrie is hoge temperatuur warmte nodig in ovens voor productie van glas, glaswol, steenwol, keramische producten en cementklinker. Behalve bij keramische producten gaat het vaak om specifieke bedrijven, zoals ENCI Maastricht voor cementklinker, Rockwool Roermond voor steenwol en Isover glaswol Etten-Leur.

⁴ Kooksofengas, hoogovengas en oxystaalovengas.

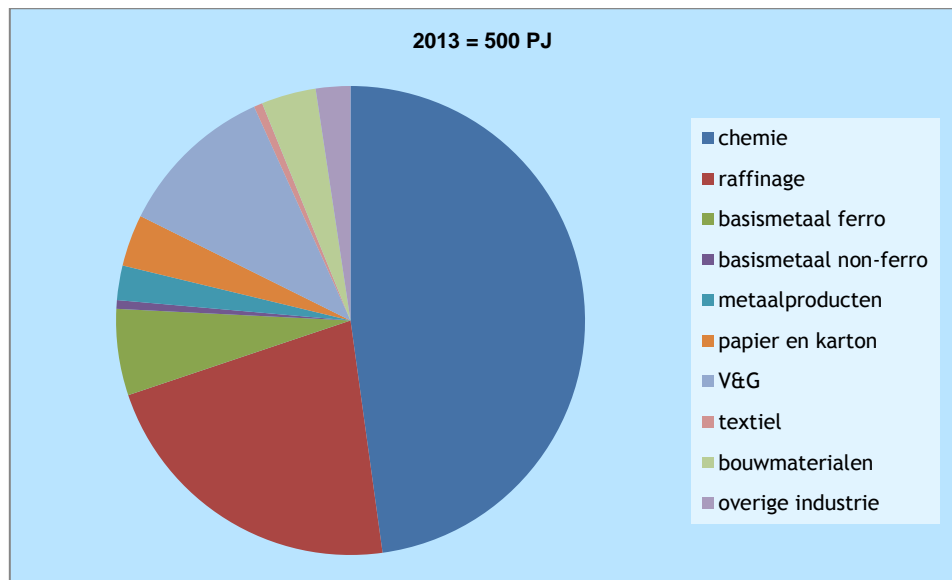


Tabel 2 Overzicht warmtevraag Nederlandse industrie

	CBS, 2013		Naar temperatuurniveau °C ⁵ ,			
	Totaal	Stoom uit WKC	<100	100-250	250-500	>500
Chemie	241	88	12	27	65	138
			Destillatie, drogen, ondervuring procesfornuizen		Fornuizen NH ₃ / H ₂ , stoomkraken,	
Raffinage	111	18	0	0	48	64
			Destillatie, drogen, ondervuring procesfornuizen		Catcrackers, vergasser,	
	353	106	12	27	113	202
Basismetaal ferro	30	2,7			3	27
						Hoogoven, cokesoven
Basismetaal non-ferro	3	0,0				3
						Smelten en gieten
Metaalproducten	12	0,1	7			5
						Moffelen, galvaniseren, smeden, etc.
	45	3	7		3	35
Papier en karton	18	12		18		
				Papier drogen, pulpen		
V&G	55	17	27	27		
			Koken, indampen, drogen, bakken			
Textiel	3	0,4	3			
Bouwmaterialen	19	0,3		1		18
						Cementoven, glasoven, keramiekovens, glaswol & steenwol
Overige industrie	12	0,2			7	5
	107	30	30	47	7	22
	504	138	49	73	123	259

⁵ Volgens (CBS, 2006), (Davidse, 2011).





Warmtevraag voor temperaturen < 500 °C

De warmtevraag op temperaturen lager dan 500 °C heeft vooral betrekking op drogen en destilleren.

Drogen zou naar schatting 80 PJ/jaar aan warmte vragen (ECN, 2013). Droogprocessen worden onder meer toegepast in voedingsmiddelenindustrie (indikken, drogen met warme lucht sproeidrogen), chemie, papierindustrie (stoomdrogen) en bouwmaterialenindustrie. Voor drogen worden zowel stoom als hete lucht gebruikt - in beide gevallen met een temperatuur van minimaal ongeveer 100°C tot maximaal ongeveer 300 °C.

De warmtevraag voor destillatie zou 4.500 MW of 140 PJ/jaar bedragen (bron). Destillatie wordt voor zover bekend enkel toegepast in raffinaderijsector en chemie.

Overige warmtevrugnende processen zijn bijvoorbeeld wassen, schillen, blancheren, pasteuriseren, koken en steriliseren in de voedingsmiddelenindustrie of wassen, bleken en verven in de textielindustrie. Bij de bovengenoemde schattingen voor drogen en destillatie blijft ongeveer 45 PJ/jaar aan warmtevraag over voor deze processen.

Observaties uit praktijk

Warmtevragen van verschillend temperatuurniveau worden bij verschillende industrietakken gedekt door cascadering van warmte:

- Bij raffinaderijen worden ruwe olie en halfabrikaten in hoge temperatuur fornuizen verwarmd. De nog hete rookgassen van deze fornuizen worden vervolgens gebruikt voor productie van elders in de raffinaderij benodigde stoom.
- Bij brouwerijen wordt middendruk stoom gebruikt voor opwarmen van de wort. De restwarmte van stoomcondensaat en wort wordt vervolgens benut voor andere warmtevrugnende processen op de brouwerij, zoals flessen spelen.

Daarnaast zijn er bij bijvoorbeeld de voedingsmiddelenindustrie diverse warmtevrugnende batchprocessen. De warmteleverende installatie moet hierop snel kunnen inspelen.

Beide aspecten stellen randvoorwaarden aan eventuele verduurzamingsopties.

De gepresenteerde totalen zijn gebaseerd op CBS Statline gegevens voor 2013. Bij vertaling van deze gegevens naar warmtevraag zijn de volgende aannames en benaderingen gehanteerd:

- Voor kookovengas, hoogovengas, 'restgassen' van raffinaderijen en chemische industrie is aangenomen dat de onder 'Energie-aanvoer' en 'Totale productie energieomzetting' (de vorming van deze bijproducten) genoemde hoeveelheden - gecorrigeerd voor hoeveelheden vermeld onder 'Energie-afvoer' en 'Niet-energetisch gebruik' - volledig worden gebruikt voor ondervuring van fornuizen en drogers, stoomproductie of als brandstof voor WKC's. Andere mogelijke toepassingen zijn ons niet bekend.
- Aangenomen is dat de onder 'Energie-aanvoer' gegeven hoeveelheden aardgas - gecorrigeerd voor hoeveelheden vermeld onder 'Energie-afvoer' en 'Niet-energetisch gebruik' - volledig worden gebruikt voor ondervuring van fornuizen en drogers, stoomproductie of als brandstof voor WKC's. Andere mogelijke toepassingen zijn ons niet bekend.
- Voor 'Overige aardolieproducten' zijn voor het schatten van de warmtevraag alleen de onder 'finaal verbruik' en onder 'Inzet elektriciteit/WKK-omzetting' genoemde hoeveelheid meegenomen. De categorie betreft deels:
 - Fakkerverliezen of cokesafzettingen op katalysatoren gebruikt bij katalytisch kraken en reformers, die vervolgens middels 'afbranden' wordt verwijderd. Dit betreft weliswaar finaal verbruik, maar niet per se gebruik voor dekken van een warmtevraag.
 - Producten als minerale terpentijn, minerale wassen, grondstof voor carbonblack, zwavel, anti-klopmedelen en additieven voor smeermiddelen. Deze producten worden deels toegevoegd aan andere producten (smeermiddelen, transportbrandstoffen), wat in de CBS-statistieken niet goed zichtbaar is.
- Bij basismetale ferro-industrie is ook de hoeveelheid in het hoogovenproces toegepaste steenkool (injectiekolen) meegenomen in de warmtevraag, ook al wordt een deel onder CBS-methodiek toegekend aan niet-energetisch energiegebruik. De injectiekolen kunnen eventueel vervangen worden door houtskool uit biomassa. Omdat de injectiekolen worden omgezet in hoogovengas heeft de als geïnjecteerde reductiemiddel toegepaste koolstofbron rechtstreeks invloed op de aard en duurzaamheid van het geproduceerde hoogovengas en de duurzaamheid van de door het hoogovengas gedekte warmtevraag.



A.2 Restgassen en WKC's

Er is verder (zie Tabel 3 en Tabel 4) geprobeerd te analyseren in hoeverre stoom door WKC's wordt geleverd en in hoeverre restgassen uit conversieprocessen⁶ of uit scheidingsprocessen⁷ worden toegepast.

Restgassen

Voor 'restgassen' als raffinaderijgas en voor andere voor energietoepassingen gebruikte bijproducten is niet te verwachten dat er een andere optie voor CO₂-reductie is dan CCS omdat er geen andere mogelijkheid is om van de restgassen af te komen dan om ze te gebruiken als brandstof.

Tabel 3 Restgassenproductie

	Restgassen + ov aardolieproducten		
	Productie	Eigen gebruik	w.v. in WKC
Chemie	112	104	10
Raffinage	102	89	12
Subtotaal	215	193	22
Basismetalaal ferro	51	25	3
Basismetalaal non-ferro			
Metaalproducten			
Subtotaal	51	25	3
Papier en karton			
V&G			
Textiel			
Bouwmaterialen			
Overige industrie			
Subtotaal	0	0	0
	266	218	24

Bij hoogoven gas kan nog worden gedacht aan gedeeltelijke verduurzaming door substitutie van één van de grondstoffen voor hoogoven gas: injectiekolen. Injectiekolen en cokes worden in het hoogoven proces omgezet in hoogoven gas door reactie met ijzererts en verrijkte lucht. In principe zouden de injectiekolen kunnen worden vervangen door houtskool.

Zoals Tabel 3 aangegeven bedraagt de totale productie aan restgassen ongeveer 270 PJ/jaar, waarvan ongeveer 220 PJ/jaar in eigen bedrijf wordt ingezet.

Stoom uit WKC's

Voor de warmtevraag op temperatuurniveaus beneden de 500 °C wordt ongeveer de helft (140 PJ/jaar) geleverd in de vorm van stoom uit WKC's, voornamelijk installaties in beheer bij energiebedrijven of samenwerkingsverbanden van energiebedrijven en industriële stoomvragers.

⁶ Bijvoorbeeld cokesproductie, hoogovenproces en oxystaalproces in de basis ferrometaal industrie of restgassen bij stoomkraken van nafta.

⁷ Bijvoorbeeld raffinaderijgassen bij oliedestillatie.

Een deel van deze installaties zal naar verwachting de komende jaren verdwijnen vanwege de slechte concurrentiepositie bij lage elektriciteitsprijs en hoge gasprijs. Vervanging zal vooral zijn in de vorm van gasgestookte stoomketels, maar ook in de vorm van biomassa gestookte ketels en geothermische warmteprojecten.

Tabel 4 Stoom uit eigen en andere WKC's

	Stoom inkoop/externe WKC	Stoom uit eigen WKC
Chemie	64	22
Raffinage	9	14
Subtotaal	73	35
Basismetaal ferro	0,0	2,7
Basismetaal non-ferro	0,0	0,0
Metaalproducten	0,1	0,0
Subtotaal	0,1	2,7
Papier en karton	3,7	7,0
V&G	3,0	13,9
Textiel	0,1	0,4
Bouwmaterialen	0,0	0,3
Overige industrie	0,2	0,0
Subtotaal	7	22
	80	60

A.3 Aan warmtevraag gerelateerde CO₂-emissies

Zoals aangegeven in bedraagt de aan warmtevraag gerelateerde CO₂-emissie naar schatting ongeveer 32 Mton/jaar, waarvan het merendeel (bijna 26 Mton/jaar) wordt geproduceerd door directe ondervuring.

Tabel 5 CO₂-emissies (Mton/jaar)

	Directe inzet		Eigen WKC		Ketenemissies	
	Aardgas	Restgas	Aardgas	Restgas	Stoom Inkoop	Externe Afzet
Chemie	4,2	6,5	0,9	0,4	1,2	0,6
Raffinage	2,2	5,4	0,7	0,6	0,2	0,9
Subtotaal	6,5	11,9	1,6	1,0	1,4	1,4
Basismetaal ferro	0,6	2,8	0,0	0,3	0,0	6,1
Basismetaal non-ferro	0,2				0,0	
Metaalproducten	0,6				0,0	
Subtotaal	1,4	2,8	0,0	0,3	0,0	6,1
Papier en karton	0,4		0,4		0,1	
V&G	2,0		0,7		0,1	
Textiel	0,1		0,0		0,0	
Bouwmaterialen	0,9	0,2	0,0			
Overige industrie	0,6		0,0		0,0	
Subtotaal	4,0	0,2	1,1		0,1	
Totaal	11,9	14,9	2,7	1,3	1,5	7,5
Direct gerelateerd aan warmtevraag	32,3					

De aan stoomproductie in eigen WKC of 'over-the-fence' WKC toegerekende CO₂-emissie is geschat uitgaande van een bijstookfactor van 0,6 GJ/GJth. Deze waarde is gebaseerd op (Jacobs, 2008) en heeft betrekking op de in deze studie beschouwde grootschalige industriële STEG, waarmee stoom op 10 bar wordt geleverd.

A.4 Verwachte ontwikkeling in energievraag en CO₂-emissies

In Tabel 7 is een overzicht opgesteld van de verwachte ontwikkeling van de energievraag per sector in de Nederlandse industrie. Het overzicht is opgesteld op basis van eerdere studies uitgevoerd voor bijvoorbeeld PBL en het ministerie van Economische Zaken (CE Delft, 2014) en op basis van diverse publicaties over voorgenomen transitiepaden binnen individuele industriële sectoren, zoals verwerkt in (CE Delft, 2014).

De algemene trend van de inschatting gaat uit van economische groei en toenemende productie. De groei is echter per sector verschillend ingeschat als functie van bijvoorbeeld concurrentiepositie, trends in productgebruik en demografische aspecten (bevolkingsomvang, opbouw, omvang huishoudens, etc.).

De geschatte resulterende warmtevraag is gegeven in Tabel 7. Zoals aangegeven door de totalen is naar inschatting van (CE Delft, 2014a) er geen energiebesparing in de industrie qua warmtevraag. Dit in tegenstelling tot de ambities neergelegd in het SER-akkoord waarin een besparingsnelheid van 2% per jaar is gedefinieerd.

De in Tabel 6 geschetste ontwikkelingen in energiegebruik zal de aan warmtevraag gerelateerde jaarlijkse CO₂-emissies beïnvloeden. Daarnaast zal de CO₂-emissie echter ook worden beïnvloed door de voor het dekken van de warmtevraag toegepaste techniek. Het is met name de vraag hoeveel WKC-potentieel zal blijven bestaan om de stoombehoefte van de industrie te dekken. Zoals aangegeven in (CE Delft, 2014b) zal in 2020 naar verwachting bijna $\frac{2}{3}$ van de WKC's in de industrie onrendabel zijn. In de periode 2020-2030 zal de concurrentiepositie licht verbeteren vanwege additionele sluiting van conventioneel vermogen in omliggende landen en de daaraan gerelateerde stijging van de elektriciteitsprijs, maar grosso modo is dan naar verwachting nog steeds een groot deel van het huidige WKC-park onrendabel. Alleen flexibele WKC's kunnen rendabel opereren.

Het lijkt daarom logisch te veronderstellen dat een deel van dit park zal worden vervangen door met name gasgestookte ketels. De effecten daarvan op de aan warmtevraag gerelateerde CO₂-emissies is geïllustreerd in Tabel 8. Door overschakelen van stoomproductie in WKC's naar stoomketels zouden de emissies gerelateerd aan stoomproductie kunnen verdubbelen en zouden de totale emissies bij de bedrijven kunnen toenemen met ongeveer 6 Mton/jaar.



Tabel 6 Overzicht ontwikkelingen in de Nederlandse industrie

	Ontwikkeling	Aandeel energie in productie kosten	Ontwikkeling energiegebruik 2012-2030
Organische basischemie	<ul style="list-style-type: none"> - Sterke internationale concurrentie⁸ - Nederlandse organische basischemie echter beter bestand hiertegen → groter marktaandeel in EU - Dreigend tekort aan aromaten kans voor NL stoomkrakers (zware voeding) - Voorzichtige trend naar meer biobased grondstoffen leidt tot afvlakking van bescheiden groei in productie - Al zeer energie-efficiënt - nauwelijks besparingsopties 	Zeer hoog	10% toename
Kunstmest	<ul style="list-style-type: none"> - Zeer beperkte groei door sterke internationale concurrentie en doordat milieuwetgeving noopt tot steeds efficiënter gebruik kunstmest - Al zeer energie-efficiënt - nauwelijks besparingsopties 	Zeer hoog	5% toename
Overige chemie	Geen analyse		
Raffinage	<ul style="list-style-type: none"> - Sterke concurrentie met Midden Oosten, USA, Rusland - Kwaliteit scheepsbrandstof vergt meer ontzwaveling - Zuiniger voertuigen, beleidsdoelen voor alternatieve brandstoffen (elektriciteit, biobrandstoffen) - toename aan investeringen na 2020 omdat grotere onderdelen van raffinaderijen aan het einde van hun technische levensduur zijn - Mogelijk verdwijnen van 2 raffinaderijen (ECN, 2015) 	Zeer hoog	10-30% daling
Basismetaleel ferro	<ul style="list-style-type: none"> - Vanwege technische voorsprong in de productie van dun en sterk staal beperkte productiegroei - Bescheiden investeringen in energiebesparing i.k.v. MEE-convenant 	Hoog	10% toename
Basismetaleel non-ferro	Toenemende productieomvang gecompenseerd door energiebesparing	Beperkt	Stabiel
Metaalproducten		Laag	15% toename
Papier en karton	<ul style="list-style-type: none"> - Herstel grafisch papier, meer verpakkingsmateriaal - ETS zorgt voor afname energiegebruik per eenheid product - Tot 15% energiebesparing mogelijk door optimalisatie van de droogsectie met bestaande en bewezen technologie 	Laag	Stabiel
V&G	<ul style="list-style-type: none"> - Sterke groei melk/suiker, beperkte/geen groei andere sectoren - Biobased economy als kans om reststromen een grotere waarde te geven - Beperkte afname energie intensiteit per product 	Laag	5% daling
Textiel	Geen analyse		Stabiel
Bouwmaterialen	<ul style="list-style-type: none"> - Sluiting klinkeroven ENCI (PJ/jaar) - Minder huizenbouw 	Hoog	15% daling
Overige industrie	Geen analyse		Stabiel

⁸ Betreft met name Midden-Oosten, VS vanwege beschikbaarheid van goedkope energie (schaliegas, associated gas oliewinning) en grotere productiecapaciteit van recentelijk gerealiseerde - energiezuinige - installaties.



Tabel 7 Warmtevraag (PJ/jaar) in 2030 zoals geschat op basis van (CE Delft, 2014a)

	In 2013		In 2030	
	Totaal	Waarvan stoom uit WKC	Maximaal	Minimaal
Chemie	257	88	277	277
- Organische basischemie	175	58	194	194
- Kunstmest	22		23	23
- Overige chemie	59	29	59	59
Raffinage	140	23	126	97
Basismetaal ferro	36	3	38	38
Basismetaal non-ferro	3	0,01	3	3
Metaalproducten	12	0,1	13	13
Papier en karton	17	11	17	17
V&G	52	17	50	50
Textiel	3	0,5	3	3
Bouwmaterialen	18	0,3	18	18
Overige industrie	10	0,2	10	10
	548	142	555	526

Tabel 8 Aan warmtevraag gekoppelde CO₂-emissies voor met en zonder grootschalige substitutie van WKC's door stoomketels

	In 2013				In 2030	
	Totaal	WKC, gealloceerd	Onder vuring	Stoom inkoop	WKC's niet vervangen	Van WKC's 2/3 vervangen
Chemie	12,1	1,4	10,7	2,1	13,0	17,6
- Organische basischemie	8,1	0,6	7,5	1,5	9,0	12,4
- Kunstmest	1,4	0,1	1,3		1,5	1,3
- Overige chemie	2,6	0,6	1,9		2,6	3,9
Raffinage	8,9	1,2	7,7	0,3	8,1	8,5
Basismetaal ferro	3,8	0,3	3,4	0,0	4,1	4,3
Basismetaal non-ferro	0,2		0,2	0,0	0,1	0,1
Metaalproducten	0,6		0,6	0,0	0,7	0,7
Papier en karton	0,7	0,4	0,4	0,1	0,7	1,0
V&G	2,7	0,7	2,0	0,1	2,6	2,9
Textiel	0,2	0,0	0,1	0,0	0,2	0,2
Bouwmaterialen	1,1	0,0	1,1		0,9	0,9
Overige industrie	0,6	0,0	0,6	0,0	0,6	0,6
	30,8	4,0	26,7	2,0	30,8	36,8

In deze illustratie is niet verdisconteerd dat toenemende CO₂-kosten misschien aanleiding geven tot implementatie van duurzame opties voor stoomproductie.

A.5 Opties voor energiebesparing en afzet van restwarmteafzet

De prognose in (CE Delft, 2014a) geeft in feite een status quo aan voor wat betreft energiegebruik en CO₂-emissies. In principe is er echter zoals aangegeven in (CE Delft, 2014a) en (CE Delft, 2014c) nog een groot potentieel in de industrie aanwezig voor energiebesparing in de vorm van 'good housekeeping' en makkelijk toepasbare bestaande technologie.

Daarnaast zijn een aantal kansrijke en rendabele technische opties in ontwikkeling (bijvoorbeeld Hisarna-proces, adsorbtiedrogen, Sorption enhanced reactors) of op punt van commerciële doorbraak (HiDic, Dividing Wall Column destillatie) met grote besparingspotentiëlen.

In Tabel 9 is een overzicht gegeven van enkele van deze besparingsopties en de in de literatuur genoemde potenties.

Een aanzienlijk deel van de besparingsmaatregelen zijn zoals aangegeven in principe nu al mogelijk en hebben een terugverdientijd van minder dan vijf jaar, vaak zelfs minder dan twee jaar.

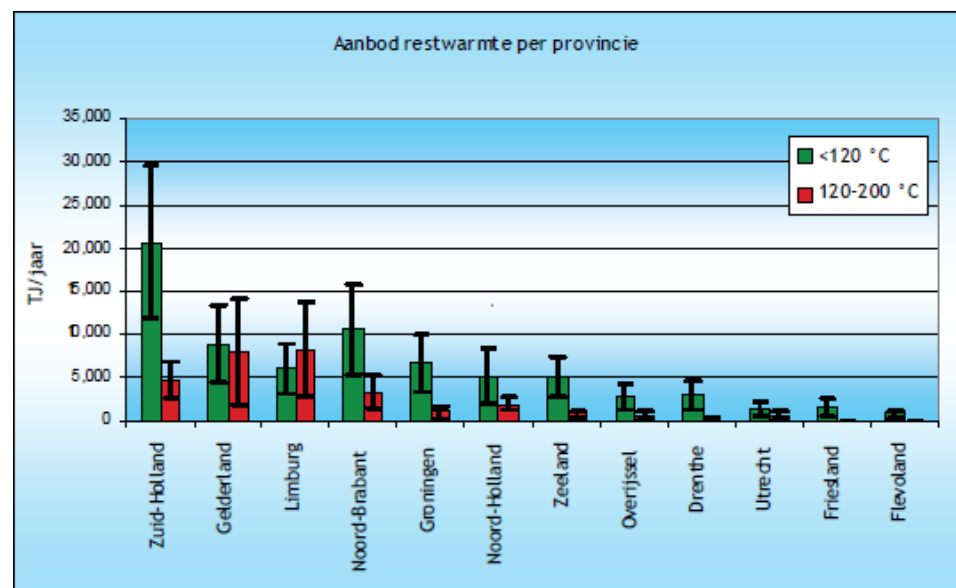
Dit geldt met name voor maatregelen als:

- verbeteren isolatie;
- optimalisatie stoomcyclus;
- implementatie van mechanische of thermische damprecompressie bij drogen;
- mechanische recompressie van reststoom, topdamp van destillatie;
- verbeteringen raffinaderijen;
- optimalisatie droogsectie met bestaande en bewezen technologie.

Andere mogelijkheid voor netto CO₂-reductie is afzet van restwarmte uit industriële processen in stadsverwarmingsnetten en/of glastuinbouw.

Volgens schattingen in de warmteatlas is ongeveer 100 PJ/jaar aan restwarmte beschikbaar, circa 72 PJ/jaar op een temperatuur <120 °C en 30 PJ/jaar op een temperatuur van 120-200 °C.

Figuur 4 Restwarmtepotentiëlen per provincie



Bron: CE Delft, 2011.

Tabel 9 Indicaties voor potentieel aan besparingen met bestaande en in ontwikkeling zijnde technieken

		Omvang in NL, Mton CO ₂ Per jaar	Besparing		Kosten, €/ton CO ₂	Beschik- baar
			PJ/jaar	Percentage huidig gebruik		
Chemie	Procesintensificatie chemie	1,6	24		0	nu - 2030
– Organische basischemie						
– Kunstmest	Sorption enhanced reactors	n.b.				
– Overige chemie	Innovatieve destillatie chemie	0,5	8		0	nu - 2030
Raffinage	Verbeteringen raffinaderijen	1,1		10%	-30	nu
	Warmte geïntegreerde destillatie, Dividing Wall Column		15-20	tot 30%		
Basismetaleel ferro	Hisarna staal	2,8		20-25%	-45	na 2025
Basismetaleel non-ferro	Optimalisatie smeltfornuizen		0,5	tot 30%	0	nu - 2030
Metaalproducten						
Papier en karton	Optimalisatie droogsectie met bestaande en bewezen technologie		2-3	ca. 15%	0	nu
V&G	Adsorptiedrogen, indampen met mechanische damprecompressie		10-15	tot 50%	0	nu - 2030
Textiel						
Bouwmaterialen						
Overige industrie						
Algemeen	Verbeteren isolatie	1,1	20		-127	nu
	Optimalisatie stoomcyclus ⁹	1,1	20		-95	nu
	Mechanische recompressie van reststoom, topdamp van destillatie					

Bronnen: VNCI, 2012; Optiedoc, 2011; Routekaart FME, 2014a; CE Delft, 2014c; ECN, 2014 en ECN, 2015¹⁰.

⁹ Hieronder vallen bijvoorbeeld: regelmatig onderhoud, regelmatig vervangen van kapotte condenspotten, toepassen van een economizer en rookgascondensor voor voorverwarmen van getourneerd of vers ketelvoedingswater, optimale afstelling luchtfactor, aanzuiging van verbrandingslucht voor ketels op warmere locaties binnen het bedrijfsgebouw, etc. Zie bijvoorbeeld: (CE Delft, 2014c).

¹⁰ www.ecn.nl/fileadmin/ecn/units/eei/ECN_RD_plan_EBI_2014.pdf en [ftp://ftp.ecn.nl/pub/www/library/report/2014/f14023.pdf](http://ftp.ecn.nl/pub/www/library/report/2014/f14023.pdf)



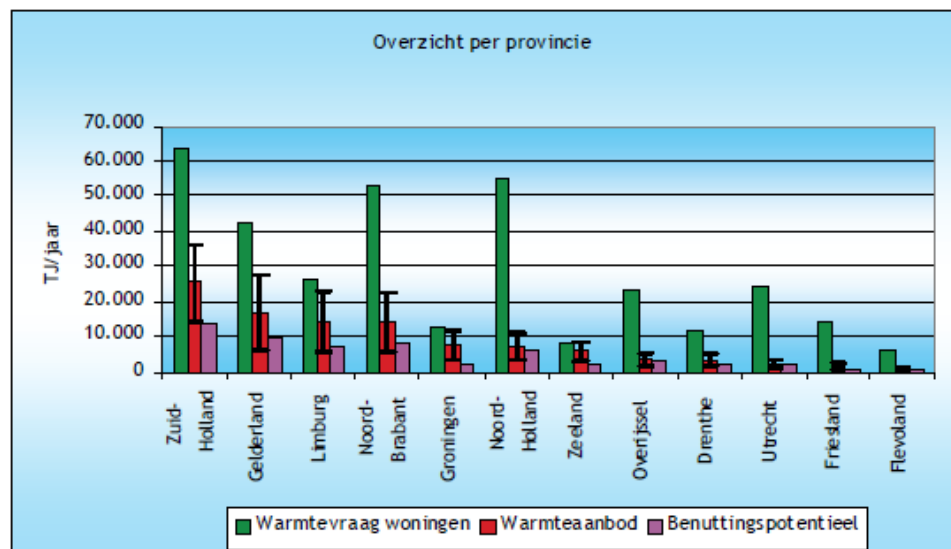
Uit de analyse blijkt dat van het restwarmte-aanbod van gemiddeld 102 PJ er ongeveer 57 PJ nuttig gebruikt kan worden voor collectieve warmtelevering aan woningen. Indien het benuttingspotentieel van 57 PJ wordt gehaald, dan wordt daarmee in potentie 3,2 Mton CO₂ zonder meerkosten worden gereduceerd.

Tabel 10 Overzicht puntbronnen per provincie per categorie

Categorie	< 120 °C			120-200 °C			Nb
	<50 TJ	50-500 TJ	>500 TJ	<50 TJ	50-500 TJ	>500 TJ	
Drenthe	1	5	2	0	1	0	0
Flevoland	0	0	1	0	0	0	0
Friesland	1	3	1	1	0	0	0
Gelderland	8	12	7	4	26	1	0
Groningen	1	8	6	4	3	0	4
Limburg	10	7	5	6	21	3	0
Noord-Brabant	10	13	9	7	6	2	3
Noord-Holland	7	10	3	5	1	2	6
Overijssel	5	4	2	1	2	0	1
Utrecht	5	2	1	2	2	0	0
Zeeland	2	5	5	0	0	1	0
Zuid-Holland	9	14	22	7	5	4	8
Totaal	59	83	64	37	67	13	22

Bron: CE Delft, 2011.

Figuur 5 Koppeling vraag en aanbod



Bron: CE Delft, 2011.

Bijlage B Verduurzamingsopties

Mogelijkheden om de warmtevraag duurzaam te voldoen zijn in principe:

- geothermie
- biomassa:
 - biomassa (chips, pellets) gestookte ketel;
 - groen gas/synthetisch aardgas;
 - voorschakelen vuurhaard of vergasser.
- elektrificatie van warmteopwekking gecombineerd met inzet van duurzaam opgewekte elektriciteit:
 - elektrische stoomketel;
 - elektrische luchtverwarmer.
- CCS.

In principe kan zonnewarmte ook als duurzame bron voor industriële warmte worden toegepast, met name voor de lagere temperaturen. Met oog op de wisselvalligheid van het weer en wolkendek en het beperkte vermogen van de instraling is deze optie als minder relevant beschouwd en buiten beschouwing gelaten.

De opties verschillen in:

- de vormen van industriële warmtevraag die kunnen worden verduurzaamd (stoom, drooglucht, ...);
- het haalbare temperatuurniveau;
- de haalbare schaalgrootte;
- de mate waarin ze systeemveranderingen vergen - bijvoorbeeld de mate waarin vervanging van bestaande installaties als ketels en boilers nodig is;
- de mate waarin integratie met gebruik van biomassa als grondstof voor hoogwaardige producten als plastics en oplosmiddelen mogelijk is;
- de huidige technische rijpheid en verwachte ontwikkelingen;
- duurzaamheidsrisico's;
- risico's en limieten qua inzetbaarheid;
- de huidige en toekomstige directe investeringen en operationele kosten.

B.1 Diepe geothermie

Diepe geothermie is vanwege de beperkte temperatuur (100-200°C) van de leverbare warmte alleen toepasbaar voor productie van lage druk en middendruk stoom zoals wordt gebruikt in papierindustrie, chemie en voedingsmiddelenindustrie. De uit de diepe ondergrond geproduceerde warmte kan ook worden gebruikt voor lage temperatuur droogprocessen.

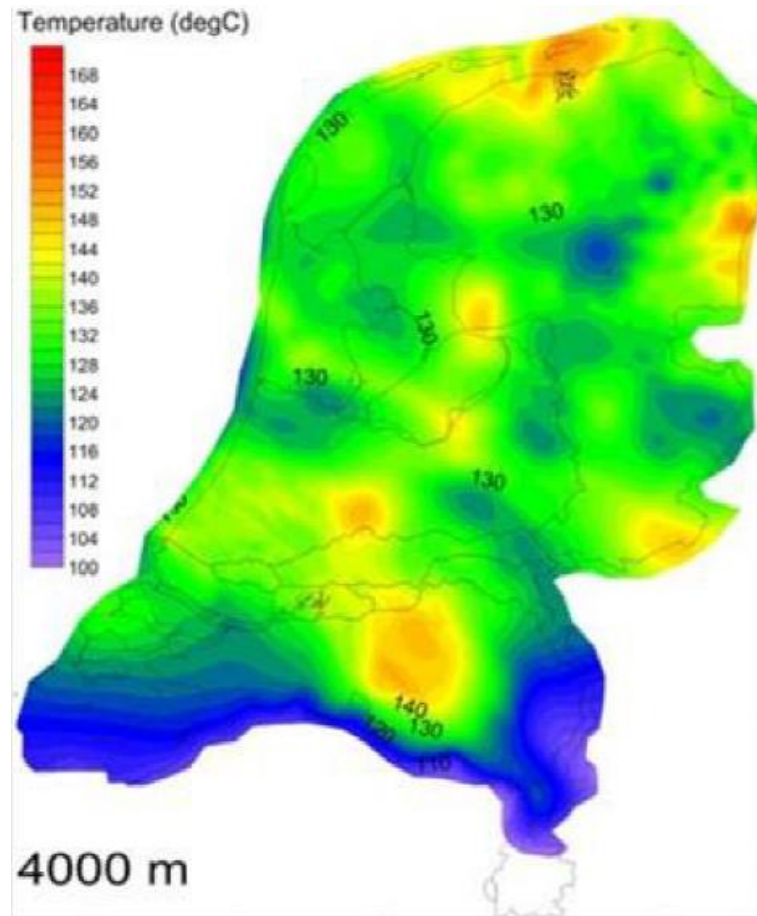
In Nederland zijn projecten in onderzoek bij Parenco en Heineken. De totale productiepotentieel voor Nederland wordt in (IF, 2011) geschat op 460 PJ/jaar geschat voor diepten tot 5,5 kilometer. De huidige stand der techniek betreft bronnen tot diepten van ongeveer 3 kilometer.

De geografische beschikbaarheid van de warmte op 4 kilometer is ter illustratie aangegeven en illustreert dat warmteaanbod en gebieden met grote industriële activiteit en warmtevraag gedeeltelijk overlappen.

De industriegebieden in Zeeland en Twente bijvoorbeeld liggen minder gunstig ten opzichte van gebieden met hogere geothermische temperaturen.



Een ander nadeel van geothermie is het risico op geïnduceerde seismische activiteit, zoals is opgetreden in California (The Geysers) en bij Basel¹¹.



B.2 Biomassa

Biomassa kan zowel direct als indirect worden toegepast voor verduurzaming van warmteproductie.

Stoomketel en houtstof stoken

Directe routes zijn biomassa gestookte stoomketels en gebruik van houtstof als brandstof in fornuizen en drogers. Beide opties worden mondiaal grootschalig toegepast. Vanwege de huidige hoge gasprijzen en de beschikbaarheid van SDE+ subsidies zijn er sinds kort ook in Nederland initiatieven voor met name realisatie van grootschalige biomassa gestookte stoomketels¹².

¹¹ http://en.wikipedia.org/wiki/Enhanced_geothermal_system

¹² Er waren al sinds meerdere decennia biomassagestookte stoomketels in Nederland operationeel, maar vaak betrof het kleinere installaties voor lage temperatuur warmtevragen (bijvoorbeeld glastuinbouw) of installaties met binnen een bedrijf geproduceerde reststromen (bijvoorbeeld de sinds 1967 bestaande, met koffiedik gestookte ketel van Douwe Egberts/Sara Lee Coffee in Joure: www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Voorbeeldprojecten%20Duurzame%20Warmte.pdf).

Nadeel van plaatsen van een stoomketel is dat de bestaande gasgestookte ketel of WKC volledig moet worden ontmanteld. Bij verdwijnen van de WKC verdwijnt ook de flexibiliteit van deze installatie en de mogelijkheid voor productie van elektriciteit in perioden met piekvraag. Gebruik van houtstof is beperkt tot toepassingen die weinig gevoelig zijn voor emissies en bijproducten - zoals vliegashout - van houtstof stoken. Bekende toepassing in de EU is meestoken van verpoederde biomassa in cementovens. In landen als Vietnam wordt houtstof gebruikt als brandstof in de grof keramische industrie. Toepassingen in drogers voor hoogzuivere chemische of voedselproducten is niet realistisch.

Omzetting in synthetisch aardgas

Een indirecte route is omzetting van biomassa in synthetisch aardgas (SNG) en distributie van het SNG via het reguliere gasnet. Doordat de biomassa wordt omgezet in een product dat identiek is aan aardgas kan bestaande infrastructuur en procesapparatuur behouden blijven. Het is daarmee ook de enige optie voor verduurzaming van processen die warmte van zeer hoog niveau vragen, zoals fornuizen van ammoniakfabrieken.

Productie van synthetisch aardgas geproduceerd door vergisting van natte biomassa of is sinds meerdere decennia standaard technologie.

Productie van synthetisch aardgas geproduceerd via vergassing van vaste biomassa is - anders dan productie van SNG uit steenkool en bruinkool¹³ - echter technisch nog in ontwikkeling: er is wereldwijd pas sinds enkele maanden één demonstratie-installatie op semi-commerciële schaal (20 MW_{SNG}) operationeel.

De potentie voor synthetisch aardgas uit natte biomassa is beperkt tot ongeveer 2 miljard m³/jaar - circa 60 PJ/jaar. Er is echter significante concurrentie met andere toepassingen, met name gebruik als transportbrandstof.

De potentie voor synthetisch aardgas uit vaste biomassa bedraagt ongeveer 35 PJ¹⁴. Ook hier is sprake van significante concurrentie. Met name bij de schonere houtstromen als houtsnippers uit landschapsbeheer en bosbeheer is er sprake van significante concurrentie met gebruik van snippers voor stoom- en warm water productie middels biomassaketels.

Tussenopties

Tussen beide bovengenoemde opties liggen nog varianten waarin op basis van biomassa hete rookgassen worden geproduceerd in een cycloonfornuis of heet synthesegas wordt geproduceerd. De rookgassen of het synthesegas kunnen in de bestaande boiler of de afgassenketel van een bestaande WKC worden ingezet.

¹³ Zie bijvoorbeeld de Great Plains Synfuel Plant in North Dakota, Verenigde Staten: www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasifipedia/great-plains

¹⁴ Er kan ongeveer 25 PJ uit bos worden gemobiliseerd: www.probos.nl/images/pdf/rapporten/Rap2014_Biomassapotentieel_NBLH_sector_2020_en_2050.pdf. Er is daarnaast ongeveer 1,5 Mton aan resthout - die al grotendeels wordt benut voor productie van stoom en elektriciteit: www.greenpeace.nl/2014/Publicaties/Klimaat--Energie/Biomassa-als-grondstof-of-als-brandstof/



Voordelen van deze varianten is dat de bestaande WKC en de mogelijkheid voor pieklast elektriciteitsproductie behouden blijft en dat de investeringen beperkter zijn als bij plaatsen van een complete stoomketel met warmtewisselende oppervlakken en stralingsdeel. Dit geldt vooral voor voorschakelen van een cycloonoven (met hoge temperatuur rookgas ontstopping).

Een voorbeeld van een initiatief voor implementatie is de reject/RDF-vergasser die bij ESKA in Hoogeveen wordt gebouwd. Een vergelijkbaar maar grootschaliger (2x80 MW) concept is sinds 2011 operationeel in Finland.

Kosten en potentie

De aan de verschillende varianten gerelateerde kosten per ton uitgespaarde CO₂ bedragen volgens de huidige SDE+ regeling:

Tabel 11 Belangrijkste karakteristieken van verduurzamingsopties

	Huidige stand der techniek	Break even CO ₂ -prijs, €/ton	Inzetbaar voor:				Vervanging huidige installatie nodig?			
			LD-stoom/ warm water	MD-stoom	HD-stoom	Fornuis	Droger	Stoom, warm water	Fornuis	Droger
Geothermie	Gedemonstreerd		X					Ja		
- Geothermie warmte, diepte ≥ 500 meter		145								
- Geothermie warmte, diepte ≥ 3.500 meter		155								
Biomassa										
- Biomassa-gestookte vuurhaard										
a ketel	Commercieel	150	X	X	X					
b vuurhaard voorschakelen bij WKC	Commercieel	105	X	X	X			Nee		
c houtpoeder brander in fornuis	Commercieel	60				X		Nee		
- Groen gas/biogas uit vergisting	Commercieel	30-530	X	X	X	X	X	Nee	Nee	Nee
- Groen gas uit vergassing	Gedemonstreerd	550	X	X	X	X	X	Nee	Nee	Nee
Elektrificatie		100-200								
- Stoomketel	Commercieel		X	X				Ja		
- Luchtverwarmer	Commercieel						X			Ja
- HT-warmtepomp	Gedemonstreerd		X					Ja		
CCS	Commercieel		X	X	X	X	X	Nee	Nee	Nee
- Kleinere bronnen		75-125								
- Grotere bronnen		45-95								

B.3 Elektrificatie

Stoom - verzadigd of oververhit - en hete lucht voor droogprocessen kan in principe worden geproduceerd op basis van elektriciteit. De daarvoor benodigde technologie in de vorm van elektrodeboilers en gasverhitters is standaard commerciële technologie en is dusdanig betrouwbaar dat elektrodeboilers als noodvoorziening worden gebruikt bij kerncentrales. Het energetisch rendement voor productie van stoom en hete gassen bedraagt in het algemeen 99%.

De investeringskosten voor boilers en gasverhitters zijn over het algemeen erg laag, maar inpassing in een bestaand proces - bijvoorbeeld bij sproeidrogers - kan additionele investeringen vergen voor bijvoorbeeld additionele kanalen voor drooglucht, funderingen en transformatoren.

De gemiddelde kosten voor elektriciteit zullen echter ook in toekomstige energiesystemen met een hoog aandeel hernieuwbaar vermogen gemiddeld over het jaar tussen de € 55/MWhe en € 75/MWhe liggen (Studie van Maarten). De daaraan gerelateerde CO₂-reductiekosten bedragen - uitgaande van een gasprijs van € 9/GJ - tussen € 100/ton tot € 210/ton. Elektrificering is daarmee een dure optie.

B.4 CCS

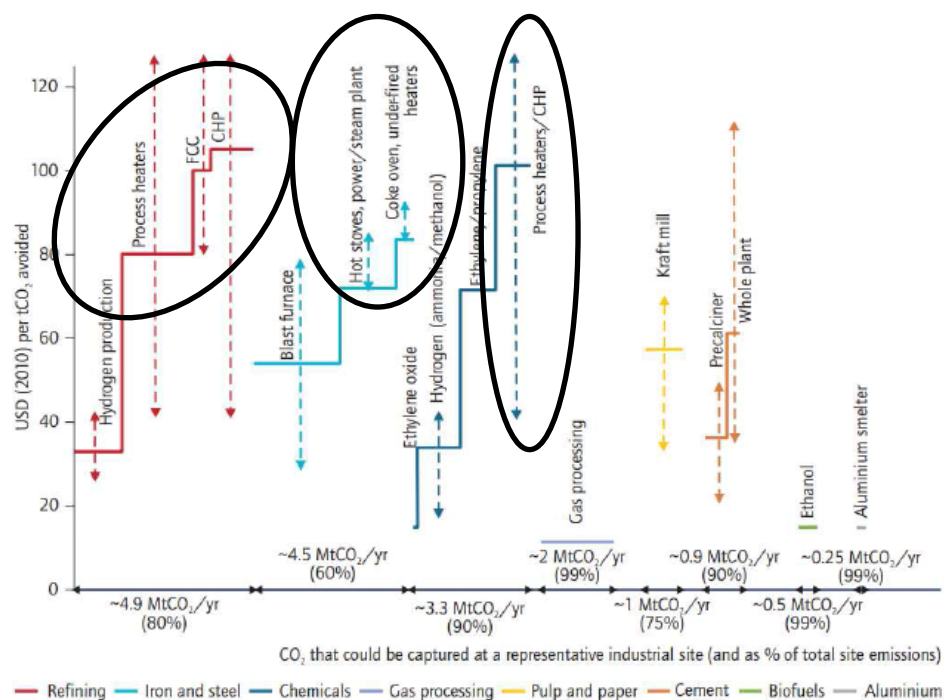
CCS is een technologie die vanuit kostenooipunt vooralsnog vooral geschikt lijkt voor grote CO₂-bronnen met hoge CO₂-concentraties. Zoals geïllustreerd in voldoen ketels, fornuizen en andere warmteproducerende installaties niet aan deze criteria. De kosten liggen bij de huidige stand der technologie voor de meeste typen bronnen in een bereik van \$ 80-120 per ton afgevangen CO₂ en liggen alleen bij erg grote fornuizen¹⁵ van bijvoorbeeld de fornuizen van grote stoomkrakers tussen \$ 40/ton en \$ 80/ton afgevangen CO₂.

Daarnaast is CO₂-afvang uit rookgassen - post combustion CCS - deels nog in ontwikkeling en wordt afvang op commerciële schaal bij zeer grote vuurhaarden als kolencentrales alleen nog gedemonstreerd bij een zeer klein aantal installaties.

Naast afvangkosten moeten ook transportkosten en opslagkosten worden verdisconteerd. De hiervoor door Gasunie en EBN geschatte kosten bedragen respectievelijk € 10/ton tot € 20/ton en € 2/ton-€ 7/ton voor opslag onder land tot € 6/ton-€ 14/ton voor opslag onder zee.

¹⁵ De thermische capaciteit van naftakrakers en stoomreformers ligt in de range van respectievelijk 200-275 MWth en 100-250 MWth.





B.5 Verwachtingen per sector

In deze schets worden verschillende ‘clusters’ van industriële sectoren onderscheiden, op basis van schaalgrootte van installaties, toegepaste energiedragers en mogelijkheden voor CO₂-reductie (zie lijst hierboven).

Transportbrandstof/plastics - raffinagesector en organische basischemie

De sectoren raffinage (van aardolie) en organische basischemie zijn beide volledig gericht op conversie van aardolie (en aardgascondensaat) in brandstoffen en chemische producten - voornamelijk plastics - die vervolgens¹⁶ diffuus worden gebruikt en worden omgezet in CO₂.

De enige manier om deze diffuse CO₂-emissies te reduceren is door aardolie te vervangen door een hernieuwbaar alternatief. Dit vergt of complete ombouw of complete vervanging van beide sectoren en de daarin gebruikte processen.

In deze doorkijk is aangenomen dat beide sectoren worden vervangen door op biomassa gebaseerde productieroutes voor brandstoffen en chemische producten.

¹⁶ Dit geldt zeker voor de door de raffinagesector geproduceerde brandstoffen - ruim 90% van de totale productie op massabasis.

Kunstmestsector

De kunstmestsector is als aparte categorie beschouwd met oog op:

- het grote aandeel van ammoniakproductie in het totale warmtegebruik en energiegebruik van deze sector;
- de goede mogelijkheden om tegen beperkte kosten bij ammoniakproductie CO₂-procesemissies sterk te reduceren en energiegebruik in ammoniak productieproces te verduurzamen:
 - Lage kosten voor CCS - procesgerelateerde CO₂ (75-80% van de totale CO₂-emissie) komt al vrij als een vrijwel zuivere stroom en kan tegen lage kosten worden opgewerkt (gedroogd) en gecombineerd voor eeuwigdurende geologische opslag.
 - Bestaande technische mogelijkheden voor verduurzaming via elektrificatie - productie van ammoniak kan worden gebaseerd op waterstof uit water elektrolyse. Hiervoor kan elektriciteit uit hernieuwbare bronnen worden gebruikt. De eerste ammoniakfabrieken waren op deze productieroute gebaseerd en nog steeds zijn er in gebieden met goedkope waterkracht ammoniakfabrieken die enkele honderden MWe gebruiken voor water elektrolyse.

Staalindustrie

De staalindustrie is als aparte categorie beschouwd vanwege het unieke karakter van het productieproces en de beperkte mogelijkheden om dit proces te vergroenen/koolstofextensiever te maken.

Technische opties die makkelijke integratie met hernieuwbare energie toelaten, zoals elektrolyse van ijzererts, lijken niet van de grond te komen en lijken niet de stap te kunnen maken naar industriële productieschaal. De enige bestaande route is reductie van ijzererts door chemische binding van zuurstof aan een reductiemiddel.

Staalproductie uit ijzererts vergt chemische binding van zuurstof uit ijzererts bij hoge temperatuur en scheiding van ijzer en ganggesteente door smelt-zuivering. Voor handhaven van hoge temperaturen is waterstof minder wenselijk omdat gevormde waterdamp relatief veel warmte afvoert. Om die reden worden in de praktijk vooral steenkool en cokes toegepast als reductiemiddel. Gebruik van waterstof en waterstofrijke brandstoffen als aardgas is minder efficiënt. Gebruik van onbehandelde biomassa - met een relatief hoog gehalte aan zuurstof - is überhaupt niet mogelijk. Biomassa behandelen om een product met hoger koolstofgehalte is duur.

De technologie ontwikkelt zich naar directe reductie in smeltfase van ijzererts met steenkool, bijvoorbeeld in de vorm van COREX-proces en Hisarna-proces. De geproduceerde restgassen hebben een zeer hoog CO₂-gehalte en lenen zich uitstekend voor CCS.

CCS is ook bij het conventionele hoogovenproces goed integreerbaar.

Stoomconsumenten

Deze cluster omvat de sectoren:

- overige chemie;
- voedingsmiddelenindustrie;
- papierindustrie;
- textielindustrie.

Deze industriële sectoren worden gekenmerkt door een warmtevraag op (voornamelijk) lagere temperaturen en vooral in de vorm van stoom (voor



destillatie, koken, reinigen) en in beperkte mate hete lucht voor met name drogen bij lagere temperaturen (< 250 °C).

De warmtevraag heeft in de regel een beperkt vermogen van enkele tot enkele tientallen MW_{th} en wordt met aardgas gedekt. Beide aspecten maken de processen en emissiebronnen duurder dan andere clusters voor CCS.

Ondervuren

Deze cluster omvat de sectoren:

- non-ferro basismetalaalindustrie;
- metaalproductenindustrie;
- bouwmaterialenindustrie;
- overige industrie.

In veel processen in deze sectoren is hoge temperatuur warmte nodig voor bakken en smelten van producten en grondstoffen.

De warmtevraag heeft in de regel een beperkt vermogen van enkele tot enkele tientallen MW_{th}. Ook in deze sectoren wordt vooral aardgas, in mindere mate steenkool (cokes) en secundaire brandstoffen (klinkeroven) gebruikt. Beide aspecten maken de processen en emissiebronnen minder geschikt voor CCS.

In de toekomst zal naar verwachting in clusters ‘stoomconsumenten’ en ‘ondervuren’ implementatie plaatsvinden van maatregelen als (zie ook Tabel 6):

- optimalisatie smeltfornuizen;
- optimalisatie droogsectie met bestaande en bewezen technologie;
- adsorptiedrogen, indampen met mechanische damprecompressie;
- verbeteren isolatie;
- optimalisatie stoomcyclus;
- mechanische recompressie van reststoom, topdamp van destillatie.

Hierdoor zijn energievraagreducties van enkele tientallen procenten haalbaar. Door deze technische maatregelen zal de energievraag deels van warmte naar elektriciteit verschuiven.

Voor staalproductie lijkt CCS als eerder aangegeven de meest logische en mogelijk ook enige optie om significante CO₂-reductie tegen acceptabele prijzen te bereiken. Kostenniveau voor CCS ligt bij hoogovenproces op ongeveer € 50/ton CO₂ en ligt bij het Hisarna-proces mogelijk lager vanwege de hogere concentratie van CO₂ in de afgassen.

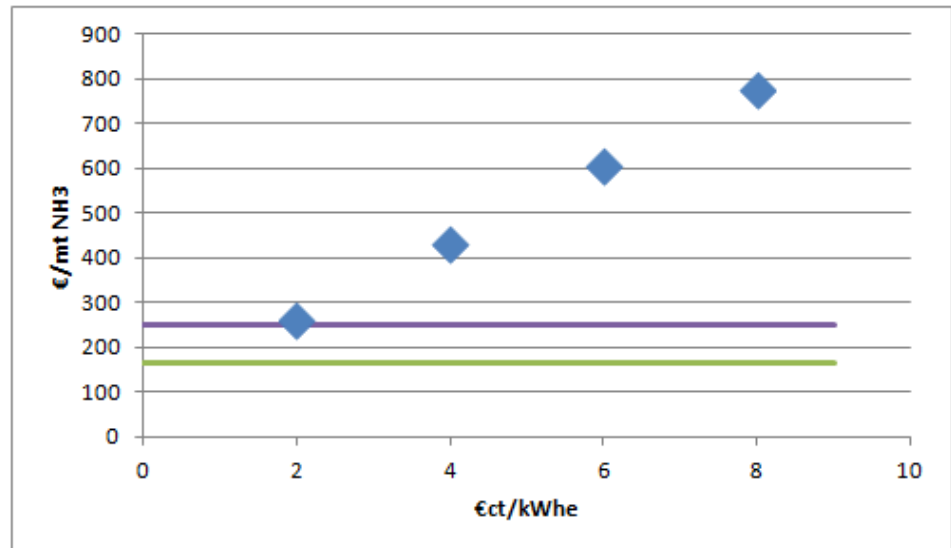
Bij kunstmestproductie is er de mogelijkheid om over te schakelen op een elektrische productieroute, waarbij elektriciteit uit hernieuwbare bronnen wordt toegepast. Maar deze route is ook bij een elektriciteitsprijs van c€ 2/kWhe net iets duurder dan of net aan concurrerend met ammoniakproductie op basis van stranded gas of schaliegas.

Overschakelen op groen gas voor ondervuring van het proces is duur en haalbaarheid van bijvoorbeeld ombouw naar ondervuring met houtpoeder is met oog op de complexiteit van de reactoren voor steam methane reforming niet duidelijk. Daarom is voorlopig aangenomen dat geen verdere maatregelen worden genomen¹⁷.

¹⁷ Niet verder uitgewerkt: vergassing van biomassa en verwerking van syngas in het bestaande Haber Bosch-proces.



Figuur 6 Vergelijking kosten voor NH₃ uit aardgas met kosten voor NH₃ uit hernieuwbare elektriciteit



Bron: CE Delft-studie CAN Europe¹⁸.

Voor raffinaderijen en petrochemische industrie is aangenomen dat deze sectoren volledig overschakelen op biomassa. Omdat ook scheepvaart en luchtvaart onder ETS vallen hebben raffinaderijen ook bij afzet van bunker brandstof en kerosine - meer dan 50% van de productie van Nederlandse raffinaderijen met een ETS-prijs van € 100/ton CO₂ te maken.

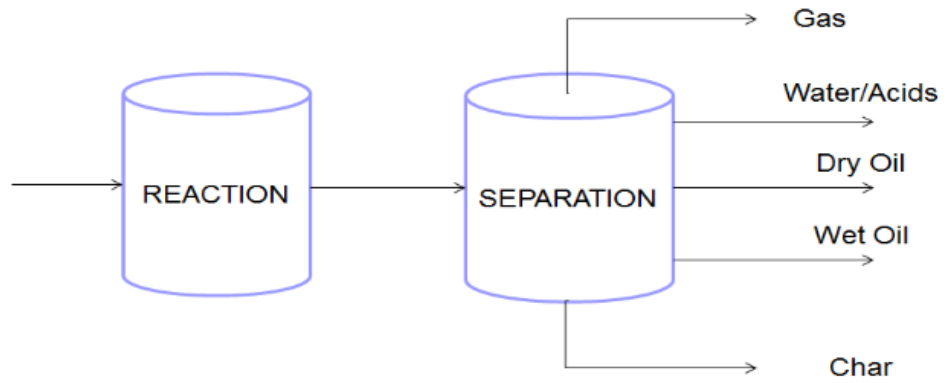
Vraag is natuurlijk of transportmiddelen significant zuiniger kunnen worden gemaakt en of er voldoende biomassa kan worden gevonden als alternatief voor de huidige jaarlijks verwerkte 50-55 Mton ruwe aardolie (met 2½-3 maal hogere stookwaarde als die van hout) of hoeveel er dan ook anno 2050 nodig is.

Aangenomen is dat scheepsbrandstoffen en andere transportbrandstoffen tegen 2030-2050 kunnen worden geproduceerd met nu nog in ontwikkeling zijnde technieken (demoschaal) als pyrolyse (scheepsbrandstof) en hydrolyse.

Het laatste proces is ontwikkeling bij een dochter van Shell en lijkt in staat om drop-in brandstoffen te produceren. De 'gasoline' - in feite nafta - kan deels in de bestaande stoomkrakers worden verwerkt tot chemische grondstoffen. De benzine, kerosine en diesel zijn eventueel verder op te werken in bestaande raffinaderijen - maar dan zonder dat destillatie en kraken van zware bottom of the barrel fracties nodig zijn.

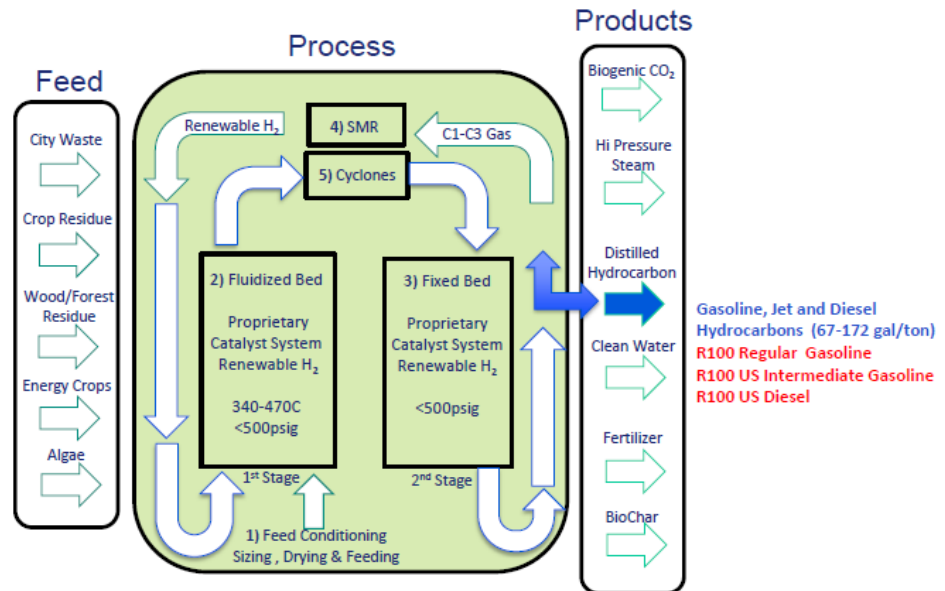
¹⁸ www.cedelft.eu/publicatie/identifying_breakthrough_technologies_for_the_production_of_basic_chemicals/1221

Figuur 7 Pyrolyse van houtachtige biomassa



Bron: www.nettenergy.com/index.php/nl/pyroflash

Figuur 8 Hydropyrolyse zoals in ontwikkeling bij CRI



Bron: www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/b13_del_paggio_2-c.pdf

Bijlage C Drivers en barrières voor besparingen en verduurzaming

C.1 Drivers

Bedrijven in Nederland willen in principe investeren in CO₂-reducerende maatregelen. Belangrijke redenen zijn met name:

- de relatief hoge gasprijs in Europa in vergelijking met die in Midden-Oosten en USA en het daardoor optredende concurrentienadeel;
- de druk van energiekosten en CO₂-kosten op de totale productiekosten;
- license to operate;
- lange termijn klimaatdoelen, circulaire economie, biobased economy.

C.2 Barrières

Zoals uit Paragraaf A.5 blijkt is er echter nog een groot onbenut potentieel aan energiebesparingsmaatregelen met terugverdientijden onder de vijf jaar. Van een groot deel van deze maatregelen is de terugverdientijd zelfs minder dan twee jaar. In het rapport Energiebesparing voor een duurzame energievoorziening (CE Delft, 2014c) wordt indicatief geraamd dat hiervoor in de Nederlandse industrie nog een besparingspotentieel ligt van 10-20% van het energiegebruik.

Tegelijkertijd klagen bedrijven over de sterke stijging van de energieprijzen die investeringen in nieuwe technologie onrendabel zouden maken. Grote energiegebruikers pleiten voor lage energieprijzen, en stellen dat dit noodzakelijk is om internationaal concurrerend te blijven.

Dit duidt er op dat er dus ook andere dan financiële redenen zijn, waarom dit potentieel niet gerealiseerd wordt. Onderzoek naar het besparingspotentieel van isolatiemaatregelen in de Europese industrie (Ecofys, 2012) laat zien dat een mogelijke reden is dat de bovengenoemde maatregelen allemaal maatregelen zijn die de periferie van het proces betreffen en daarom niet de aandacht hebben van het management.

Uit gesprekken met bedrijven en toeleveranciers haalt CE Delft dat er ook andere belemmeringen zijn. Enkele voorbeelden daarvan zijn:

- prioriteit ligt primair bij het productieproces, niet bij energiebesparing;
- er is tekort aan technisch geschoold personeel, vaak weinig tijd, kennis over nieuwe technieken niet altijd aanwezig;
- vanuit bedrijfszekerheid wordt vaak gekozen voor bekende, vertrouwde technieken;
- aanschaf van nieuwe apparatuur valt binnen bedrijven soms onder andere afdelingen, dan de afdelingen waar besparingen naar terugvloeien;
- beslissingen worden vaak buiten Nederland genomen, daarbij is kapitaal beperkt, terugverdientijden moeten lager zijn dan 2-3 jaar.

Dit soort barrières kan er toe leiden dat maatregelen die economisch rendabel zijn toch niet worden geïmplementeerd.

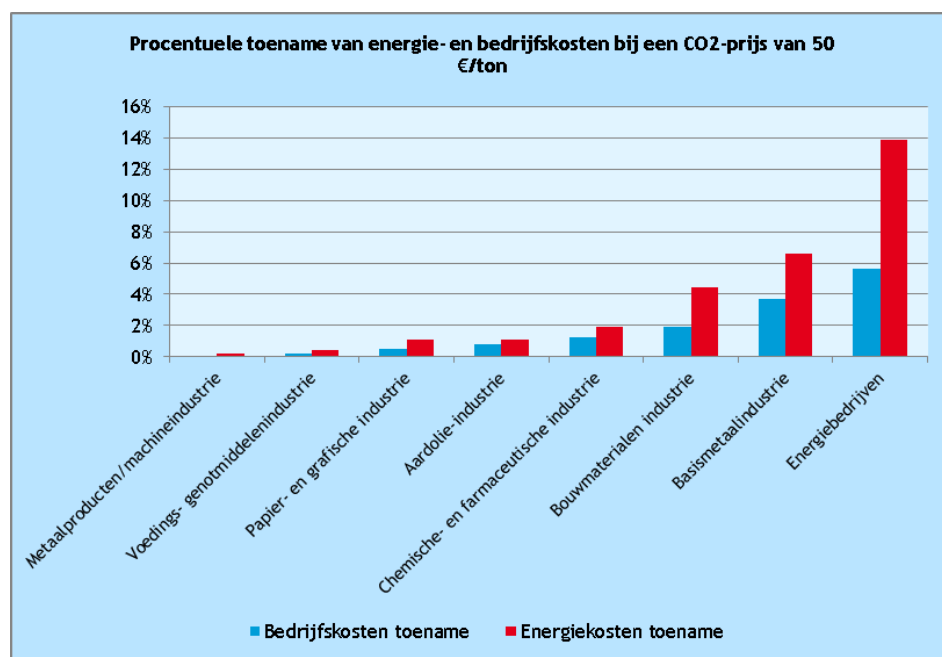
Daarnaast speelt een rol dat veel energie-intensieve bedrijven in Nederland onderdeel zijn een internationaal concern. Het management van Nederlandse locaties binnen dit concern moet concurreren met andere locaties om geld voor investeringen. Kleine regionale verschillen in de energieprijzen kunnen hierbij grote gevolgen hebben voor de investeringsbereidheid van het moederbedrijf en dus op lange termijn voor de continuïteit.

Aangezien de meeste Nederlandse bedrijven concurreren met zusterlocaties in de ons omringende landen, streven zij naar afstemming van het energiebeleid met deze landen. Zij stellen dat ze geen of minder geld beschikbaar krijgen van het moederconcern voor procesverbeteringen als de energiekosten in Nederland hoger zijn dan de energiekosten van de ons omringende landen.

C.3 Kosten

Bij een CO₂-prijs boven 25 €/ton, zullen voor een groot aantal industrieën de energiekosten en daarmee de totale bedrijfskosten toenemen. In Figuur 6 is te zien dat de energiekosten voor de energie-intensieve sector zoals basismetaal (o.a. ijzer en staalindustrie) en bouwmaterialen toenemen in de ordegrrootte van 4,5-7%. De toename in energiekosten van chemische- en farmaceutische industrie en aardolie-industrie ligt in de ordegrrootte van 1 à 2% vanwege de hogere kosten voor grondstoffen die niet meetellen als emissie-uitstoot.

Figuur 9 Toename van energie- en bedrijfskosten bij een CO₂-prijs van 50 €/ton



Bron: CBS Statline en eigen analyse.

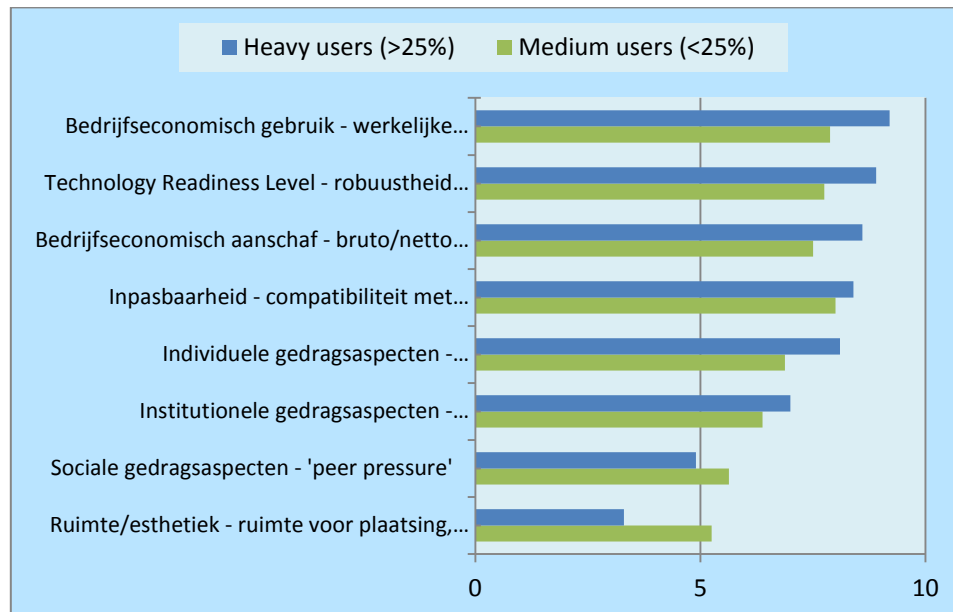
Noot: Uitgegaan van huidige CO₂-emissieniveaus en energie- en bedrijfskosten.

De chemische- en farmaceutische industrie en aardolie-industrie hebben relatief hogere energiekosten dan andere industrieën.

Als de hogere energiekosten niet kunnen worden doorberekend zal er geen acceptatie zijn van CO₂-prijsverhogingen, de energiekosten zijn bepalend voor industrieën, zeker voor sectoren met zeer hoge energiekosten zoals de chemische- en farmaceutische industrie en aardolie industrie. Voor industrieën met hoge energiekosten geldt echter dat grote prijsverschillen tussen Europa

en bijvoorbeeld de VS leiden tot investeringsprioriteiten in de VS. Bij grote verschillen in de energiekosten (inclusief CO₂) kunnen industrieën besluiten om investeringen juist (niet) in Nederland te laten plaatsvinden.

Figuur 10 Overzicht van gewicht/belang dat bedrijven toekennen aan aspecten van besparingsmaatregelen en verduurzamingopties bij investeringsbeslissingen



Bron: Workshop.

Bij de medium users is hierin een klein verschil merkbaar: hier wordt de compatibiliteit van de technologie met bestaande energiesystemen hoger gewaardeerd en wordt ook de waarde van esthetiek hoger ingeschat (hoewel deze factor nog steeds als laagst wordt gescoord).

Dit beeld laat zien dat industriële partijen voornamelijk beslissingen nemen op basis van bedrijfseconomische voordelen, zoals de *return on investment* en kosten/baten analyse van de investering. Hierbij maakt het aandeel van energiekosten in totale kosten een verschil: bij grootverbruikers spelen kosten en baten een grotere rol dan bij middelgrootverbruikers. Ook TRL-niveau wordt belangrijker naarmate het aandeel van energiekosten stijgt; dit geldt zeker voor must-run bedrijven. Hoe moeilijker het wordt om de productie op- en af te schakelen, hoe belangrijker de betrouwbaarheid van de technologie.

Ook financiële afwegingen met betrekking tot energieverbruik spelen een grote rol. Als energiekosten in verhouding groot zijn, dan is er vaak meer bekendheid met het onderwerp 'energie'. Bij deze DMU's is het te verwachten dat beslissingen om flexibeler met de energievraag om te gaan nadrukkelijker het karakter van een kosten/batenafweging zullen kennen.

Een barrière voor innovatieve energiezuinige processen als adsorbtiemiddelen¹⁹ is dat het bestaande systeem geheel vervangen moet worden. Dit gebeurt daarom alleen bij vervanging van het bestaande systeem (WUR, 2013).

C.4 Randvoorwaarden

De belangrijkste randvoorwaarden voor CO₂-reductie zijn:

- gunstige terugverdientijd van maximaal 2-3 jaar bij beursgenoteerde en/of internationale bedrijven;
- beschikbaarheid budget;
- passend binnen lange termijn strategie bedrijf;
- beperkt risico op nadelige gevolgen voor de kwaliteit van het product.

Ten aanzien van de technologie worden door bedrijven de volgende randvoorwaarden genoemd:

- robuustheid technologie, betrouwbaarheid en beschikbaarheid;
- bruto investeringsbedrag;
- risicoanalyse;
- risico perceptie;
- kennisniveau technieken;
- compatibiliteit technologie met bestaande energiehuishouding/systemen, mate waarin aanpassingen aan het huidige bedrijf nodig zijn in de vorm van nieuwbouw en constructieve aanpassingen.

Door bedrijven wordt verder aangegeven dat mogelijkheden voor investeringen in energiebesparing en rationalisering vaak beperkt zijn doordat er al veel andere investeringen moeten worden gedaan voor bijvoorbeeld vervangingen. Daardoor is er al de nodige schuld aan investeerders en is er al de nodige druk op rentevoet en liquiditeit. De ruimte om dan nog extra investeringen te doen in energiebesparing en rationaliteit wordt beperkt door mogelijke reactie van geldschieters in de vorm van bijvoorbeeld verhogen van de rentevoet over uitstaande leningen. Om die reden wordt voor investeringen in energiebesparing en rationalisering een grens voor de terugverdientijd van drie jaar gehanteerd.

Wat opvalt bij de analyse van investeringsbeslissingen binnen de industrie, is dat zowel bedrijfseconomisch gebruik als de robuustheid van de technologie belangrijk zijn, voornamelijk voor de zogenaamde 'heavy users', waar het aandeel energiekosten >25% van het totaal is. Zoals Figuur 10 laat zien worden deze factoren verreweg het hoogst gescoord.

Sociale aspecten zijn voor heavy users binnen de industrie echter minder belangrijk en ook esthetiek speelt nauwelijks rol bij het nemen van een investeringsbeslissing.

¹⁹ Door het drogen met een adsorbens zoals zeoliet kan de waterdamp uit de afvoerstroam worden gefilterd en de verdampingswarmte worden teruggewonnen, waardoor het droogproces bijna energieneutraal kan plaatsvinden. Het regenereren van de adsorbens (het water er weer uit krijgen) kan efficiënter gebeuren door het toepassen van een veel hogere procestemperatuur in combinatie met het toepassen van restwarmte en/of warmteterugwinning (ECN, 2010). Via drogen met een adsorbens (zoals zeoliet) kan het energiegebruik van het drogen met 50% worden gereduceerd.



Bijlage D Referenties

CE Delft, 2010

H.J. Croezen, M. Korteland
Technological developments in Europe
A long-term view of CO₂ efficient manufacturing in the European region
Delft : CE Delft, 2010

CE Delft, 2011

Economic impacts of a CCS network in the Rotterdam area
Delft : CE Delft, 2014

CE Delft, 2014

Laaghangend fruit in de industrie
Delft : CE Delft, 2014

Copernicus, 2010

André Faaij, Martin Junginger and Wilfried van Sark
Technologische Leereffecten voor Beleidsmakers en Industrie
Copernicus Institute, Utrecht University, 2010

Destatis Statistisches Bundesamt, 2013

Arbeitskosten in Deutschland 2012 um 32% hoher als im EU-Durchschnitt
Wiesbaden : Destatis Statistisches Bundesamt, 2013

EBN/Gasunie, 2010

EBN/Gasunie advies CO₂-transport en opslagstrategie

ECN, 2011

Optiedocument, factsheets 2011
www.ecn.nl/expertise/policy-studies/optiedocumenten/2011/
Petten : ECN, 2011

Ecofys, 2014

Achtergrondinformatie voor CCS in Nederland
Utrecht : Ecofys, 2014

Energietrends, 2014

Een uitgave van ECN, Energie-Nederland en Netbeheer Nederland

Foster Wheeler, 2009

Engineering services for CO₂ emitter group
Rotterdam : Rotterdam Climate Initiative, 2009

IEA, 2013a

Technology Roadmap, Carbon capture and storage 2013 edition
Paris : OECD/IEA, 2013

IEA, 2013b

21st Century Coal, Advanced Technology and Global Energy Solution
Paris : OECD/IEA Coal Industry Advisory Board, 2013



KEMA, 2007

P.J. Ploumen et al.

Investigations to CO₂ storage, strategy for CO₂ capture

KEMA : Arnhem, 2007

Koornneef, 2014

Koornneef, Hendriks, Noothout, & Smith

Utrecht : Ecofys, 2014

SBC Energy Institute, 2012

Leading the Energy Transition: Bring carbon capture & storage to market

Den Haag : Stichting Schlumberger Business Consulting Energy Institute, 2012

SCCS, 2013

P. Brownsort

Briefing: CCS for Industrial Sources of CO₂ in Europe, 30th August 2013

Edinburgh : Scottish Carbon Capture & Storage (SCCS), 2013

S. Ø. Størset et al., 2013

Technology surveying and assessment for piloting of CO₂ capture technologies

Sintef, January 2013

www.ccsassociation.org/index.php/download_file/view/677/98/

TNO, 2009

F. Neele et al.

EU GeoCapacity, WP5 Report DSS and economic evaluations

Delft : TNO, March 2009

World Business Council for Sustainable Development

www.wbcsd.org/home.aspx

