

Verbeteringen in de energie-efficiëntie van de petroleumketen

Overkoepelende rapportage

Rapport
Delft, maart 2011

Opgesteld door:
B.E. (Bettina) Kampman
A. (Ab) de Buck
H.J. (Harry) Croezen



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

B.E. (Bettina) Kampman, A. (Ab) de Buck, H.J. (Harry) Croezen
Verbeteringen in de energie-efficiëntie van de petroleumketen
Overkoepelende rapportage
Delft, CE Delft, maart 2011

Petroleum / Ketenbeheer / Energieverbruik / Energiebesparing

Publicatienummer: 11.4348.16

Opdrachtgever: Agentschap NL.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Bettina Kampman.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft
Committed to the Environment

CE Delft is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.



Inhoud

	Samenvatting	5
	Summary	7
1	Inleiding	9
1.1	Aanleiding	9
1.2	Aanpak en uitgangspunten	10
2	Overzicht studies	11
2.1	Inleiding	11
2.2	Huidig energiegebruik en autonome ontwikkelingen in de petroleumketen	11
2.3	Besparingsmogelijkheden op locatie (KBC-studie)	14
2.4	WKK (Davidse-studie)	15
2.5	Besparingsmogelijkheden in de petroleumketen (CE Delft)	20
3	Integratie: raming totaal besparingspotentieel raffinage-keten	23
3.1	Inleiding	23
3.2	Mate van overlap tussen de studies	24
3.3	Raming technisch potentieel	25
3.4	Raming rendabel besparingspotentieel	26
4	Benutting van het potentieel: hoe verder?	29
4.1	Inleiding	29
4.2	Actoren en stakeholders	29
4.3	Timing van de maatregelen, mogelijk implementatietraject	31
5	Conclusies en aanbevelingen	33
5.1	Conclusies	33
5.2	Aanbevelingen	34
	Literatuurlijst	35
Bijlage A	Begrippenlijst	37





Samenvatting

Aanleiding

De vijf Nederlandse raffinaderijen, verenigd in de brancheorganisatie VNPI, hebben in het kader van het MEE-convenant (Meerjarenafspraken Energie-Efficiency EU ETS-bedrijven) afgesproken om opties voor energiebesparing in kaart te brengen. Daarbij wordt breed gekeken naar: energiebesparing binnen de raffinaderijen maar ook naar maatregelen in de rest van de petroleumketen binnen Nederland.

Hiervoor zijn drie studies uitgevoerd:

- een studie die zich richt op besparingsopties binnen de raffinaderijen, inclusief WKK (KBC, 2008).
- een studie die zich in detail richt op het WKK-potentieel binnen de Nederlandse raffinaderijen (Davidse, 2010).
- een studie die een breed spectrum aan besparingsopties in de keten buiten de raffinaderijen in kaart brengt (CE, 2010).

In dit rapport, dat is geschreven in opdracht van Agentschap NL, worden de uitkomsten van de drie studies geïntegreerd. Het resultaat is een totaalbeeld van de mogelijke besparingen in de petroleumketen, inzicht in de haalbaarheid van de ambities van het convenant en een overzicht van de stappen die kunnen worden genomen om het beschikbare besparingspotentieel te verwezenlijken.

Raming totaal besparingspotentieel

De besparingspotentiëlen die in de drie studies zijn bepaald kunnen niet zonder meer bij elkaar op worden geteld om tot een totaal potentieel te komen. Allereerst is er een zekere mate van overlap tussen de studies, met name wat betreft het WKK-potentieel, en beïnvloeden maatregelen elkaars potentieel. Bovendien zijn er verschillende uitgangspunten en verschillen in het detailniveau waarop de maatregelen in de diverse studies zijn onderzocht.

In het rapport is beschreven hoe met deze verschillen is omgegaan. Dit leidt tot een totaal technisch besparingspotentieel van maximaal ca. 60 PJ, dat op basis van deze drie studies kan worden geïdentificeerd. Dit is ca. 40% van het totale energiegebruik in de Nederlandse raffinaderijen.

Het rendabele besparingspotentieel, d.w.z. het potentieel dat kan worden behaald met maatregelen met een terugverdientijd van maximaal ca. vijf jaar, wordt in deze studie ingeschat op ca. 28 PJ. Dit is ca. 19% van het totale energiegebruik in de raffinaderijen.

Het grootste deel van dit rendabele besparingspotentieel kan met de volgende maatregelen worden behaald:

- diverse opties om de energie-efficiency in de raffinaderijen te vergroten;
- WKK in de raffinaderijen;
- CO₂- en warmtelevering vanuit de raffinaderijen en waterstoffabrieken aan andere bedrijven, de gebouwde omgeving en de glastuinbouw;
- inzet van biomassa als grondstof voor de brandstofproductie van raffinaderijen.



Conclusie

Gezien het gevonden rendabele potentieel wordt het lastig, maar niet geheel onmogelijk, om de besparingsdoelstelling van het MEE-convenant te halen (20% op basis van rendabele maatregelen). Alle geïdentificeerde rendabele maatregelen moeten dan worden geïmplementeerd en het besparingspotentieel dat per maatregel is ingeschat moet inderdaad worden bereikt.

Aanbevelingen

Een aantal maatregelen, met name de maatregelen op de raffinaderijen zelf (incl. WKK en het bijmengen van biomassa in raffinaderijen) kunnen de raffinaderijen grotendeels zelf verder uitwerken en implementeren. De Rijksoverheid kan echter wel bijdragen aan de realisatie van het beschikbare rendabele potentieel en bovendien het rendabele besparingspotentieel vergroten door een aantal aanpassingen in het beleid door te voeren, met name op gebied van WKK en het biobrandstoffenbeleid. Het is dan ook aan te bevelen om de mogelijkheid en wenselijkheid hiervan verder te onderzoeken.

Bij warmte- en CO₂-levering aan andere bedrijven, de gebouwde omgeving en de glastuinbouw zijn meerdere partijen betrokken. Het proces van samenwerking moet dan worden opgebouwd. Voor deze opties zijn ook concrete haalbaarheidsstudies nodig, waarmee de kansen en barrières als ook de kosten en baten nader in beeld worden gebracht. Bij een positieve uitkomst van deze trajecten kan vervolgens tot implementatie worden overgegaan. De overheid kan met name een faciliterende rol spelen in dit traject.

Daarnaast is het aan te bevelen om de voortgang van de diverse trajecten te monitoren en tussentijds te evalueren.



Summary

Background

As part of the so-called MEE agreement, a negotiated long-term agreement on improving the energy efficiency of EU ETS industries in the Netherlands, the five Dutch oil refineries affiliated in the Netherlands Petroleum Industry Association VNPI have inventoried options for reducing their energy consumption. A broad perspective was thereby adopted, encompassing not only energy savings at the refineries themselves but also measures elsewhere in the petroleum chain in the Netherlands.

To this end three studies have been carried out, with the following aims:

- to identify savings options at the refineries themselves, including cogeneration (KBC, 2008);
- to provide a detailed analysis of cogeneration potential at Dutch refineries (Davidse, 2010);
- to identify a broad spectrum of other savings options in the chain beyond the refineries (CE, 2010).

The present report, prepared at the request of NL Agency, integrates the results of the three studies. It provides a comprehensive picture of the potential savings to be achieved in the petroleum chain, insight into the feasibility of the aspirations of the MEE agreement, and a review of the steps required to realise the available potential.

Estimate of total savings potential

The savings potentials calculated in the three studies cannot simply be summed to a single figure. In the first place the studies overlap to a certain degree, particularly with regard to potential cogeneration capacity, and impinge reciprocally on each other's potential. In addition, they vary in terms of the premises adopted and the detail in which the various measures have been examined.

This report first describes how these differences were handled. It is then calculated that the maximum technical savings potential theoretically achievable on the basis of the three studies is about 60 PJ, or around 40% of total energy consumption at Dutch refineries. The cost-effective savings potential, i.e. that achievable using measures with a payback of around five years at most, is estimated in the present study at about 28 PJ, or some 19% of total refinery energy consumption.

The bulk of this cost-effective potential can be realised with the following measures:

- a range of options for improving energy efficiency within refineries;
- on-site cogeneration at refineries;
- supplying CO₂ and heat from refineries and hydrogen plants to other industries, to the built environment and to greenhouse horticulture;
- use of biomass as a feedstock at refineries.



Conclusion

Given the cost-effective potential identified, it will be hard, though not entirely impossible, to secure the target set in the MEE agreement (20% savings on the basis of cost-effective measures). It will mean implementing every single one of the cost-effective measures identified, with the savings potential estimated for each indeed being attained.

Recommendations

A number of measures, particularly those at the refineries themselves (including cogeneration and co-use of biomass as a refinery feedstock), can be further elaborated and implemented by refinery operators. The national government can also contribute to realising the available cost-effective potential, though. It can boost that potential, moreover, by reviewing some of its policies, particularly those relating to cogeneration and biofuels. It is therefore recommended that further research be undertaken to assess the scope and overall desirability of such policy changes.

The supply of heat and CO₂ to other industries, the built environment and greenhouse horticulture are activities involving multiple parties and a collaborative process therefore needs to be established. These options also require solid feasibility studies, to identify opportunities and barriers and calculate costs and benefits. If the results of these various exploratory programmes prove positive, parties can move on to the implementation phase. The government's role in all of this will be to facilitate.

It is also recommended that the progress of the various programmes be monitored and subjected to an interim review.



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het kader van het MEE-convenant (Meerjarenaafspraken Energie-Efficiency EU ETS-bedrijven), hebben de vijf Nederlandse raffinaderijen, verenigd in de brancheorganisatie VNPI, afgesproken om opties voor energiebesparing in kaart te brengen. Daarbij wordt breed gekeken: zowel naar energiebesparingsopties binnen de raffinaderijen (inside the fence), alsook erbuiten, in samenwerking met toeleveranciers en afnemers (outside the fence).

In totaal zijn drie studies uitgevoerd:

1. *KBC, Energy Benchmarking of Dutch Refineries, VNPI Summary Report, mei 2008.*

Deze studie richt zich op besparingsopties binnen de raffinaderijen, inclusief WKK.

2. *Hans Davidse, Onderzoek naar het groeipotentieel van warmtekrachtkoppeling in de Nederlandse aardolieraffinagesector en daarmee te realiseren brandstofbesparing en CO₂-emissiereductie, juni 2010.*

Deze studie richt zich in detail op het WKK-potentieel binnen de Nederlandse raffinaderijen.

3. *CE Delft, Energie-efficiency in de keten van de Nederlandse petroleum-industrie, november 2010.*

Deze studie richt zich op een breed spectrum aan besparingsopties in de keten buiten de raffinaderijen, vanaf de overslag van ruwe aardolie naar opslagterminals tot en met het tanken van olieproducten door eindgebruikers en inclusief gebruik van restwarmte en CO₂ buiten de raffinaderij.

In dit rapport, dat is geschreven in opdracht van Agentschap NL, worden deze drie studies geïntegreerd. Het doel is om een totaalbeeld te creëren van de mogelijke besparingen in de petroleumketen, inzicht te verkrijgen in de haalbaarheid van de ambities van het MEE-convenant en een overzicht te bieden van wat nodig is om het beschikbare besparingspotentieel te verwezenlijken.

Specifiek is hierbij aandacht besteed aan de volgende vragen:

- Welke maatregelen kunnen er worden getroffen en welke zijn het meest veelbelovend?
- Welk potentieel is er aan rendabele maatregelen?
- In hoeverre kan hiermee voldaan worden aan de centrale intentie van het MEE-convenant: 20% energiebesparing in de periode tot 2020?
- Wie zijn de bepalende stakeholders per maatregel?
- Welke externe ontwikkelingen zijn bepalend voor de uitvoering van de maatregelen?
- Wat zijn de risico's en onzekerheden?



1.2 Aanpak en uitgangspunten

Uitgangspunt van deze studie zijn de drie bovengenoemde rapporten. De mogelijke maatregelen die in deze rapporten zijn gevonden zijn naar effectiviteit gerangschikt en afgezet tegen de MEE-doelstelling van 20% energie-efficiency besparing ten opzichte van 2005.

Bij het in kaart brengen van het totale potentieel aan besparingen is rekening gehouden met de volgende aandachtspunten.

De drie studies verschillen vrij sterk van elkaar, onder andere wat betreft mate van detail van de analyse en resultaten en transparantie van de gebruikte uitgangspunten.

- De KBC-studie is bijvoorbeeld grotendeels gebaseerd op vertrouwelijke (niet openbare) berekeningen en analyses, waardoor het lastig is om de resultaten met die van de andere studies te vergelijken. Er zijn afzonderlijke rapporten gemaakt voor elk van de Nederlandse raffinaderijen, maar deze zijn vertrouwelijk zodat daar voor deze studie geen gebruik van kon worden gemaakt. Deze analyse baseert zich daarom alleen op het eerder genoemde samenvattende rapport van KBC, aangevuld met persoonlijke communicatie met de hoofdauteur. Het is daardoor niet mogelijk om in te schatten of bijvoorbeeld de olie-, gas- en elektriciteitsprijzen die zijn gebruikt in lijn liggen met wat Davidse heeft aangenomen.
- De CE Delft-studie baseert haar resultaten en conclusies ten behoeve van rendabel besparingspotentieel niet op gedetailleerde berekeningen van benodigde investeringen en overige kosten, maar kijkt voornamelijk naar vergelijkbare situaties in het buitenland en naar kansrijke ontwikkelingen in het binnenland. De resultaten t.a.v. het besparingspotentieel van de opties in deze studie zijn derhalve minder kwantitatief onderbouwd dan die van de andere twee studies.

De deels gebrekkige informatie (met betrekking tot het KBC-rapport) en de vaak complexe interactie tussen verschillende maatregelen maakt het lastig om de overlap in de maatregelen goed vast te stellen.

- Zo is in de KBC-studie ook co-generation (WKK) meegenomen, zodat deze studie overlapt met de Davidse-studie. Echter, details van de onderzochte WKK-maatregelen worden niet in het samenvattende rapport van KBC gegeven, de mate van overlap is daardoor niet precies vast te stellen.
- Bovendien kunnen een aantal opties elkaar ook beïnvloeden. Bijvoorbeeld, als de inzet van WKK gevolgen heeft voor de hoeveelheid restwarmte in de raffinaderij, zal dit het potentieel voor energiebesparing van restwarmtelevering beïnvloeden. Er is echter geen aanvullend onderzoek gedaan naar dit soort effecten, ook niet in het kader van deze studie.

Daarnaast zullen er in de periode tot 2020 ongetwijfeld een aantal externe ontwikkelingen in de raffinagesector plaatsvinden die leiden tot veranderingen in de energie-efficiency. Voorbeelden zijn bijvoorbeeld verschuiving van marktvraag van benzine naar diesel, veranderingen in de mondiale markt (import/export van olieproducten) en verdere ontzwareling van bunkerbrandstoffen. Deze ontwikkelingen brengen we in deze studie niet nader in kaart, uitgangspunt is derhalve de huidige situatie. Het is echter belangrijk om op te merken dat dergelijke effecten ook gevolgen hebben voor de efficiency, en dus voor de inspanningen die moeten worden gedaan om aan het convenant te voldoen.



2 Overzicht studies

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt eerst een kort overzicht gegeven van de huidige en verwachte toekomstige energiegebruiken en CO₂-emissies in de petroleumketen van de VNPI-leden. Dit overzicht is ingevoegd om de lezer inzicht te geven in het totale energiegebruik en als kader bij het bespreken van de in de rapporten beschouwde maatregelen.

Vervolgens worden de drie te integreren rapporten in aparte paragrafen ontleed en wordt geanalyseerd welke informatie de drie rapporten bevatten, betreffende:

- technisch potentieel en economisch rendabel potentieel voor energiebesparing;
- bij het bepalen van het economisch rendabele potentieel gehanteerde uitgangspunten voor zaken als commodityprijzen en investeringen;
- de mate waarin rekening is gehouden met autonome ontwikkelingen en de interactie tussen verschillende maatregelen;
- aan de maatregelen gerelateerde risico's, onzekerheden, marktimpact en kansen;
- de voor de implementatie van de beschouwde maatregelen benodigde inspanning van de verschillende ketenpartners en andere stakeholders.

2.2 Huidig energiegebruik en autonome ontwikkelingen in de petroleumketen

Huidig verbruik

Het huidig energieverbruik in de petroleumketen bedraagt circa 160 PJ/jaar, waarvan circa 150 PJ/jaar bij de raffinaderijen wordt geconsumeerd.

Het energiegebruik van de raffinaderijen is in het kader van het Convenant Benchmarking (VBE, 2008) vastgesteld op ca. 150 PJ voor 2006 (het basisjaar van het MEE-convenant). Dit cijfer wijkt af van een aantal andere publicaties, waaronder de Nederlandse UNFCCC-rapportages en de CBS-statistieken (zie Figuur 1), maar wordt in het algemeen gezien als een betrouwbare schatting. Het energiegebruik in de rest van de petroleumketen is ca. 10 PJ (CE, 2010).

De totale energiegebruiken over de gehele petroleumketen (binnen Nederland) zijn weergegeven in Figuur 2.

In de MEE-methodiek worden besparingen in deze keten ook meegeteld bij het bepalen van de totale energiebesparing die is bereikt. Voor het berekenen van de relatieve besparing (cf. de MEE-doelstelling van 20%) wordt dit cijfer vervolgens gedeeld door het energiegebruik in alleen de raffinaderijen, de 150 PJ die hierboven is bepaald.



Autonome ontwikkelingen

De autonome ontwikkeling van het energiegebruik in de keten is lastig aan te geven zonder verdere studie.

In ECN (2010) worden de volgende verwachtingen voor de periode tot en met 2020 gegeven:

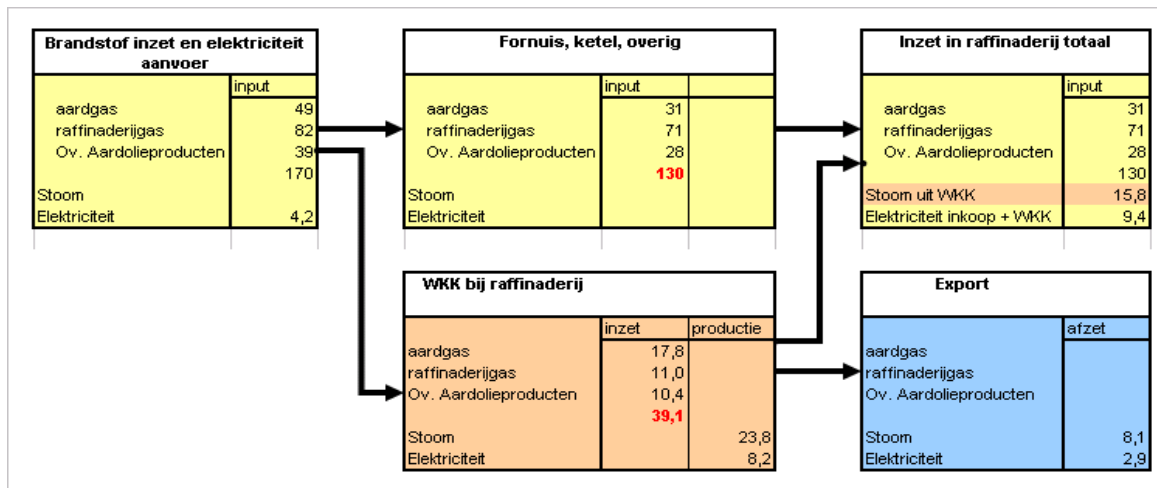
- stabilisering van raffinageproductie vanwege brandstoffenbeleid EU en andere beleidsontwikkelingen;
- extra energiegebruik en extra CO₂-emissies vanwege de noodzaak voor ontzwaveling van bunkerbrandstof;
- een autonome energiebesparing van 1% per jaar;
- mogelijk tot 0,4 Mton/jaar aan Carbon Capture and Storage (CCS).

Daarnaast zal energiegebruik bij raffinaderijen deels afnemen door optimalisatie van warmteterugwinning voor stoomproductie (zie bijvoorbeeld Davidse).

Als netto resultaat wordt in het rapport voor de vier raffinaderijen in Rotterdam een lichte stijging van de CO₂-emissies van 10,2 Mton/jaar nu (2008) tot 10,5 Mton/jaar in 2020 verwacht wanneer geen CCS wordt toegepast. Met CCS komen de CO₂-emissies mogelijk iets lager uit, rond de 10,1 Mton/jaar.

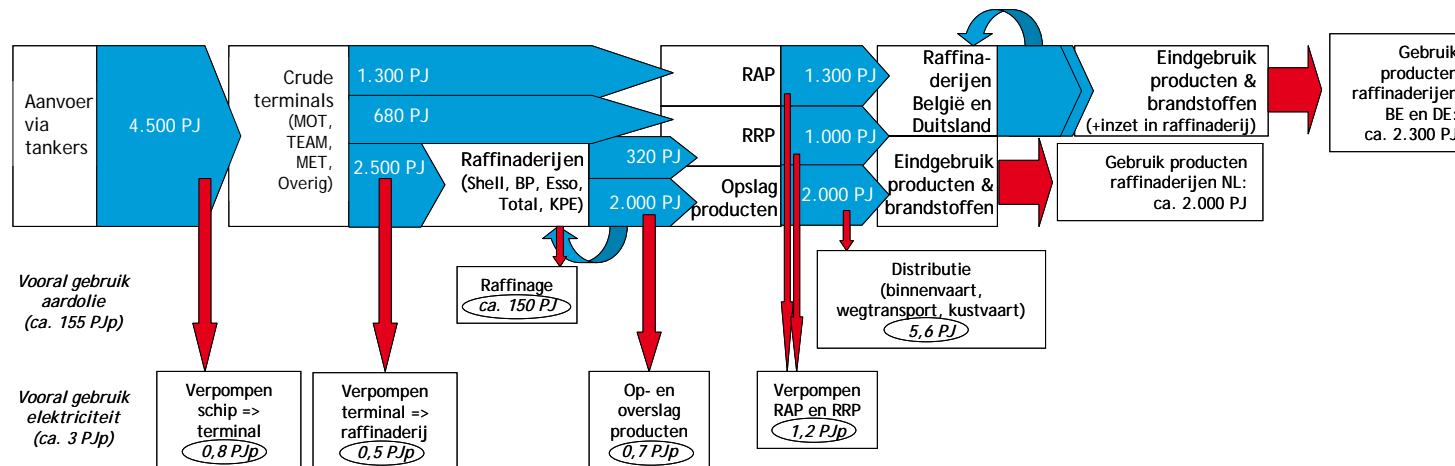


Figuur 1 Energiebalans over raffinaderijen (CBS-cijfers, alle waarden in PJ/jaar)



Bron: CBS Statline energiebalans voor raffinaderijen.

Figuur 2 Energiebalans over petroleumketen



Bron: Gebaseerd op CE (2010), energiegebruik raffinage aangepast (van 180 PJ naar 150 PJ) o.b.v. nieuwe data, zie tekst.

2.3 Besparingsmogelijkheden op locatie (KBC-studie)

In de door KBC in 2007 en 2008 uitgevoerde studie (KBC, 2008) is per raffinaderij een overzicht opgesteld van maatregelen waarvan de simpele terugverdientijd 4-5 jaar of korter is. Niet-rendabele maatregelen zijn niet onderzocht.

Gedetailleerde resultaten zijn echter niet openbaar, er is alleen een overkoepelende samenvatting beschikbaar. In deze samenvatting is aangegeven dat met een set van maatregelen een totale reductie van 13% ten opzichte van een niet nader gespecificeerde referentie kan worden gerealiseerd. Wanneer de referentie de 150 PJ/jaar betreft die in de huidige situatie bij de raffinaderijen wordt gebruikt, dan is het totale besparingspotentieel 19,5 PJ¹.

Het pakket aan geïdentificeerde maatregelen omvat conform de tekst van de overkoepelende samenvatting o.a. warmtekrachtkoppeling, modificaties aan raffinaderijprocessen en reductie van stoom- en warmteverliezen. Er wordt echter niet gespecificeerd welke maatregelen precies zijn beschouwd en hoeveel de verschillende maatregelen besparen.

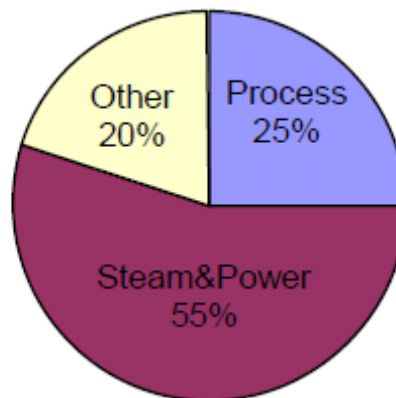
Bij navraag geeft de hoofdauteur aan dat de (procentuele) bijdragen van de verschillende typen maatregelen vergelijkbaar zijn met de bijdragen van de verschillende typen maatregelen op Europees niveau. Dit betekent voor de drie categorieën 'steam and power', 'process' en 'other' respectievelijk een bijdrage van 55, 25 en 20% van het geïdentificeerde besparingspotentieel (zie figuur 3 uit KBC, 2008).

Het segment 'steam and power' omvat een groot aantal maatregelen: zowel procesoptimalisaties als vervangingsinvesteringen (waaronder WKK, vervangen van stoomgedreven condenserende turbines door elektrische motoren en luchtvoorverwarming bij ketels).

¹ Uit aanvullende informatie van KBC volgt dat in de KBC-studie verschillende cases zijn gehanteerd als basis voor het energiegebruik. Hiervoor zijn per individueel bedrijf verschillende uitgangspunten gehanteerd.



Figuur 3 Bijdragen van verschillende typen maatregelen aan het besparingspotentieel bij de Europese raffinaderijsector



Bron: KBC, 2008.

Process = procesoptimalisatie.

Steam & Power = WKK en andere maatregelen in de productie en het gebruik van stoom.

De studie noemt daarnaast een aantal aanvullende maatregelen die echter niet verder zijn uitgewerkt:

- verdergaande implementatie van WKK-productie van stoom;
- verdergaande warmteterugwinning door investering in extra warmtewisselend oppervlak;
- verdere optimalisatie van bestaande procesfornuizen;
- levering van warmte aan de omgeving.

Ook procesgeïntegreerde WKK is niet meegenomen (pers. correspondentie met de auteur).

In de overkoepelende samenvatting wordt niet gereflecteerd op:

- De invloed van autonome ontwikkelingen en de interactie daarvan op de efficiency van de geïdentificeerde maatregelen.
- De gevoeligheid van het geïdentificeerde besparingspotentieel voor economische parameters als gasprijs en elektriciteitsprijs. Rendabel besparingspotentieel hangt vaak vrij sterk af van dergelijke factoren.

In de studie worden enkel maatregelen beschouwd die bewezen kunnen worden geacht omdat ze al zijn geïmplementeerd bij andere raffinaderijen ergens ter wereld. De maatregelen betreffen enkel maatregelen binnen de raffinaderijen zelf, zonder dat sprake is van uitwisseling met de omgeving of voor- of naliggende ketenschakels. De enige relevante stakeholder is daarom de raffinaderij zelf.

2.4 WKK (Davidse-studie)

In Tabel 1 is een samenvattend overzicht gegeven van de in de door Davidse uitgevoerde studie geïdentificeerde besparingen en gehanteerde uitgangspunten (Davidse, 2010).

Tabel 1 Resultaten en economische uitgangspunten van de studie van Davidse

	IRR ² > 15%	IRR 15%-10%	IRR < 10%
Opbouw rendabele reductie (PJ/jaar)	0,6-1,6	1,4-7,4	7,4
– WKK	0,6-1,6	1,4-7,4	7,4
Uitgangspunten:			
– Economische methodiek	IRR-bepaling		
– Economische uitgangspunten			
• Aardgasprijs (€/GJ)	6,7-9,4		
• Elektriciteitsprijs (€/MWh)			
o Dal	46,3-62,2		
o Piek	78,0-98,1		
• CO ₂ -prijs (€/EUA)	18,2-35,3		

2.4.1 Studie inhoud en resultaten

In Davidse (2008) wordt voor een ingeschat maximaal technisch potentieel aan extra WKK-vermogen berekend tegen welke interne rentevoet en 'simpele' terugverdientijd (de terugverdientijd zonder rekening te houden met rente over leningen) de verschillende onderdelen van dit potentieel zouden kunnen worden gerealiseerd. De rendabiliteit en de simpele terugverdientijd worden bepaald voor verschillende prognoses voor de commodityprijzen voor gasprijs, elektriciteitsprijs en CO₂-prijs. De investerings- en onderhoudskosten en de gasprijs lijken gelijk te zijn genomen voor alle vijf raffinaderijen. Deze kunnen in de praktijk behoorlijk verschillen, bijvoorbeeld doordat de ene raffinaderij (Total) aanzienlijk verder van het gasontvangstation afligt als het andere (zie bijvoorbeeld CE, 2003).

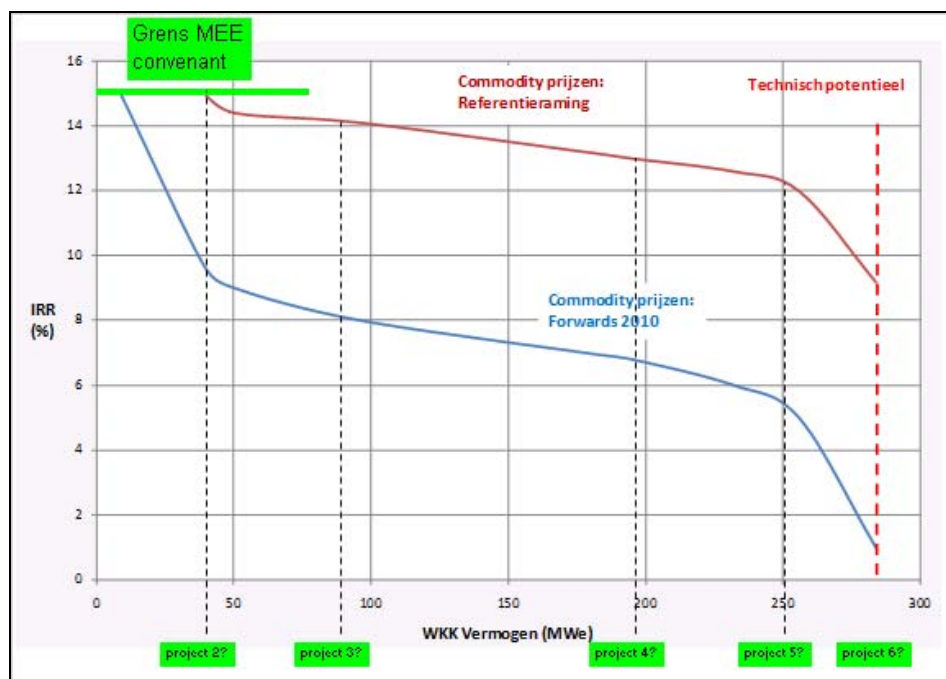
De voorspelde rendabiliteit is grafisch uitgezet voor de beschouwde utiliteitsprijzen in Figuur 4. Figuur 4 geeft een overzicht van de IRR van een aantal individuele WKK-projecten - vandaar de knikken in de lijnen - met een totale technische potentie van circa 280 MWe. Hiervan voldoen er - afhankelijk van de gehanteerde prijzen voor bovengenoemde commodities - één of twee projecten met een totaal vermogen van 5-40 MWe aan de in het MEE-convenant gedefinieerde grenswaarde voor de IRR van 15%.

De overeenkomstige netto hoeveelheid uitgespaarde brandstof is in Figuur 5 afgezet tegen de IRR. Het technisch potentieel aan bespaarde brandstof bedraagt circa 7,4 PJ/jaar, ongeveer 5% van het huidige verbruik in de raffinaderijen. Het economisch rendabele potentieel is geschat op 0,6-1,6 PJ/jaar, circa 0,4-1% van het huidige verbruik in de keten.

² IRR = Internal Rate of Return = interne rentevoet. de rentevoet waardoor, toegepast op de projectbaten, een netto constante waarde (NCW) van nul wordt bereikt bij een vastgestelde terugverdientijd. Anders gezegd, het is de hoogste rente die kan worden betaald op de investering om quitte te spelen.

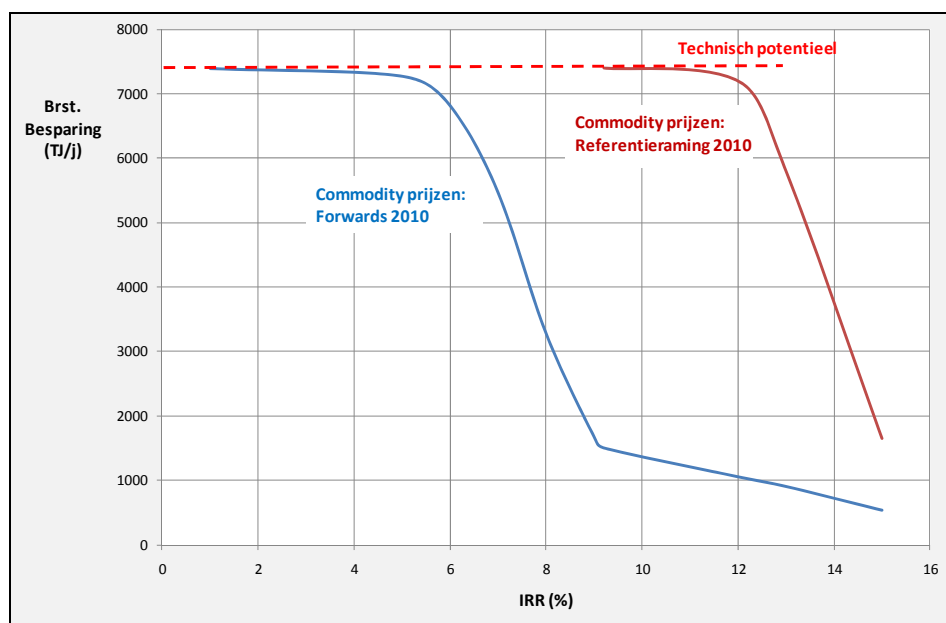


Figuur 4 Extra WKK-vermogen uitgezet tegen IRR voor verschillende scenario's voor commodityprijzen



Bron: Davidse, 2010.

Figuur 5 Besparing als functie van IRR en commodityprijzen



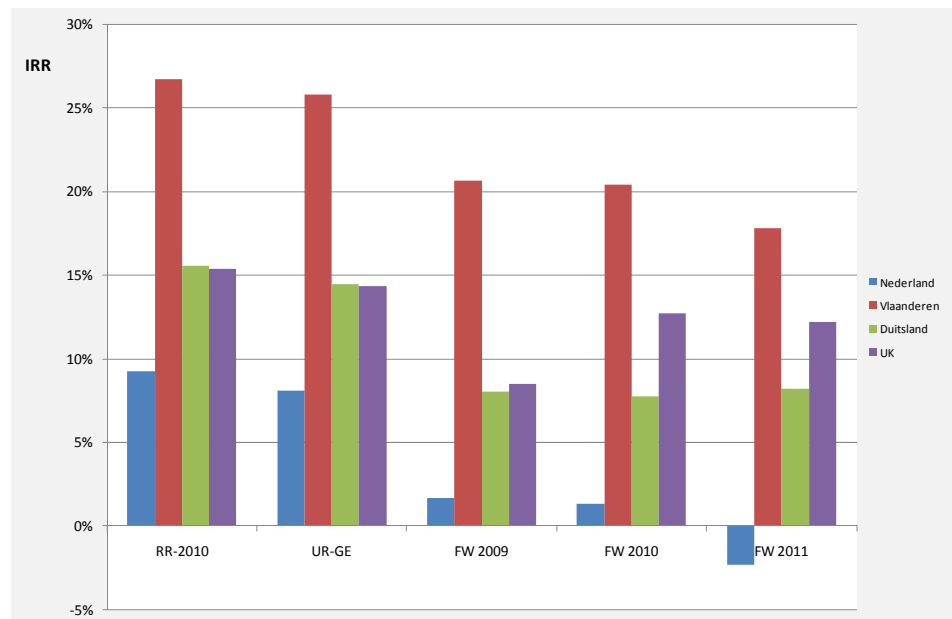
Bron: Davidse, 2010.

In de studie is rekening gehouden met een aantal autonome toekomstige ontwikkelingen, zoals reductie van energieverliezen door extra restwarmte-terugwinning voor stoomproductie. Er is geen rekening gehouden met andere mogelijke ontwikkelingen als ontzwaveling van bunkerbrandstof.



Het rapport laat ook zien dat het 'rendabele' potentieel aan WKK (IRR groter dan 15%) afhankelijk van het geldende nationale WKK-beleid. In omliggende landen (Vlaanderen, Duitsland, Verenigd Koninkrijk) zijn verschillende vormen van stimulerend beleid in uitvoering om WKK te bevorderen. Onder deze condities blijkt een groter aandeel van het WKK-potentieel aan de geldende rentabiliteitseis te voldoen. Dit wordt geïllustreerd door Figuur 6. Dit geeft voor vijf scenario's van energieprijzen de gemiddelde rentabiliteit van het WKK-potentieel, in respectievelijk Nederland, Vlaanderen, Duitsland en het UK. Uit Figuur 7 blijkt dat bij de beleidscondities in Vlaanderen (en in mindere mate Duitsland en het VK) WKK veel meer rendabel is.

Figuur 6 Invloed WKK-regelingen op rentabiliteit



Bron: Davidse, 2010.

In de studie worden enkel maatregelen beschouwd die bewezen kunnen worden geacht omdat ze al zijn geïmplementeerd bij andere raffinaderijen ergens ter wereld. De maatregelen betreffen enkel maatregelen binnen de raffinaderijen zelf, zonder dat sprake is van uitwisseling met de omgeving of voor- of naliggende ketenschakels. De enige relevante stakeholder is daarom de raffinaderij zelf.

2.4.2 Aantekening bij gepresenteerde resultaten

Bij navraag blijkt dat de potentie aan procesgeïntegreerde WKK in de huidige situatie naar inschatting van Davidse wordt gelimiteerd doordat bij de raffinaderijen nog een aanzienlijk vermogen aan stoomturbines wordt gebruikt voor mechanische aandrijvingen. Om deze turbines te kunnen laten werken is oververhitte middendruk en hoge druk stoom van 40 bar/400°C en 60 bar/480°C nodig.

WKK-configuraties

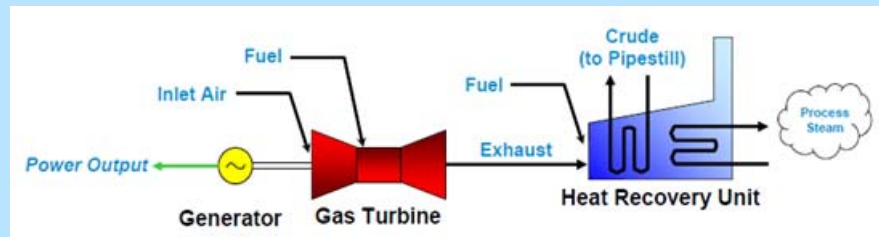
In Davidse (2010) worden twee verschillende configuraties onderscheiden:

- stoom-WKK;
- procesgeïntegreerde WKK.

Bij stoom-WKK wordt een brandstof in een gasturbine (of gasmotor) verbrand voor opwekking van elektriciteit. De hete rookgassen van de gasturbine worden gebruikt voor stoomproductie.

Bij procesgeïntegreerde WKK wordt de warmte van de hete rookgassen gebruikt om achtereenvolgens oliestroom (ruwe olie bijvoorbeeld) op te warmen en om stoom te produceren.

Figuur 7 Configuratie van procesgeïntegreerde WKK zoals toegepast bij ExxonMobil Antwerpen



Bron: <http://www.cogeneurope.eu/wp-content/uploads//2009/04/richard-henderson-power-point-presentation.pdf>.

Zoals gedemonstreerd bij de ExxonMobil raffinaderij in Antwerpen kan met procesgeïntegreerde destillatie tot 50% van de proceswarmte voor destillatie worden geleverd door procesgeïntegreerde WKK (ExxonMobil, 2009).

Volgens Davidse kan stoom van deze kwaliteit niet worden gegenereerd door procesgeïntegreerde WKK. Met de warmte die overblijft na het verwarmen van een oliestroom kan hooguit oververhitte stoom van 10 bar worden geproduceerd. Die stoomkwaliteit is voldoende voor de meeste processen in de raffinaderij, maar is onvoldoende voor de met stoomturbines aangedreven mechanische aandrijvingen.

Om procesgeïntegreerde WKK rendabel te maken is echter noodzakelijk dat de WKK-installatie zowel proceswarmte als stoom kan leveren. Alleen dan wordt de energie-inhoud van de brandstof efficiënt en - mits commodityprijzen goed liggen - economisch rendabel benut.

Met andere woorden, wanneer de raffinaderijen stoomturbines zouden vervangen door elektrische aandrijvingen zou er niet alleen minder brandstof nodig zijn bij de raffinaderijen, maar zou het ook mogelijk zijn meer procesgeïntegreerde WKK te realiseren. In de praktijk kunnen er overigens ook goede redenen zijn om de stoomturbines niet te vervangen, bijvoorbeeld uit veiligheidsoverwegingen.

2.5 Besparingsmogelijkheden in de petroleumketen (CE Delft)

2.5.1 Studie inhoud en resultaten

In de door CE Delft uitgevoerde studie (CE, 2010) wordt een drietal maatregelen geïdentificeerd die een significante besparing in de keten kunnen geven (zie Tabel 2):

- warmtelevering van de raffinaderij aan de gebouwde omgeving of de glastuinbouw (2.000-23.000 TJ/jr);
- CO₂-levering aan de glastuinbouw (6.200 TJ/jr);
- inzet van biomassa als feedstock voor de raffinaderijen (2.600 TJ/jr).

De cijfers tussen haakjes zijn inschattingen voor wat er maximaal aan energie gereduceerd zou kunnen worden.

Naast deze drie maatregelen wordt een serie kleinere besparingsopties mogelijk geacht. In absolute zin (over de gehele petroleumketen gezien) zijn deze opties klein, maar in sommige gevallen kunnen zij tot enkele tientallen procenten energie in een bepaalde ketenstap besparen. Een overzicht van de resultaten is gegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Besparingspotentiëlen in de petroleumketen (CE, 2010)

Ketenstap	Besparingsoptie	Besparingspotentieel (PJ/jr)	
		Ondergrens	Bovengrens
Levering restwarmte en CO ₂	Levering warmte aan gebouwde omgeving en glastuinbouw	2	23
	Levering CO ₂ (van waterstoffabrieken) aan glastuinbouw	6,2	6,2
Duurzame energie	Inzet biomassa	2,3	4,3
	Windenergie op raffinaderijen en terminals	1	1,7
Overige maatregelen		0,5	2
Totaal		12	37

De ramingen uit de CE Delft-studie zijn gebaseerd op het huidige energiegebruik per ketenstap en inschattingen van het gemiddeld haalbare besparingspercentage per geïdentificeerde maatregelen. De ramingen zijn daarmee een inschatting wat gemiddeld genomen mogelijk wordt geacht, niet een analyse van wat per individuele installatie of processtap mogelijk is. Dat laatste vereist haalbaarheidsstudies op locatie die niet zijn uitgevoerd in het kader van de studie.

De resultaten zijn hierboven weergegeven als een range. De onderste waarde van de range representeert daarbij het 'realistische' potentieel. Dit is het potentieel dat naar verwachting onder de geldende marktcondities gerealiseerd kan worden. Daarbij is gekeken naar beschikbare ramingen van kosten/terugverdientijden en of de technieken in vergelijkbare situaties, in Nederland of in het buitenland, al in de praktijk worden toegepast. Er staat echter niet vast dat dit potentieel in alle concrete gevallen binnen een terugverdientijd van vijf jaar realiseerbaar is.

De bovenste waarde representeert het potentieel dat technisch maximaal haalbaar is. Dit omvat ook (toepassingen van) maatregelen die nog niet bewezen zijn. Voorbeelden hiervan zijn inzet van restwarmte van raffinaderijen in de glastuinbouw en inzet van frequentiegestuurde pompen.



Als het volledige technisch besparingspotentieel zou worden gerealiseerd, resulteert dit in een besparing van ca. 37 PJp. Dit is echter de absolute bovengrens, een meer conservatieve schatting komt uit op 12 PJp voor het totale pakket en 11 PJp voor de drie belangrijkste opties. Met de drie grootste opties kan maximaal ca. 32 PJp energie worden bespaard, ca. 21% van het energiegebruik van de raffinagesector in Nederland, een meer conservatieve schatting komt uit op ca. 11 PJp, oftewel 7% energiebesparing in de keten.

Met name bij realisatie van de eerste twee opties (warmte- en CO₂-levering) zijn ook partijen buiten de sector betrokken. Bij deze opties is dan ook aan te bevelen om een proces in gang te zetten met alle betrokken stakeholders. Hierbij moet de nadruk liggen op het grijpen van de kansen die er liggen om met name de restwarmte van de raffinaderijen en zo mogelijk ook de CO₂ nuttig te gaan benutten. De omstandigheden lijken er rijp voor te zijn, en ervaringen in het buitenland met vergelijkbare maatregelen zijn positief.

De optie 'inzet biomassa' behelst het gebruik van plantaardige olie als feedstock voor de raffinaderij, en kan door de VNPI-leden zelf worden opgezet en uitgevoerd. Deze optie is nog in de R&D-fase, maar al wel een aantal keren in de praktijk getest en gedemonstreerd in raffinaderijen buiten Nederland.

De drie opties worden hieronder kort nader toegelicht.

Warmtelevering

De ramingen van het maximaal potentieel aan warmtelevering zijn gebaseerd op een studie uit 2002 van CE Delft, waarin in kaart is gebracht wat in de regio Rijnmond mogelijkheden zijn voor de benutting van restwarmte (CE, 2002). Deze studie beperkte zich tot levering vanuit de raffinaderijen van BP en Shell, levering vanuit Esso en KPE is hierin niet verdisconteerd.

Deze raming is relatief onzeker. In de eerste plaats zijn de beschikbare hoeveelheden warmte van twee raffinaderijen, KPE en Esso, niet inbegrepen. Verder geldt dat de raming is gebaseerd op de situatie bij BP en Shell per 2002. Sindsdien hebben deze raffinaderijen diverse belangrijke modificaties ondergaan, waaronder bij Shell raffinaderij de realisatie van PerPlus. Dit heeft gevolgen voor de hoeveelheid beschikbare warmte. Tot slot geldt dat bij de levering van de warmte ook rekening gehouden moet worden met energieverlies bij transport: de hoeveelheid beschikbare warmte is daarmee niet gelijk aan de totale besparing. Dit is niet verdisconteerd in de raming.

In het project uit 2002 zijn tevens een aantal warmtevragers in beeld gebracht en zijn de kansrijke warmteopties gedefinieerd. Inmiddels is een deel van deze warmteopties reeds ingevuld.

Hoewel er al een aantal warmteopties is ingevuld vanuit andere bronnen is er nog steeds potentieel voor restwarmtelevering vanuit de raffinaderijen. Dit betreft zowel levering aan de gebouwde omgeving als aan de glastuinbouw (het Westland en de B-Driehoek).

Warmtelevering vergt forse investeringen in de warmte-infrastructuur. De studie uit 2002 komt voor bovenstaande locaties uit op een investering van ca. M€ 900 en een kosteneffectiviteit in de orde van ca. 10-60 €/ton CO₂.



Een andere indicatie van de rendabiliteit van warmtelevering zou kunnen worden afgeleid uit het KBC-rapport (KBC, 2008). Daarin wordt gemeld dat in een studie van Linnhoff March uit ongeveer 1998 een rendabel, binnen vijf jaar terug te verdienen potentieel van 160 MW - circa 5 PJ/jaar - is geïdentificeerd aan warmtelevering door Shell en Esso aan omliggende bedrijven.

CO₂-levering

CO₂-levering is in uitvoering via de levering van CO₂ vanuit de waterstoffabriek van Shell, via OCAP aan tuinders. Uitbouw van dit netwerk biedt kansen om de 'robuustheid' van het systeem van CO₂-levering te vergroten.

Leveringszekerheid is erg belangrijk voor tuinders, terwijl de mogelijkheid tot flexibiliteit vanuit de leveranciers een key factor is. Aansluiting van meerdere CO₂-bronnen op het net is dan ook vanuit meerdere invalshoeken sterk gewenst. Aansluiting van meer CO₂-bronnen biedt tevens kansen voor verdere uitbouw van de CO₂-levering aan meer kassen.

Hierbij geldt echter wel dat er onzekerheden zijn over de ontwikkeling van de CO₂-vraag bij tuinders. Enerzijds zorgt de ontwikkeling naar duurzame warmtebronnen voor een stijging van de CO₂-vraag, anderzijds kunnen het nieuwe BEMS en het ETS er toe leiden dat de CO₂-vraag bij tuinders weer afneemt.

Belangrijke aanvullende opties voor verdere uitbouw zijn de twee nieuwe waterstoffabrieken die in Rijnmond in aanbouw zijn: Air Products (gekoppeld aan Esso) en Air Liquide (gekoppeld aan Neste, maar waarschijnlijk ook toeleverancier van raffinaderijen). Totaal zal hierbij ca. 1 Mton CO₂ vrijkomen. Er zijn nog wel vraagtekens ten aanzien van de vraag in hoeverre de geproduceerde CO₂ geschikt zou zijn voor levering van CO₂ aan de glastuinbouw.

Biomassa in de raffinaderij: Hydro-deoxygenatie van plantaardige oliën in de hydrotreater

Door plantaardige oliën in de raffinaderij zelf mee te verwerken kan een reductie van broeikasgasemissies worden gerealiseerd ten opzichte van de referentie waarin dezelfde oliën tot biodiesel worden verwerkt. Over de keten gezien komt het maximum technisch CO₂-reductiepotentieel van deze maatregel uit op 122-170 kton CO₂/jaar in 2020.

Ook zou vervangen van conventionele straight run diesel door HVO een reductie van CO₂-emissies bij de raffinaderij zelf kunnen geven. Wanneer de plantaardige oliën additioneel wordt verwerkt - wordt mee verwerkt zonder dat de hoeveelheid straight run diesel verandert - zullen de emissies van de raffinaderij daarentegen juist toenemen. De gevolgen voor de CO₂-emissies van de raffinaderij zelf hangen daarnaast af van de vraag of de additionele waterstof op de raffinaderij zelf wordt geproduceerd, of wordt ingekocht.

Het mee verwerken van plantaardige oliën in de hydrotreater van een raffinaderij biedt mogelijkheid om meer biobrandstoffen in te zetten in het wegvervoer, zonder dat aanpassingen aan wagenparken noodzakelijk zijn. Deze route wordt al in een (beperkt) aantal raffinaderijen buiten Nederland toegepast, daarnaast zijn diverse demonstratieprojecten en proefprojecten uitgevoerd (o.a. door BP en Total).



3 Integratie: raming totaal besparingspotentieel raffinageketen

3.1 Inleiding

In deze paragraaf integreren we de resultaten van de drie studies. Dit leidt tot een totaalraming van het technische besparingspotentieel en een totaalraming van het rendabele besparingspotentieel. Bij beide integratiestappen geven we onderliggende aannames aan en onzekerheden in de resultaten.

Technisch, realistisch en rendabel besparingspotentieel

In dit rapport worden een aantal verschillende soorten besparingspotentieel gebruikt, onder andere omdat de drie studies van KBC, Davidse en CE Delft verschillende termen en definities gebruiken. In het volgende daarom een beschrijving van de diverse termen.

In de MEE wordt gesproken van rendabel besparingspotentieel. Dit is gedefinieerd als het potentieel van alle besparingsopties met een simpele terugverdientijd van minder dan vijf jaar, of een IRR (interne opbrengstvoet) van meer dan 15%.

De KBC-studie geeft het potentieel van rendabele besparingsopties, waarbij is uitgegaan van een terugverdientijd van maximaal vier á vijf jaar. De gebruikte aannames, bijvoorbeeld m.b.t. investeringskosten en kosten van gas en elektriciteit, zijn confidentieel.

Davidse berekent allereerst het totale technische besparingspotentieel van WKK op raffinaderijen. Dit is het maximale potentieel dat technisch haalbaar is, waarbij nog niet met kosten rekening is gehouden. Vervolgens berekent hij de IRR van de verschillende soorten WKK. Het resultaat is een grafiek die het besparingspotentieel geeft bij een bepaalde IRR. Zo is ook het rendabele potentieel volgens de MEE-definitie (IRR van 15%) af te lezen. Gebruikte aannames t.a.v. diverse kostenposten zijn gegeven in het rapport.

In de studie van CE Delft zijn vanwege de complexiteit en diversiteit van de maatregelen geen gedetailleerde kosten- en rentabiliteitsberekeningen gemaakt, maar is een inschatting gemaakt van het 'realistisch potentieel'. In deze studie zijn allereerst alle mogelijke besparingsmaatregelen buiten de raffinaderijen in kaart gebracht, om tot een technisch besparingspotentieel te komen (vergelijkbaar met de Davidse-aanpak). Vervolgens is gekeken of de technieken in vergelijkbare situaties, binnen of buiten Nederland, in de praktijk worden toegepast. Op basis van dit laatste is een inschatting gemaakt van het potentieel dat waarschijnlijk rendabel is, dit is het realistisch potentieel genoemd. Verdere studies naar haalbaarheid en kosten zijn nodig om een beter inzicht te verschaffen in de werkelijke terugverdientijden en IRR van deze maatregelen.



3.2 Mate van overlap tussen de studies

Uit de vergelijking van de drie studies volgt dat tenminste op drie punten maatregelen uit de studies met elkaar zouden kunnen interfereren: de implementatie van één van deze maatregelen heeft gevolgen voor het energiebesparingspotentieel van de andere maatregelen. Aangezien de details van de maatregelen in de KBC-studie niet openbaar zijn is het niet mogelijk om de precieze mate van overlap en beïnvloeding te bepalen. We kunnen echter wel indicaties verschaffen van de orde van grootte van deze effecten.

1. WKK.

De belangrijkste overlap tussen de drie beschouwde studies betreft realisatie van extra WKK-vermogen bij de raffinaderijen zelf. Deze optie wordt zowel in KBC (2008) als in Davidse (2010) beschouwd.

De studie van Davidse is gebaseerd op analyse van alle individuele raffinaderijen, en omvat meerdere technische opties: zowel stoomopwekking als procesgeïntegreerde WKK. Opgenomen zijn zowel opties die onder de huidige marktcondities rendabel zijn, als maatregelen die dat (nog) niet zijn. Uit de resultaten kan vervolgens worden afgelezen welk deel van het potentieel rendabel is bij een bepaalde terugverdientijd. In de KBC-studie zijn minder WKK-opties meegenomen. Uit navraag bij KBC blijkt dat alleen stoomgeïntegreerde opties zijn beschouwd die rendabel zijn (met criterium van ca. 4 jaar terugverdientijd), en dat WKK een groot aandeel heeft in de 'Steam & Power' besparingscategorie. Een precies cijfer is echter niet beschikbaar.

Het totale potentieel van de maatregelen in deze categorie wordt geschat op ca. 12 PJ (zie Paragraaf 2.3). Om tot een redelijke schatting te komen van het WKK-potentieel van deze 12 PJ gebruiken we de inschatting van het totale potentieel voor stoom-WKK dat Davidse (2010) heeft berekend: 4,7 PJ. Consequentie is dat de overige besparingsopties in de KBC-studie staan voor een besparingspotentieel van in totaal ca. 17,4 PJ.

2. Integratie tussen WKK en warmtelevering.

Een tweede aandachtspunt betreft integratie tussen WKK (cf. Davidse en KBC) en warmtelevering (cf. de CE Delft-studie). Realisatie van WKK resulteert immers in een andere warmtehuishouding van raffinaderijen, die de beschikbaarheid van warmte voor warmtelevering zou kunnen beïnvloeden.

Onze inschatting is echter dat realisatie van WKK niet tot verminderde beschikbaarheid van restwarmte zal leiden. Met WKK zal immers op de locaties van de raffinaderijen meer primaire energie worden ingezet, de besparing ligt bij elektriciteitsproductie elders die door de WKK overbodig wordt. Het valt dan ook niet te verwachten dat realisatie van WKK er toe zal leiden dat bij de raffinaderijen minder warmte beschikbaar komt voor warmtelevering.

3. Energiebesparing bij stoom aangedreven pompsystemen.

Mogelijk is een van de maatregelen die in de KBC-studie wordt meegenomen vervanging van mechanische, stoomturbine aangedreven aandrijvingen door elektromotoren. Die vervanging zou de vraag naar hoge druk stoom sterk kunnen reduceren. Dit zou het potentieel verlagen voor conventionele (stoom-)WKK. Tegelijk verhoogt dit het potentieel voor proces-geïntegreerde WKK, omdat dit type WKK alleen in staat is om lagere drukken stoom te produceren. Dit effect kan verder niet worden gekwantificeerd.



Overall geldt dat de belangrijkste overlap die is op het vlak van WKK, tussen de studies van KBC en Davidse.

3.3 Raming technisch potentieel

De potentiëlen voor energiebesparing in de drie studies zijn samengevat in Tabel 3.

Tabel 3 Potentiëlen voor energiebesparing in drie studies (technisch besparingspotentieel)

	Bron	Raming potentieel (PJp)
Energie-efficiency in de raffinaderijen	KBC, 2008	22
WKK	Davidse, 2010	7,4
Ketenmaatregelen	CE, 2010	37

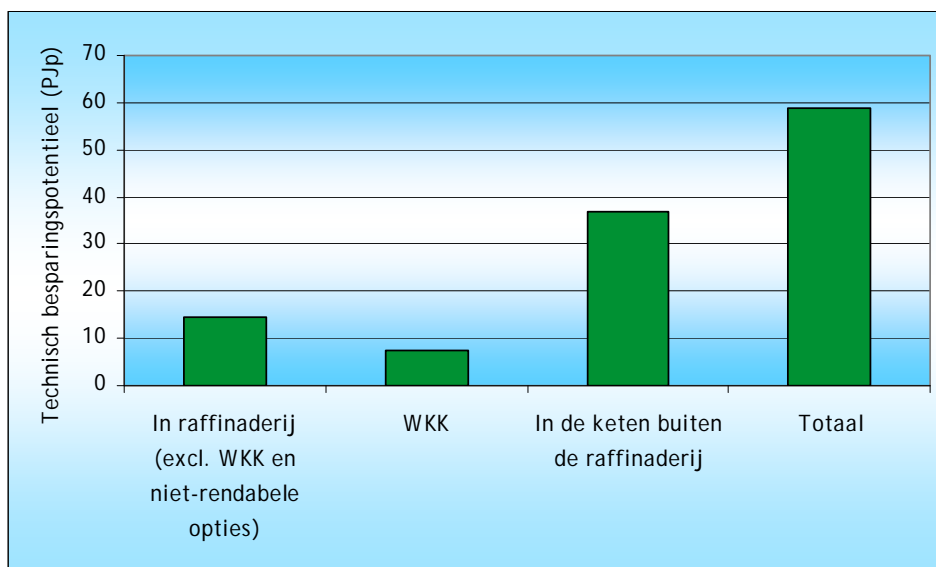
Op grond van de drie studies kan een inschatting worden gegeven van het totale besparingspotentieel in de keten. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met aanzienlijke verschillen in de reikwijdte en detailniveau van de studies:

- Reikwijdte.
De KBC-studie geeft alleen maatregelen met een rendabel potentieel (terugverdientijd < 4-5 jaar). De twee andere studies geven ook ramingen waarvan de terugverdientijd hoger is. Dit betekent dat efficiency-maatregelen op locatie met terugverdientijd > 4-5 jaar ontbreken, terwijl die voor WKK en ketenmaatregelen wel zijn mee genomen. Aangezien het MEE-convenant betrekking heeft op rendabele maatregelen is dit overigens geen groot bezwaar.
- Detailniveau.
De CE Delft-studie gaat uit van gemiddelde besparingspercentages van mogelijke maatregelen. De andere studies zijn gebaseerd op een toetsing van maatregelen op de verschillende locaties. De potentieelramingen uit de CE Delft-studie zijn daarmee globaler dan die uit de andere twee studies.
- Overlap maatregelen.
Zoals aangegeven komt WKK ook voor in de KBC-studie. Naar schatting gaat het om ca. 4,7 PJ van het door Davidse geïdentificeerde WKK-potentieel.

Figuur 8 geeft op basis hiervan een totaalraming van het technisch potentieel in de drie studies. Hierbij is de raming voor energie-efficiency op locatie exclusief het WKK-potentieel. Verder geldt dat de raming voor energiebesparing in de keten, vanwege de onderliggende aannames, een relatief grote onzekerheidsmarge heeft. Het totale technische besparingspotentieel dat op basis van deze drie studies kon worden geïdentificeerd komt dan uit op ca. 60 PJp, ca. 40% van het totale energiegebruik in de Nederlandse raffinaderijen.



Figuur 8 Indicatie van totaal technisch potentieel energiebesparing in raffinageketen (PJp/jr)



3.4 Raming rendabel besparingspotentieel

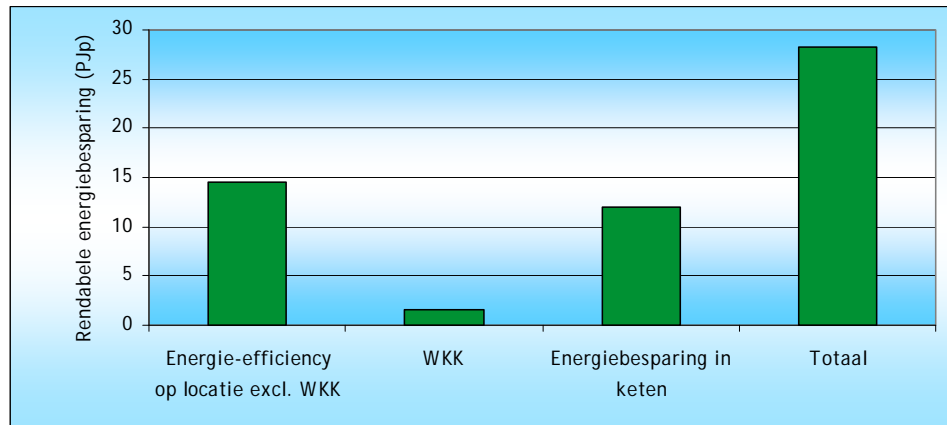
Een volgende stap is het ramen van het aandeel in het potentieel dat rendabel te realiseren, conform het criterium van een terugverdientijd < 5 jaar uit het MEE-convenant.

Ook hiervoor kan op grond van de drie studies een indicatie gegeven worden, al geldt ook hier de kanttekening dat rekening gehouden moet worden met verschillen tussen de studies, waardoor de onzekerheid in de raming relatief groot is.

- Detailniveau kostenberekeningen.
Zoals aangegeven is de ketenanalyse (CE Delft) gebaseerd op algemene aannames van mogelijke maatregelen. De raming van het 'realistisch haalbare' potentieel is gebaseerd op algemene gegevens van kosten en implementatie elders. Het staat daarmee zeker niet vast dat deze maatregelen in alle concrete situaties rendabel zijn door te voeren.
- Uitgangspunten ten aanzien van marktcondities.
De rendabiliteit van maatregelen is vaak sterk afhankelijk van uitgangspunten ten aanzien van energieprijzen (gas en elektriciteit). Dit geldt in het bijzonder voor WKK: de Davidse-studie laat zien dat bij verschillende scenario's voor energieprijzen de IRR sterk verschuift. Daarbij geldt dat deze marktcondities ook sterk beïnvloed worden door het nationale beleid: in Vlaanderen, met een stimulerend beleid voor WKK, blijkt een veel groter WKK-potentieel rendabel te zijn dan onder de condities van het vigerende Nederlandse beleid. Voor de KBC-studie is onduidelijk welke aannames zijn gehanteerd voor energieprijzen en rentevoet. In de CE Delft-studie zijn geen gedetailleerde kostenberekeningen uitgevoerd, en is derhalve ook niet gekeken naar gevolgen van veranderende marktcondities op het potentieel.

Figuur 9 geeft een overzicht van het geïdentificeerde rendabele potentieel. Hierbij is voor de KBC-studie het potentieel exclusief het WKK-aandeel weergegeven. Verder is aangenomen dat de 'realistische' ketenmaatregelen uit de studie van CE Delft rendabel zijn.

Figuur 9 Indicatie rendabel potentieel energiebesparing in raffinaderijketen (PJp/jr)

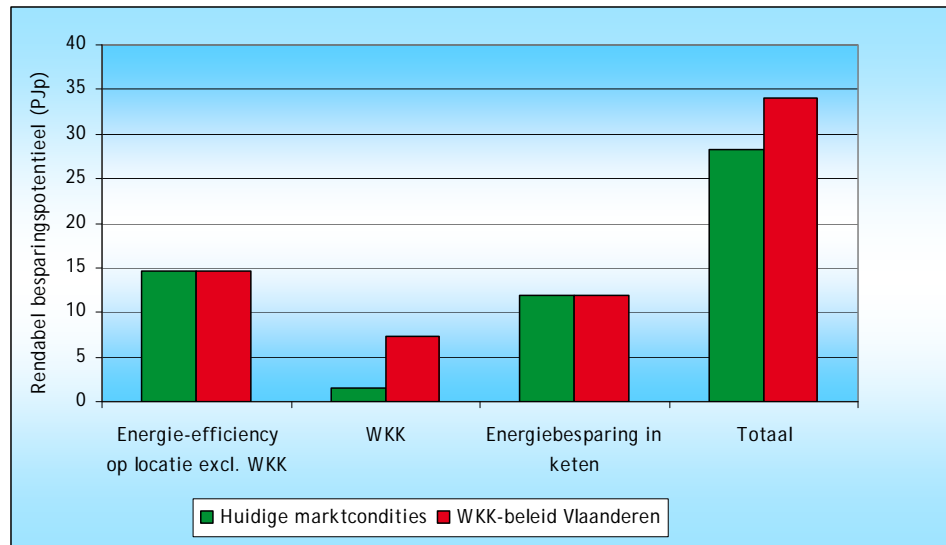


Onze inschatting van rendabel potentieel ligt hiermee op ca. 28 PJp. Ten opzichte van het totale energiegebruik in de Nederlandse raffinaderijen (150 PJp) is dit ca. 19%.

Zoals aangegeven is het potentieel voor de optie WKK sterk afhankelijk van marktcondities en overheidsbeleid. Bij een gericht beleid voor WKK, zoals bijvoorbeeld in Vlaanderen van toepassing is, is een veel groter potentieel rendabel. Voor alle vijf bestudeerde scenario's geeft Davidse (2010) aan dat onder deze condities het totale potentieel boven de 7,4 PJp rendabel is³. Ter illustratie geeft Figuur 10 het rendabele potentieel onder het huidige Nederlandse beleid, naast het rendabele potentieel onder de beleidscondities in Vlaanderen. Onder de Vlaamse condities komt het totale rendabele besparingspotentieel op ca. 23%.

³ Bij beleidscondities cf. Duitsland en UK geldt dat in sommige scenario's het potentieel rendabel realiseerbaar is en in andere scenario's niet.

Figuur 10 Vergelijking van rendabel potentieel voor energiebesparing onder beleidscondities voor WKK in Nederland en Vlaanderen (PJp/jr)



4 Benutting van het potentieel: hoe verder?

4.1 Inleiding

Uit het voorafgaande blijkt dat er een aanzienlijk energiebesparingspotentieel beschikbaar is in de raffinaderijen zelf en in de petroleumketen daarbuiten. Een deel van deze besparingen kunnen de raffinaderijen de komende 5-10 jaar zelf verder uitwerken en implementeren, voor een deel van de maatregelen moeten meerdere stakeholders worden betrokken en is een bredere aanpak nodig. Daarnaast is een deel van de maatregelen al op korte tot medium termijn te implementeren (binnen 1-5 jaar), een ander deel vergt een lagere voorbereidingstijd en zal pas over 5-10 jaar daadwerkelijk kunnen worden toegepast.

Dit hoofdstuk gaat daarom in op de stappen die nodig zijn om het bestaande potentieel te benutten, wie daarbij betrokken moet worden en wanneer welke stappen zouden kunnen worden gezet.

We doen dit aan de hand van de belangrijkste typen opties:

1. Energie-efficiency op locatie (cf. KBC).
2. WKK (stoom- en procesintegratie).
3. Warmtelevering aan de gebouwde omgeving.
4. CO₂-levering aan glastuinbouw (uit waterstoffabrieken).
5. Inzet biomassa in raffinaderijen.

4.2 Actoren en stakeholders

1. Energie-efficiency op locatie (cf. KBC).
Deze maatregelen kunnen door de leden van de VNPI, de eigenaren van raffinaderijen, zelf verder worden uitgewerkt en geïmplementeerd. KBC heeft voor elk van de raffinaderijen een rapport geschreven met een beschrijving van de maatregelen die kunnen worden getroffen, de energiebesparing die ermee kan worden bereikt en de kosten en baten die ermee gemoeid zijn. Het is wellicht nog wel aan te bevelen om de KBC-berekeningen te actualiseren (het rapport is in 2008 geschreven) en de maatregelen verder uit te werken.
2. WKK (stoom- en procesintegratie).
Ook deze maatregelen kunnen door de raffinaderijen zelf worden uitgevoerd en staan beschreven in zowel de individuele KBC-rapporten als ook in het Davidse-rapport. Davidse kijkt ook naar procesgeïntegreerde WKK, maar maakt gebruik van algemene aannames t.a.v. bijvoorbeeld energieprijzen e.d., de raffinaderijen kunnen deze berekeningen derhalve nog specifiek maken voor hun eigen situatie. De berekeningen in de KBC-studie kunnen nog worden geactualiseerd.
Daarnaast kan het rendabele potentieel van deze maatregel aanzienlijk worden vergroot door het overheidsbeleid rondom WKK aan te passen (zie Paragraaf 2.4). Het is dan ook aan te bevelen dat de overheid een studie doet naar mogelijkheden, kosten en baten van eventuele beleidsaanpassingen, en op basis van de resultaten een zo effectief



mogelijk (WKK-)besparingsbeleid in gang zet. Vernieuwing van WKK-beleid zou mogelijk deel uit kunnen maken van de Green Deal tussen Kabinet en samenleving over energiebesparing.

3. Warmtelevering aan de gebouwde omgeving en evt. de glastuinbouw. Bij de verdere uitwerking en ontwikkeling van deze optie zal een aantal verschillende actoren moeten worden betrokken: in elk geval de leden van de VNPI waarvan de raffinaderijen in de buurt van de toekomstige warmteleiding van de AVR naar Rotterdam liggen (met name Shell en Esso), maar mogelijk ook KPE en BP. Daarnaast zouden hierbij het Warmtebedrijf Rotterdam en het RCI moeten worden betrokken (deze maatregel kan ook aan de RCI-doelstellingen bijdragen). Daarnaast kan ook de glastuinbouwsector bij het proces worden betrokken, ook zij zijn een potentiële afnemer van de restwarmte. Het is allereerst aan te bevelen om in samenwerking met alle betrokken partijen een haalbaarheidsonderzoek te doen naar de warmtelevering vanuit de verschillende raffinaderijen. Daarbij gaat het o.a. om een goede raming van investeringskosten (bij de diverse raffinaderijen en daarbuiten), potentiële baten van warmtelevering, toekomstige warmtevraag en potentiële CO₂-reducties. Een belangrijke aanbeveling van deskundigen met ervaring met warmtelevering in het buitenland is dat er vervolgens vrij snel overeenstemming moet worden gezocht over de contracten tussen de partijen. Deze moeten zodanig worden opgesteld dat warmtelevering aantrekkelijk is voor alle betrokkenen. De overheid (o.a. Agentschap NL) en de VNPI kunnen dit traject faciliteren door bijv. het proces met de diverse stakeholders te organiseren en te faciliteren en een studiereis naar Göteborg te organiseren waar raffinaderijen al langdurige ervaring hebben met warmtelevering.
4. CO₂-levering aan glastuinbouw (uit waterstoffabrieken). Ook bij deze maatregel zijn een aantal verschillende actoren betrokken, en moet derhalve een goed proces worden opgezet waarbij de verschillende partijen bij elkaar komen en gezamenlijk verder op willen trekken. Vanuit betrokken bedrijven zijn hier al verkennende onderzoeken naar uitgevoerd, waarbij het binnen de huidige marktcondities en gehanteerde investeringscriteria nog niet haalbaar bleek. Het verdient aanbeveling om met de betrokken VNPI-leden, Air Products, Air Liquide, OCAP, RCI en het Agentschap NL na te gaan of er condities te realiseren zijn waarin een dergelijk project wel haalbaar is. Agentschap NL zou eventueel, in samenwerking met de VNPI (of RCI), ook een faciliterende rol kunnen spelen in een dergelijk proces. RCI heeft hier ook belang bij omdat een dergelijk project ook kan bijdragen aan de RCI-doelstellingen. In CE (2010) wordt verder gesteld dat de Rijksoverheid (en de Nederlandse Emissie Autoriteit) een belangrijke stimulerende rol kan spelen door het beleid rondom het EU ETS zodanig aan te passen dat de CO₂-leveranciers (raffinaderijen en waterstoffabrieken) in elk geval ten delen ook profiteren van de CO₂-reducties die met deze maatregelen worden behaald. Op dit moment is dat niet het geval, en komt de CO₂-reductie geheel ten goede aan de afnemer (de glastuinbouw).



5. Inzet biomassa in raffinaderijen

Deze maatregel kan ook weer door de raffinaderijen zelf worden geïmplementeerd. Een (globaal) plan van aanpak zou kunnen zijn dat één of meerdere raffinaderijen die zijn geïnteresseerd in deze maatregel een haalbaarheidsstudie uitvoeren voor hun specifieke situatie en een pilotproject uitvoeren. Een doelstelling zou kunnen zijn om bijvoorbeeld binnen 2 tot 4 jaar bij één of meerdere raffinaderijen een pilot uit te voeren waarbij biomassa (plantaardige oliën) aan de hydrotreater wordt toegevoegd. Met deze pilots kan de technologische ontwikkeling worden ingezet die nodig is om over 4 tot 8 jaar biomassa op een structurele manier bij te mengen bij raffinaderijen. Een concreet tussenresultaat zou zijn een actualisering en concretisering van de inschatting van het rendabele energiebesparingpotentieel dat via deze route kan worden bereikt.

De overheid (c.q. Agentschap NL) en de VNPI zou hierbij een initiërende of aanjagende rol kunnen spelen, bijvoorbeeld door een studiereis naar de PREEM-raffinaderij in Göteborg te organiseren of een symposium/workshop over dit onderwerp te organiseren waarbij ook deskundigen worden uitgenodigd die met deze maatregel in de praktijk ervaring hebben opgedaan.

Daarnaast kan de Rijksoverheid aan de rendabiliteit van deze optie bijdragen door het biobrandstoffenbeleid zodanig aan te passen dat de inzet van biomassa via deze route ook meetelt voor de biobrandstoffenverplichting die aan de oliemaatschappijen is opgelegd.

Naast deze specifieke maatregelen is het ook aan te bevelen om afspraken te maken t.a.v. monitoring en evaluatie van de voortgang van de implementatie van de maatregelen, en van de ontwikkeling van de energie-efficiency van de petroleumketen.

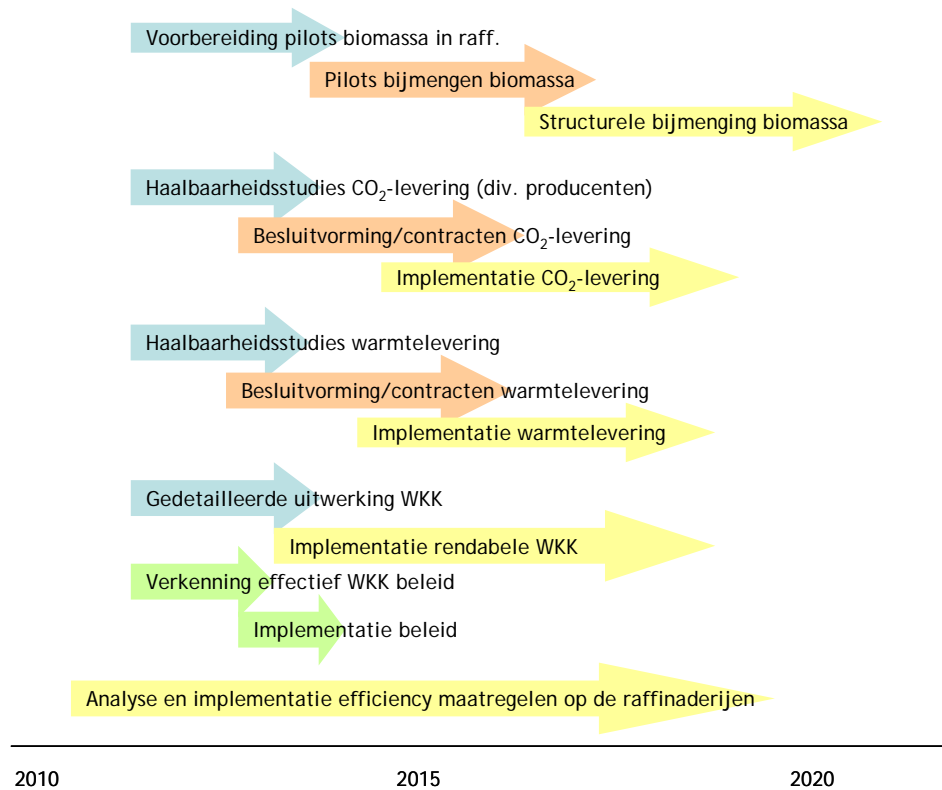
4.3 Timing van de maatregelen, mogelijk implementatietraject

Voor elk van de maatregelen kan een tijdpad worden opgesteld met daarin een inschatting wanneer welke acties moeten worden ondernomen om zo snel mogelijk maar in elk geval voor 2020 (het eindjaar van het MEE-convenant) tot realisatie van de maatregel te komen.

Als de bovenstaande plannen van aanpak van de diverse maatregelen als uitgangspunt wordt genomen ziet een globaal tijdpad er uit als geschetst in Figuur 11.



Figuur 11 Globaal tijdsplan voor de verder implementatie van de diverse besparingsmaatregelen



Een meer gedetailleerd tijdsplan kunnen we in het kader van deze studie niet opstellen, maar kan worden uitgewerkt tijdens de eerste stappen van elk van de maatregelen. Zo zullen aanpassingen aan de raffinaderijen bij voorkeur plaatsvinden op 'natuurlijke momenten', wanneer een raffinaderij, of bepaalde delen ervan, wordt stilgezet voor onderhoud en reparaties. Bij de warmte- en CO₂-levering zijn er wellicht ook bepaalde ontwikkelingen aan de afnamekant die gevolgen hebben voor de timing van implementatie. Het kan ook zijn dat uit de haalbaarheidsstudies blijkt dat er eerst zekerheid moet zijn dat bepaald overheidsbeleid wordt aangepast voordat er verdere stappen worden ondernomen.



5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

De drie rapporten (van KBC, Davidse en CE Delft) geven een beeld van energiebesparingspotentieel, respectievelijk binnen de bedrijven zelf, door implementatie van WarmteKrachtKoppeling (WKK) en in de rest van de petroleumketen. De drie rapportages dekken daarmee alle activiteiten in de keten van de petroleumproducten, van aanlanding van ruwe aardolie tot en met aflevering van aardolieproducten. Tevens zijn opties voor productie van duurzame energie inbegrepen.

De opties met het grootste (rendabele) besparingspotentieel zijn ruwweg in te delen in:

- energie-efficiency op locatie (cf. KBC);
- WKK (stoom- en procesintegratie);
- warmtelevering aan de gebouwde omgeving en de glastuinbouw;
- CO₂-levering aan glastuinbouw (uit waterstoffabrieken);
- inzet biomassa in raffinaderijen.

De drie rapportages hebben niet allemaal dezelfde opzet en er zijn verschillende uitgangspunten gehanteerd. Dit maakt het lastig om de resultaten van de drie studies één-op-één bij elkaar op te tellen.

- De KBC-studie geeft een totaalraming van rendabele energiebesparing op de locaties, maar geeft niet aan welke specifieke maatregelen zijn meegenomen en welke niet. Daarbij beperkt de KBC-studie zich tot rendabele maatregelen.
- Voor diverse opties, zoals warmtelevering, hebben de ramingen uit de studie van CE Delft een behoorlijk indicatief karakter, met een relatief grote onzekerheidsmarge.

Overlap tussen de drie studies is er voornamelijk voor de optie WKK: deze is zowel opgenomen in de studie van Davidse als in de KBC-studie. Uit aanvullende informatie van KBC volgt dat hierin een beperkt deel is meegenomen, dat wij inschatten op ca. 4,7 PJ.

Met bovenstaande aanname komt het totaalpotentieel van de drie studies uit op ca. 60 PJp, ofwel ca. 40% van het totale energiegebruik in de keten. Onder de huidige marktomstandigheden en overheidsbeleid is een groot deel van dit potentieel echter niet rendabel.

Ook voor het rendabele potentieel geldt dat het lastig is om dit nauwkeurig vast te stellen. In de eerste plaats vanwege verschillen in (dan wel onbekendheid van) uitgangspunten en detailniveau van het onderzoek. Daarnaast geldt echter ook dat het rendabele potentieel (terugverdientijd < 5 jaar), sterk afhankelijk is van de energieprijzen en overheidsbeleid. Met de aanname dat in de KBC-studie 4,7 PJ aan WKK is meegenomen, volgt een rendabel besparingspotentieel van ca. 28 PJp, ofwel ca. 19% van het energiegebruik in de raffinaderij.



Volgens de Davidse-studie is onder de huidige Nederlandse marktcondities slechts een gering deel van het technisch beschikbare WKK-potentieel rendabel (0,6-1,6 PJp). Bij een meer stimulerend beleid voor WKK, zoals van toepassing in Vlaanderen, Duitsland of de UK is een veel groter deel rendabel (tot 7,4 PJp). Het besparingspotentieel loopt dan op tot ca. 34 PJp, ca. 23% van het energiegebruik in de raffinaderij.

Het wordt derhalve lastig om de besparingsdoelstelling van het MEE-convenant te halen (20% op basis van rendabele maatregelen), maar niet geheel onmogelijk. Alle geïdentificeerde rendabele maatregelen moeten dan worden geïmplementeerd, en het besparingspotentieel dat per maatregel is ingeschat moet inderdaad worden bereikt.

5.2 Aanbevelingen

Hoofdstuk 4 biedt een uitgebreid overzicht van de aanbevelingen die uit deze studie komen, uitgewerkt in termen van actoren en mogelijke vervolgtrajecten. Daarbij is ook een globaal tijdsplan gegeven.

Een aantal maatregelen, met name de efficiëncymaatregelen op de raffinaderijen, WKK en het bijmengen van biomassa in raffinaderijen, kunnen de raffinaderijen zelf verder uitwerken en implementeren, zonder dat andere partijen daar een rol in spelen (m.u.v. bijvoorbeeld vergunningverleners). De Rijksoverheid kan echter wel bijdragen aan de realisatie van het beschikbare potentieel door een aantal aanpassingen aan het beleid door te voeren, met name op gebied van WKK en het biobrandstoffenbeleid. Het is dan ook aan te bevelen om de mogelijkheid en wenselijkheid hiervan verder te onderzoeken.

Bij de warmte- en CO₂-levering zijn meer partijen betrokken, zodat een goed proces moet worden opgezet. Voor beide maatregelen verdient het aanbeveling om resultaten van reeds uitgevoerde onderzoeken in kaart te brengen, en op basis daarvan concrete haalbaarheidsstudies uit te voeren waarin de kansen en barrières als ook de kosten en baten nader in beeld worden gebracht. Bij een positieve uitkomst van deze haalbaarheidsstudies kan vervolgens tot implementatie worden overgegaan. Ook hier is het belangrijk om ook mogelijke belemmeringen door overheidsbeleid in kaart te brengen, zodat deze waar mogelijk worden weggenomen, en het beschikbare rendabele potentieel kan worden benut. De overheid (bijvoorbeeld Agentschap NL) kan een faciliterende rol spelen in dit traject.

Daarnaast is het aan te bevelen om de voortgang van de diverse trajecten te monitoren en tussentijds te evalueren.



Literatuurlijst

CE, 2002

F.J. (Frans) Rooijers, F.W. (Folmer) de Haan, M.I. (Margret) Groot, K. (Karin) Blaauw, S. (Stephan) Slingerland, M. (Kiek) Singels, I. (Ingeborg) de Keizer
Van Restwarmte naar nuttige warmte in Rijnmond
Delft : CE Delft, 2002

CE, 2003

S. (Sander) de Bruyn, H.J. (Harry) Croezen, F.W. (Folmer) de Haan
Reductie van SO₂ : Een studie naar de kosten en beleidsmogelijkheden van SO₂-reductie in de aardolieketen
Delft : CE Delft, 2003

CE, 2010

B.E. (Bettina) Kampman, A. (Ab) de Buck, H.J. (Harry) Croezen, F.P.E. (Femke) Brouwer
Winst in de petroleumketen : Studie naar verbeteringen in de energie-efficiency in de petroleumketen, buiten de raffinaderijen
Delft : CE Delft, 2010

Davidse, 2010

J. Davidse
Onderzoek naar het Groeipotentieel van Warmtekrachtkoppeling in de Nederlandse aardolieraffinage sector en de daarmee te realiseren brandstofbesparing en CO₂-emissiereductie
Bennekom : Davidse Consultancy, Energie, klimaat, milieu, 2010

ECN, 2010

ECN and PBL Netherlands Environmental Assessment Agency
Reference Projection Energy and Emissions 2010-2020
Petten : ECN, 2010

ExxonMobil, 2009

Anton Buys en Arthur Hopstaken
Inventief bouwen op een "postzegel"
In : ExxonMobil Reflex no. 33, (2009); p. 12-14

KBC, 2008 (vertrouwelijk/confidential)

Energy Benchmarking of Dutch Refineries : VNPI Summary Report
S.I. : KBC Process Technology Limited, 2008

VBE, 2008

Rapport monitoring resultaten van het Convenant Benchmarking : Monitoringsrapport 1999-2007
S.I. : Verificatiebureau Benchmarking Energie-efficiency (VBE), 2008





Bijlage A Begrippenlijst

WarmteKrachtKoppeling (WKK)	Gecombineerde opwekking van warmte en elektriciteit ('kracht')
Procesgeïntegreerde WKK	Een vorm van WKK waarbij de geproduceerde warmte direct wordt ingezet in een proces, bijvoorbeeld in een fornuis
Stoom-WKK	WKK waarbij de geproduceerde warmte wordt benut voor de productie van stoom
Hydro-deoxygenatie	Proces voor het omzetten van plantaardige oliën diesel en/of kerosine
HVO (Hydrotreated Vegetable Oils)	De met Hydro-deoxygenatie geproduceerde diesel en kerosine (zie boven)
IRR, Internal Rate of Return (interne opbrengstvoet)	Het netto rendement van de investeringen in een project. Een project is aantrekkelijk als de IRR hoog is
Simpele terugverdientijd (simple pay-back time)	Termijn waarin een investering is terug verdiend, zonder rekening te houden met een rentevoet
Forward prijzen	Toekomstige prijzen voor energiedragers op lange termijnmarkten
Referentieraming	Scenario waarbij ongewijzigd bestaand of aangekondigd beleid wordt verondersteld

