

Winst in de petroleumketen

Studie naar verbeteringen in de energie-efficiency in de petroleumketen, buiten de raffinaderijen

Rapport

Delft, november 2010

Opgesteld door:

B.E. (Bettina) Kampman

A. (Ab) de Buck

H.J. (Harry) Croezen

F.P.E. (Femke) Brouwer



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

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, november 2010

Petroleum / Industrie / Ketenbeheer / Energiebesparing / Kooldioxide / Reductie /
Maatregelen / Prognose / Duurzame energie / Restwarmte

Publicatienummer: 10.3989.75

Opdrachtgever: VNPI.

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.

Deze rapportage is mede tot stand gekomen dank zij ondersteuning van NL Energie en Klimaat van Agentschap NL als onderdeel van de afspraken in het kader van de Meerjarenafpraak Energie-efficiëntie ETS-ondernemingen (MEE).

Agentschap NL is een agentschap van het ministerie van Economische Zaken. Agentschap NL voert beleid uit voor diverse ministeries als het gaat om duurzaamheid, innovatie en internationaal. Agentschap NL is hét aanspreekpunt voor bedrijven, kennisinstellingen en overheden. Voor informatie en advies, financiering, netwerken en wet- en regelgeving.



Agentschap NL
Ministerie van Economische Zaken



Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	9
1.1	Aanleiding van deze studie	9
1.2	Doel en afbakening van de studie	9
1.3	Leeswijzer	10
2	Een overzicht van de keten	11
2.1	Inleiding	11
2.2	Product- en energiestromen	11
2.3	De CO ₂ -emissies in de keten	14
3	Op- en overslag	15
3.1	Inleiding	15
3.2	Op- en overslag van aardolie	15
3.3	Verpompen crude naar België en Duitsland	24
3.4	Op- en overslag van raffinaderijproducten	25
3.5	Conclusies op- en overslag	31
4	Transport en tanken van raffinaderijproducten	33
4.1	Inleiding	33
4.2	Transport van raffinaderijproducten	33
4.3	Tanken	35
4.4	Conclusies en aanbevelingen transport en tanken	36
5	Duurzame energie bij op- en overslag en raffinaderijterreinen	39
5.1	Inleiding	39
5.2	Windenergie	39
5.3	Zonne-energie	41
5.4	Conclusies en aanbevelingen wind en zon	41
6	Biomassa als feedstock voor de raffinaderij	43
6.1	Inleiding	43
6.2	Wettelijk kader	43
6.3	Biomassatoepassing in de petroleumketen: status, ontwikkelingen en alternatieven	44
6.4	Beschrijving van de optie biomassa als feedstock in de raffinaderij	47
6.5	Knelpunten, kansen en praktijkervaringen	50
6.6	Conclusies en aanbevelingen	52
7	Levering restwarmte en CO₂	53
7.1	Introductie	53
7.2	Warmtelevering aan glastuinbouw en gebouwde omgeving	53
7.3	Nieuwe inzichten. Interviews	56
7.4	Warmtelevering vanuit raffinaderijen in Göteborg en Karlsruhe	57



7.5	CO ₂ -levering aan glastuinbouw	59
7.6	Conclusies en aanbevelingen: Warmte- en CO ₂ -levering	62
8	Conclusies en resultaten	67
8.1	De belangrijkste conclusies	67
8.2	Besparingspotentieel en conclusies per ketenstap	68
9	Aanbevelingen: hoe verder?	75
9.1	De Top-3 maatregelen verder ontwikkelen	75
9.2	Aanbevelingen ten aanzien van de overige besparingsmaatregelen	77
	Referenties	79
Bijlage A	Lijst met geïnterviewden	85
Bijlage B	Begrippenlijst	87
Bijlage C	Heat distribution from refineries in Göteborg	89
C.1	Introduction	89
C.2	Description of the district heating system	89
C.3	Experiences within refineries	90
Bijlage D	Maatregelen om energie- efficiency in transport te verbeteren	93
D.1	Inleiding	93
D.2	Systeemveranderingen	93
D.3	Maatregelen voor het wegvervoer	94
D.4	Maatregelen voor de kust -en binnenvaart	96
D.5	Maatregelen voor transport per pijpleiding	97
Bijlage E	Effecten bijmengen biomassa op de raffinaderij	101
E.1	Gevolgen op energiegebruik en CO ₂ -emissies van de raffinaderij	101
Bijlage F	Overzicht technisch besparingspotentieel per ketenstap	105



Samenvatting

Inleiding

De Rijksoverheid en de petroleumindustrie (verenigd in de VNPI) hebben in oktober 2009 de Meerjarenafspraken Energie Efficiëntie ETS-ondernemingen (MEE-convenant) getekend. Hierin is onder andere afgesproken dat de ondernemingen in deze sector energie-efficiencyplannen opstellen en uitvoeren, en dat er een routekaart wordt opgesteld die inzicht geeft in kansen voor de lange termijn.

In dat kader heeft de VNPI, in overleg en samenwerking met Agentschap NL, CE Delft opdracht gegeven alle mogelijkheden te bestuderen waarmee 'energie-efficiency in de keten' van de petroleumindustrie kan worden gerealiseerd binnen Nederland, buiten de raffinaderijen¹. Het resultaat is

- een uitgebreid overzicht van de besparingsopties;
- een inschatting van de potentiële energiebesparing per ketenstap;
- een ranking van maatregelen waarmee significante energiebesparing en CO₂-reducties in de keten kunnen worden bereikt.

De keten van de Nederlandse petroleumindustrie

In deze studie zijn allereerst mogelijkheden voor energiebesparing in kaart gebracht bij op- en overslag van ruwe olie en petroleumproducten, en bij transport van benzine, diesel en kerosine naar de depots en eindgebruikers. Het totale energiegebruik in deze keten is bijna 10.000 TJ/jr, wat leidt tot een CO₂-uitstoot van ca. 715 kton CO₂/jaar.

Daarnaast is gekeken naar de mogelijkheden voor opwekking van duurzame energie op de tank- en opslaglocaties, warmte- en CO₂-levering vanuit de raffinaderij en de inzet van biomassa in de raffinaderij.

Potentieel voor energiebesparing buiten de raffinaderij

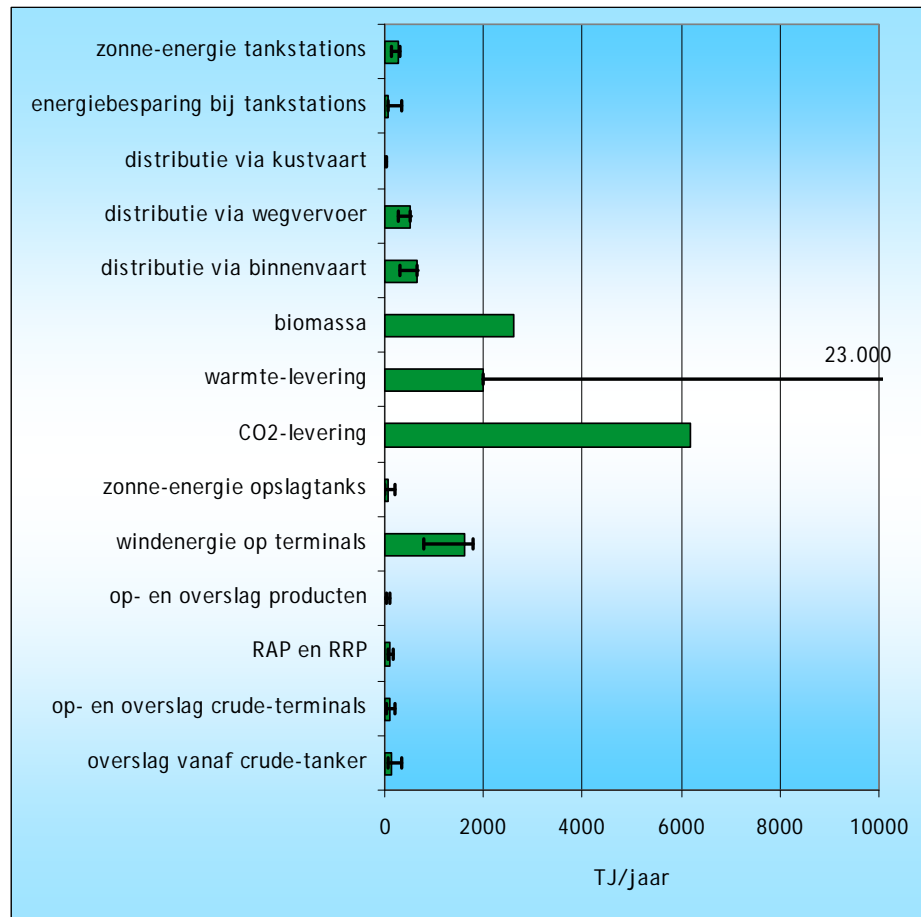
Deze besparingsopties zijn vervolgens onderzocht, waarbij is gekeken naar potentiële energiebesparing en terugverdientijd van de investeringen. Dit heeft geresulteerd in de inschatting van het besparingspotentieel zoals weergegeven in Figuur 1.

Hieruit blijkt dat het grootste reductiepotentieel te vinden is bij CO₂- en warmtelevering van de raffinaderij en bij inzet van biomassa in de raffinageprocessen. Het grote potentieel voor de opties warmte- en CO₂-levering hangt er mee samen dat ze aangrijpen op de ketenstap met het grootste energiegebruik: de raffinage. Het technisch potentieel van windenergie op de locaties van op- en overslag en raffinaderijen is ook relatief hoog, al is praktische haalbaarheid en rendabiliteit hier niet verder onderzocht. In de overige stappen kan het besparingspotentieel deels ook oplopen tot enkele tientallen procenten van het energiegebruik van de ketenstap. Zo zou zonne-energie bijvoorbeeld een aanzienlijk deel van het energiegebruik van tankstations kunnen dekken. Over de hele keten gezien zijn deze besparingen echter beperkt.

¹ Energiebesparingsopties binnen de raffinaderijen zijn in een tweetal andere studies in kaart gebracht.



Figuur 1 Potentieel voor energiebesparing in de hier onderzochte ketenstappen (TJ/jr)



NB. De groene balken geven de meest realistische schatting weer (rekening houdend met kosten en maatschappelijke haalbaarheid) de lijnen de onzekerheid (indien bepaald). De bovenste range van onzekerheidsmarge is het maximaal haalbaar technisch potentieel.

Conclusies

Voor elk van de hier onderzochte ketenstappen zijn rendabele mogelijkheden voor energiebesparing gevonden. De opties met het grootste potentieel zijn:

- 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).

Als het volledige technisch besparingspotentieel van deze drie opties zou kunnen worden verzilverd zou dit bijna 32.000 TJ energie kunnen besparen, ca. 17% van het energiegebruik in de petroleumketen in Nederland (excl. eindgebruiker van de producten). Dit is echter de absolute bovengrens, een meer conservatieve schatting komt uit op 11.000 TJ, ofwel 6% energiebesparing.

Voor elk van deze opties kon een aantal kansrijke ontwikkelingen worden geïdentificeerd, zodat implementatie haalbaar lijkt te zijn. Verder onderzoek is echter nodig om deze conclusie beter te toetsen.

Aanbevelingen

Het verdient aanbeveling om de Top-3 maatregelen verder te ontwikkelen, en de mogelijkheden voor realisatie in meer detail te onderzoeken. In het rapport wordt een aantal concrete aanbevelingen gedaan waarmee deze mogelijkheden voor (rendabele) energiebesparing verder kunnen worden uitgewerkt en opgezet.





1 Inleiding

1.1 Aanleiding van deze studie

De Rijksoverheid en de petroleumindustrie (verenigd in de VNPI) hebben in oktober 2009 de Meerjarenafpraak Energie Efficiency (MEE) getekend. Hierin is onder andere afgesproken dat de ondernemingen in deze sector energie-efficiencyplannen opstellen en uitvoeren, en dat er een routekaart wordt opgesteld waarmee inzicht wordt verschaft in kansen voor de lange termijn.

In dat kader heeft de VNPI, in overleg en samenwerking met Agentschap NL, CE Delft opdracht gegeven alle mogelijkheden te bestuderen waarmee 'energie-efficiency in de keten' van de petroleumindustrie kan worden gerealiseerd binnen Nederland, buiten de raffinaderijen².

Het gaat hierbij over energiebesparingsopties in bijvoorbeeld op- en overslag van de ruwe olie en de petroleumproducten, bij transport van benzine, diesel en kerosine naar de depots en eindgebruikers en om de opwekking van duurzame energie op de tank- en opslaglocaties. Daarnaast is gekeken naar de mogelijkheden voor warmte- en CO₂-levering vanuit de raffinaderij en het invoeden van biomassa in de raffinaderij, als alternatief voor biodieselproductie.

In deze studie zijn allereerst de diverse stappen in de keten beschreven, en zijn de mogelijkheden om de energie-efficiency te verbeteren in kaart gebracht. Deze zijn getoetst aan een aantal criteria, met name potentieel voor energiebesparing, kosten (terugverdientijd) en haalbaarheid. Hieruit is een Top-3 gekomen van meest kansrijke en effectieve opties, die vervolgens in meer detail zijn onderzocht.

1.2 Doel en afbakening van de studie

De scope van de studie is de petroleumketen vanaf het schip dat in Rotterdam aanmeert tot het tanken van de eindverbruiker, echter met uitzondering van de raffinaderij. Het gaat om emissies op Nederlands grondgebied.

Het doel van het project is tweeledig:

- een inventarisatie van het energiegebruik en de CO₂-uitstoot in elk van de stappen in de keten - bij voorkeur voor het zichtjaar 2005, anders de meest recente cijfers;
- het in kaart brengen van de mogelijke rendabele maatregelen voor energie-efficiencyverbeteringen en CO₂-reductie in deze keten. Zichtjaar van dit deel van de studie is, indien mogelijk, 2020.

Een deel van de keten is ook onderdeel van Meerjarenafspraken met andere bedrijfstakken, dit heeft echter geen gevolgen voor de afbakening van de studie.

² Energiebesparingsopties binnen de raffinaderijen zijn in een tweetal andere studies in kaart gebracht.



De studie kijkt naar de volgende stappen in de keten:

- overslag van de olietanker naar de opslag;
- opslag ruwe olie;
- verpompen van opslag naar raffinaderij;
- opslag eindproducten bij de raffinaderij (in zoverre apart van de raffinaderij);
- transport naar regionale depots, Schiphol, Duitsland, enz.;
- tussenopslag van de producten;
- transport naar tankstations, e.d.;
- tanken.

Daarnaast zijn de volgende opties voor energiebesparing en CO₂-reductie onderzocht:

- directe inzet van biomassa (bijv. plantaardige oliën) in de raffinaderij als vervanger van ruwe olie;
- duurzame energie op diverse locaties (bijv. wind- en zonne-energie bij raffinaderijen, tankopslag, etc.);
- warmtelevering van de raffinaderijen aan afnemers zoals de glastuinbouw of de gebouwde omgeving;
- CO₂-levering van de raffinaderijen aan afnemers zoals de glastuinbouw.

Deze inventarisatie is gebaseerd op de beschikbare literatuurbronnen (waaronder eerder uitgevoerde studies en MJA's) en data die betrokkenen beschikbaar hebben gesteld. Met name bij de opties met groter reductiepotentieel zijn daarnaast ook gesprekken gevoerd met betrokkenen, om tot een betere inschatting van het reductiepotentieel, de barrières en kansen te komen

1.3 Leeswijzer

Dit rapport begint, in Hoofdstuk 2, met een overzicht van de petroleumketen in Nederland: productstromen, energiegebruik en CO₂-uitstoot.

Vervolgens worden de diverse ketenstappen en besparingsopties beschreven:

- Hoofdstuk 3: Op- en overslag van ruwe olie en eindproducten;
- Hoofdstuk 4: Transport en tanken van de producten;
- Hoofdstuk 5: Duurzame energie (wind- en zonne-energie) bij op- en overslag en raffinageterreinen;
- Hoofdstuk 6: Biomassa als feedstock voor de raffinaderijen;
- Hoofdstuk 7: Levering restwarmte en CO₂.

In Hoofdstuk 8 volgen dan de conclusies, aanbevelingen voor verdere ontwikkeling van deze energiebesparingsopties zijn te vinden in Hoofdstuk 8. Een begrippenlijst is opgenomen in Bijlage B.

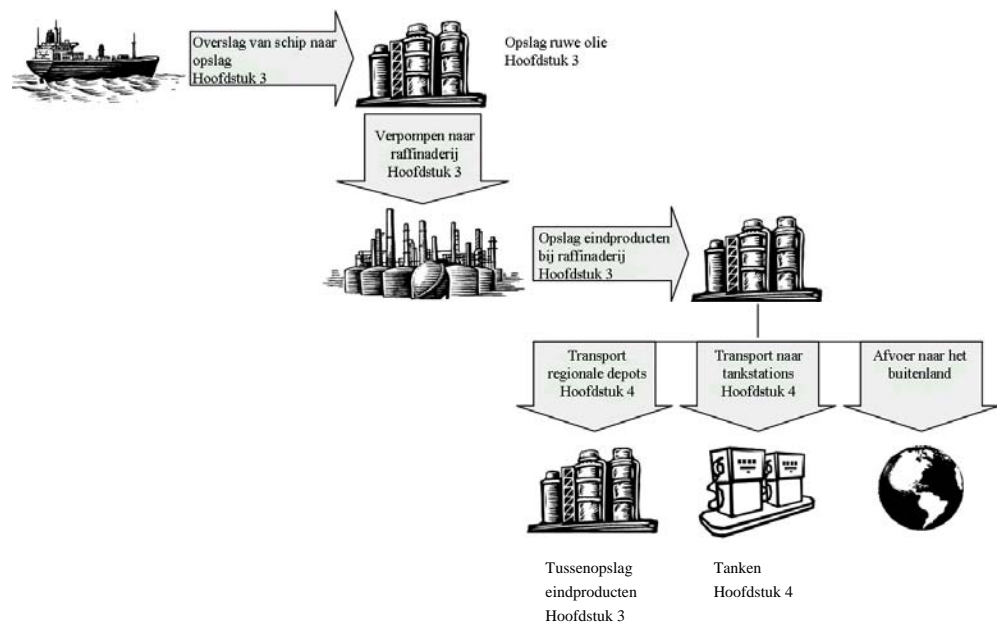


2 Een overzicht van de keten

2.1 Inleiding

De petroleumketen bestaat uit verschillende stappen met elk hun eigen kenmerken en mogelijkheden. Mogelijkheden voor energiebesparing zijn dan ook per stap bekeken. Figuur 2 geeft een overzicht van de onderzochte stappen. In het schema is aangegeven waar in het rapport deze stap verder beschreven is. Per stap zal worden aangegeven hoe het staat met de huidige energie-efficiency en hoe deze verbeterd kan worden.

Figuur 2 Schematische weergave petroleumketen



2.2 Product- en energiestromen

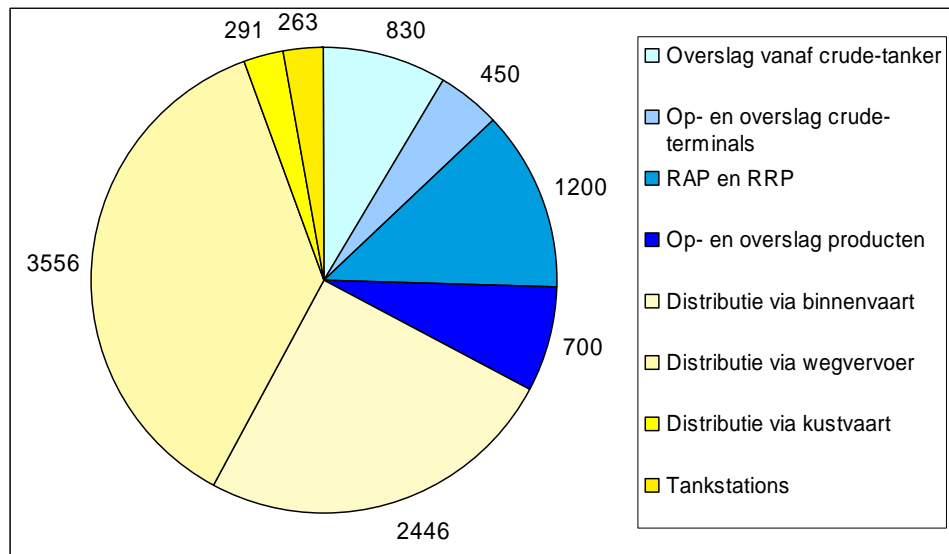
Het stroomschema van Figuur 4 geeft de betrokken bedrijven en productstromen weer (in Mton product), van de aanvoer via tankers, door de raffinaderij en vervolgens tot aan de eindgebruiker. In de figuur is ook te zien dat een aanzienlijk deel van de productstromen vanuit de opslagterminals naar België en Duitsland wordt getransporteerd, via resp. de RAP- en RRP-pijplijn.

Het energiegebruik in deze stappen, zoals in dit onderzoek is berekend, is uitgezet in Figuur 5. Hierin is duidelijk te zien dat het energiegebruik van veel van de hier onderzochte stappen relatief klein is, vergeleken met de stappen die buiten de scope van dit onderzoek vallen: raffinage (ca. 180 PJ) maar vooral het eindgebruik van de producten in binnen- en buitenland (ca. 2.000 PJ binnenlandse verkoop, en ca. 2.300 PJ export). Distributie via binnenvaart, vrachtauto's en pijpleidingen volgt op grote afstand, met in totaal 6,8 PJ.



Een overzicht van het energiegebruik van de in deze studie onderzochte ketenstappen is gegeven in Figuur 3.

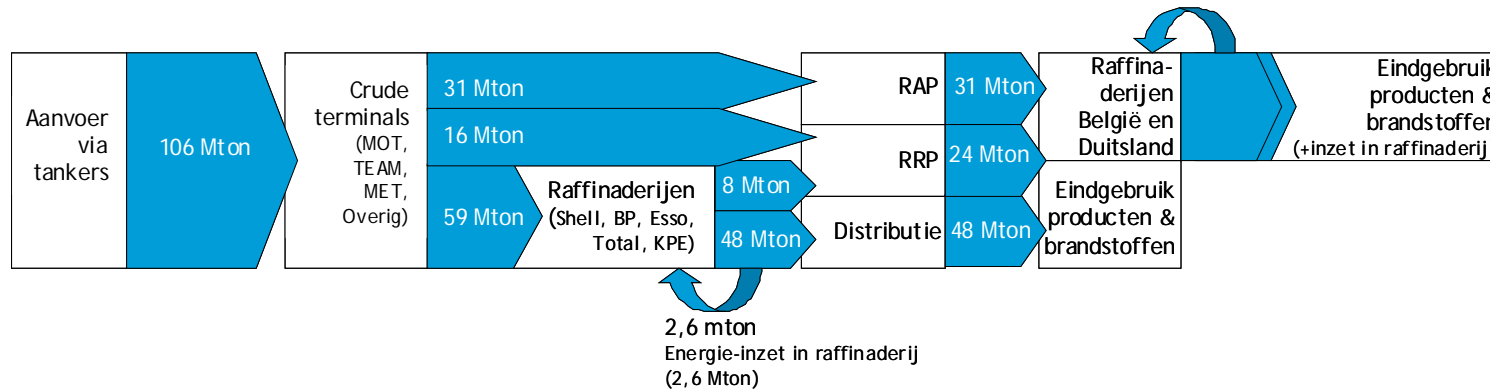
Figuur 3 Het energiegebruik van de verschillende schakels van de petroleumketen (in TJ/jr)



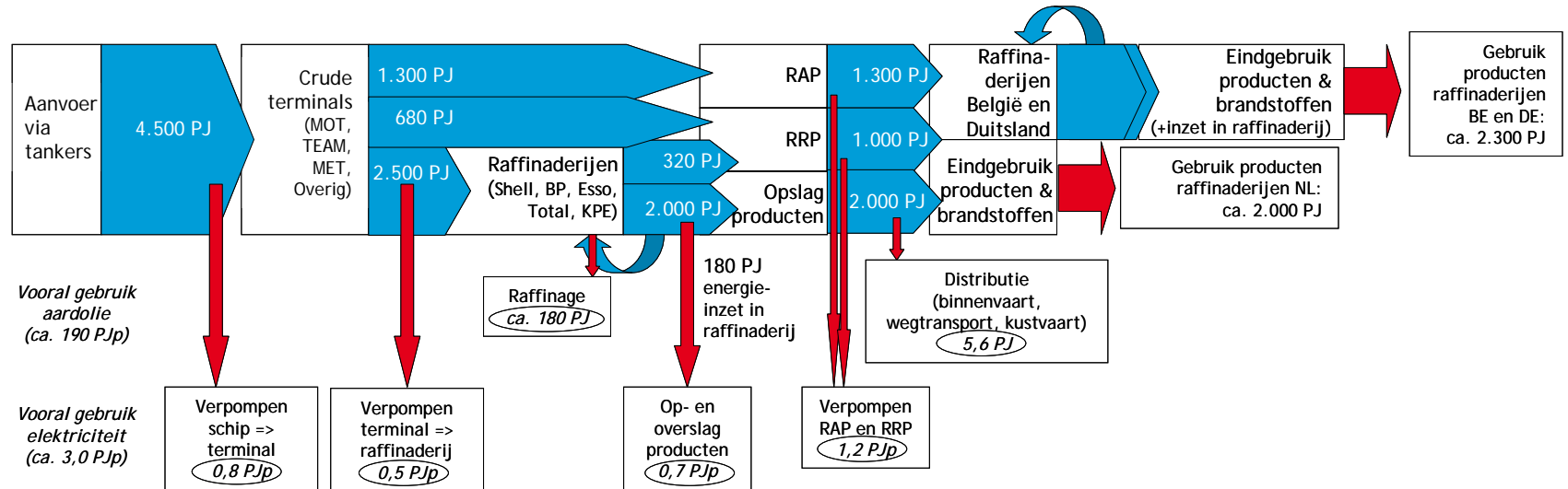
Het basisjaar van de bovenstaande cijfers is steeds 2008. Dit lijkt een redelijk representatief basisjaar. In 2009 lagen de cijfers op een lager niveau als gevolg van de economische crisis, maar de inschatting is dat dit een tijdelijk effect is.



Figuur 4 Overzicht productstromen en energiegebruik in de petroleumketen (stromen in Mton/jr)



Figuur 5 Energie-inhoud stromen aardolie en aardolieproducten en energiegebruik (vanaf aanvoer crude t/m gebruik producten)



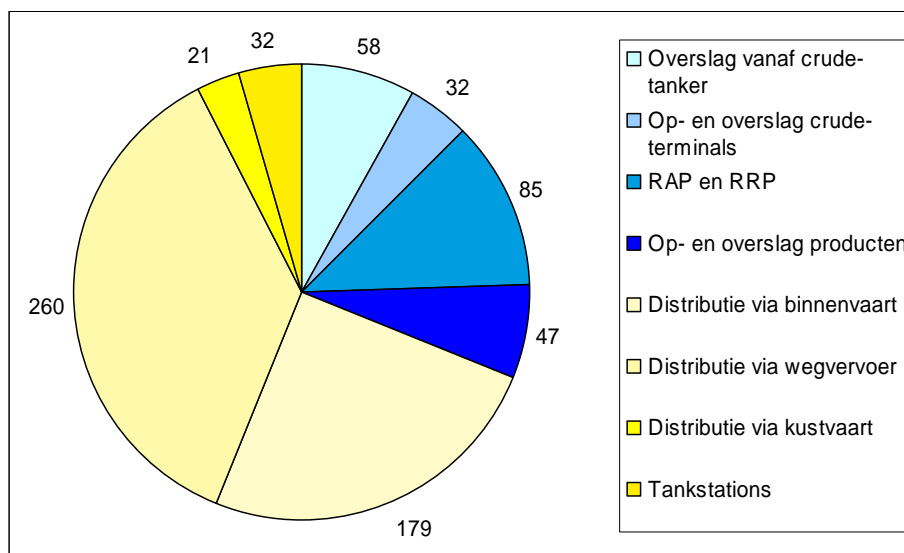
2.3 De CO₂-emissies in de keten

De CO₂-emissies van de diverse hier onderzochte ketenstappen is gegeven in Figuur 6. De relatieve uitstoot van de verschillende stappen is uiteraard in lijn met het relatieve energiegebruik van Figuur 3.

Ook hier kan worden opgemerkt dat de grootste CO₂-uitstoot over de gehele keten bij de eindgebruikers van de aardolieproducten plaats vindt, gevolgd door de uitstoot van de raffinaderijen.

Overigens is het goed om te beseffen dat zowel het energiegebruik en ook de CO₂-uitstoot over de keten niet alleen door de petroleumsector wordt beïnvloed, maar ook door externe factoren, zoals marktvrage of overheidsbeleid. Dit speelt met name bij de raffinaderijen, waar overheidsbeleid op andere milieuthema's of sectoren kan leiden tot een verhoging van het energiegebruik (Concawe, 2008). Zo heeft EU-beleid bijvoorbeeld gezorgd voor verregaande ontzwaveling van brandstoffen in het wegtransport, met als doel een verbetering van de luchtkwaliteit en het scheppen van de juiste voorwaarden voor de auto-industrie om zuinigere motoren op de markt te kunnen brengen. Deze verplichte ontzwaveling heeft echter wel een toename van de CO₂-emissies van bepaalde raffinaderijprocessen met zich mee gebracht, dit heeft de winst van energiebesparingen elders in de raffinaderij deels teniet gedaan. Ook de komende jaren zal de steeds verdergaande ontzwaveling van bunkerbrandstoffen voor de scheepvaart vergelijkbare effecten met zich meebrengen (Concawe, 2009; ECN, 2008).

Figuur 6 De CO₂-uitstoot van de beschouwde schakels van de petroleumketen (in kton/jr)



3 Op- en overslag

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden twee ketenstappen besproken die te maken hebben met op- en overslag:

- op- en overslag van aardolie (ruwe olie):
 - verpompen van de olie van schip naar opslag;
 - opslag in crude-terminals;
 - verpompen van een deel van de ruwe olie naar België en Duitsland.
- op- en overslag van raffinaderijproducten:
 - opslag in terminals.

De verdere distributie van de producten komt in het volgende hoofdstuk aan bod.

Bij deze stappen vergt het verpompen de meeste energie, daarnaast wordt er warmte gebruikt voor het verwarmen van opslagtanks en is elektriciteit nodig voor bijv. het mixen van producten, schoonmaken van tanks en leidingen, verlichting, etc.

3.2 Op- en overslag van aardolie

3.2.1 Verpompen van schip naar opslag

In 2008 werd ca. 106 Mton aardolie aangevoerd vanaf olietankers naar opslagtanks in Nederlandse havens. Het verpompen gebeurt met pompen die op de schepen staan opgesteld. Doorgaans betreft dit centrifugaalpompen, die worden aangedreven met compressoren op de schepen (KSB, 2009a).

De pompen op de schepen zijn ervoor uitgerust dat ze opslaglocaties wereldwijd kunnen bedienen. Daarbij geldt dat naar mate de afstand van het schip tot een opslagterminal groter is, er meer vermogen nodig is. In zijn algemeenheid geldt dat het vermogen van de pompen erop is ingesteld dat ze kunnen leveren aan de meest ver gelegen opslagtank. In de meeste gevallen zal de afstand veel kleiner zijn, en is aanzienlijk minder vermogen nodig. Het pompvermogen wordt dan beperkt. Dit gebeurt door de vloeistofstroom met een klep te 'smoren'.

In het proces zijn betrouwbaarheid en zekerheid sleutelfactoren: schepen willen de ligtijd zoveel mogelijk beperken.



Figuur 7 Aansluitingen op een schip voor het verpompen van aardolieproducten



Bron: Wikipedia.

Figuur 8 Oliepomp op een crude-tanker



Bron: Wikipedia.



Energiegebruik

Gegevens over het elektriciteitsgebruik voor het verpompen van ruwe aardolieproducten naar de walzijde zijn niet beschikbaar. Als aanname is ervan uitgegaan dat het geleverde vermogen van de schepen voor het verpompen van aardolie naar opslagterminals gelijk is aan het door de opslagterminals geleverde vermogen voor het pompen van aardolie naar raffinaderijen. Hiervoor wordt in Paragraaf 3.2 een geleverd elektriciteitsverbruik geraamd van ca. 52 GWhe (Paragraaf 3.3).

Dit komt, bij gebruik van dieselgestookte generatoren³ met elektrisch rendement van 40%, overeen met een CO₂-emissie van ca. 32 kton CO₂.

Potentiële besparende maatregelen

Zoals aangegeven zijn de pompen doorgaans sterk overgedimensioneerd en wordt het te leveren vermogen beperkt ('gesmoord') via afsluiters. Dit levert grote energieverliezen op.

Technische opties om de verliezen te beperken zijn:

- toepassen van frequentiegestuurde pompen;
- aangepaste dimensionering van opgestelde pompen;
- aanpassen van de waaiers van pompen.

Andere opties zouden kunnen zijn:

- toepassen van walstroom;
- verpompen van olie met pompen aan de walzijde.

Frequentiegestuurde pompen

Frequentiegestuurde pompen (Variable Speed Drive) pompen beperken het geleverde vermogen door het regelen van het toerental. Dit levert aanzienlijk minder energieverliezen op dan het beperken van het vermogen met kleppen. Besparingen liggen in de orde van 10-40% (CE, 2009; zie ook SenterNovem, 2009c; KSB, 2009b; de Keulenaer, 2004; XEnergy, 2000).

Een aandachtspunt hierbij is de veiligheid in verband met de brandbaarheid van de verpompte vloeistoffen. Op grond hiervan zal de frequentieregeling in een aparte kast moeten worden geplaatst, verbonden met de pomp via een beschermde kabel. Deze variant is duurder dan wanneer de frequentieregeling direct boven op de pomp gemonteerd kan worden.

Ervan uitgaande dat in de huidige situatie nog geen frequentiegestuurde pompen worden toegepast en dat deze voor 100% zouden worden geïmplementeerd, met een besparing op energiegebruik van 10-40%, levert dit een besparing op van 5-20 MWhe. Dit komt, bij gebruik van dieselgestookte generatoren met elektrisch rendement van 40%, overeen met een primair energiegebruik van 80-350 TJp, ofwel een reductie van CO₂-emissies van ca. 5-20 kton CO₂.

Beter dimensioneren vermogens opgestelde pompen/vervangen waaiers

Een andere optie is optimalisatie van geïnstalleerde pompvermogens op de feitelijke behoeften. Mogelijkheden hiervoor zijn wijzigingen in de configuratie van opgestelde pompen (welke pomp wordt wanneer gebruikt) en door aanpassingen in pompen (met name het vervangen van waaiers). Een eerste inschatting is dat hiermee een besparing van gemiddeld 10% op het energiegebruik haalbaar is (KSB, 2009a).

³ O.g.v. productspecificaties is uitgegaan van een elektrisch rendement van 25%.



Walstroom

De pompen worden aangedreven met compressoren op de schepen. Een alternatief zou zijn om ze met walstroom aan te drijven. Afhankelijk van de CO₂-emissies bij de elektriciteitsopwekking kan dit leiden tot een netto CO₂-reductie ten opzichte van het opwekken van stroom met diesel vanwege de lagere CO₂-emissies per kWh. Uitgaande van het huidige gemiddelde energetisch rendement van elektriciteitsopwekking in Nederland (0,414; SenterNovem, 2006) en gemiddelde CO₂-emissie per opgewekte kWh elektriciteit (0,616 kg CO₂/kWh; SenterNovem, 2006), volgt echter dat walstroom nauwelijks een besparing oplevert (56 kton CO₂). Achterliggend hierbij is dat het gemiddeld rendement van elektriciteitsopwekking in het Nederlandse park (41,4%; SenterNovem, 2006) slechts weinig hoger ligt dan het aangenomen rendement van elektriciteitsopwekking met de generator op het schip. Indien walstroom zou gebruik maken van elektriciteit uit duurzame bronnen, kan wel een aanzienlijke besparing worden gerealiseerd.

Een belangrijk voordeel van walstroom is verder de bijdrage aan de lokale luchtkwaliteit. Walstroom bij zeeschepen is vanuit deze invalshoek gerealiseerd in de haven van Long Beach in Californië.

Bij realisatie van walstroom moet verder rekening gehouden worden met aanzienlijke investeringen voor het leveren van de benodigde grote vermogens voor walstroom.

Daarnaast kan ook gedacht worden aan het verpompen van crude met energiezuinige pompen op de walzijde.

Kansen en belemmeringen

Een aantal factoren zal toepassing van optie voor realisatie van energiebesparing bij het verpompen op schepen belemmeren.

In de eerste plaats schat CE Delft in dat voor de bedrijven energiebesparing op geleverd pompvermogen een lage prioriteit zal hebben⁴. Het energiegebruik van de pompen is op het totale energiegebruik van het schip een geringe factor.

Een belemmering kan verder zijn dat reders niet vertrouwd zijn met de technologie van frequentiegestuurde pompen, en een voorkeur hebben voor vertrouwde technieken. Dit zeker gelet op het grote belang van betrouwbaarheid in de levering van aardolie. Dit onverlet het gegeven dat frequentiegestuurde pompen al breed in industriële processen worden toegepast.

Tot slot geldt dat de tankers waarop de pompen staan eigendom zijn van internationale reders. Deze zijn niet gebonden aan nationale doelstellingen of afspraken ten aanzien van energie-efficiency. Dit zal het moeilijk maken om met hen specifieke afspraken te maken.

Kosten en besparingen

In zijn algemeenheid zijn investeringen in energiezuinige pompen vaak zeer kosteneffectief, met terugverdiëntijden in de orde van 1-2 jaar. Dit geldt met name bij pompen die continue in werking zijn. Voor pompen op zeeschepen is dit echter niet het geval. Daardoor zal het langer duren voor investeringen zijn terugverdiend door de besparingen in energiegebruik. Wel is te verwachten dat investeringen rendabel zullen zijn wanneer de pompen op een natuurlijk moment worden vervangen door een energiezuinig type.

Ten aanzien van het toepassen van walstroom geldt dat dit grote investeringen vergt aan de walzijde (grote afstanden, zware kabels; ECN, 2005).

⁴ Dit wordt bevestigd door een leverancier van pompsystemen.



3.2.2 Op- en overslag van ruwe aardolie

Crude-terminals

Ruwe olie wordt opgeslagen in grote opslagterminals. De belangrijkste terminals in de Rijnmond zijn de MOT (Maasvlakte Olie Terminal), TEAM-terminal, de MET-terminal en Vopak Terminal Europoort⁵. Daarnaast wordt crude opgeslagen bij de raffinaderijen zelf (Shell Europoort, BP, KPE).

Figuur 9 Tanks op MOT Rotterdam



Bron: Website MOT.

Tabel 1 Opslag crude in terminals

	Opslagterminals			
	MOT (Maasvlakte Olie Terminal)	TEAM- terminal	MET (Maatschap Europoort Terminal)	Vopak Terminal Europoort
Opslagcapaciteit (miljoen m ³)	4,5	2,8	1,3	3,3.
Doorzet ruwe aardolie (miljoen ton)	35-40	35	10-15	n.b.
Eigenaars	Shell, BP, Esso, Vopak, Total	Esso, BP	Total	Vopak
Meerjarenafspraken Energiebesparing III (MJA-III)	Nee	Nee	Nee	Ja

⁵ Info afkomstig van de resp. websites MOT, 2010; TEAM terminal, 2010; Vopak, 2010.

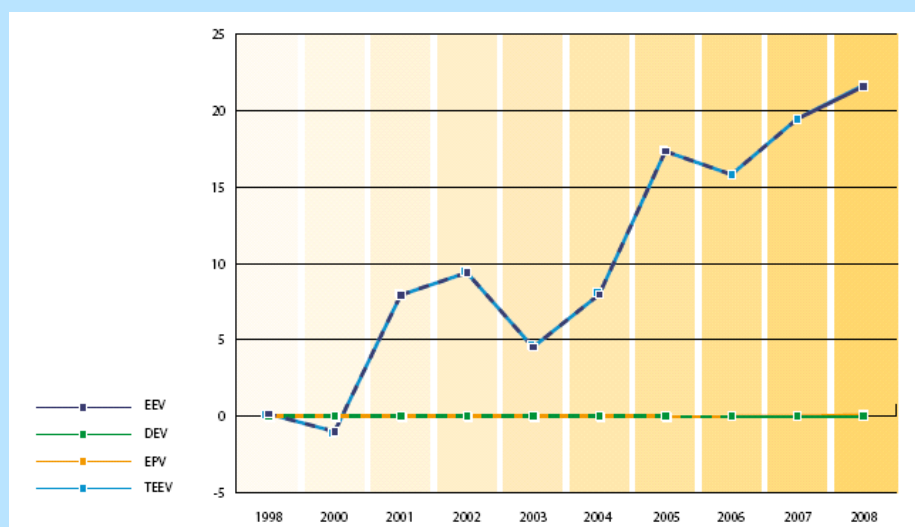
Eén van de vier terminals is aangesloten bij de Meerjarenaafspraken Energie Efficiency III (SenterNovem 2009a; Deelnemerslijst Meerjarenaafspraken Energie Efficiency), de overige drie niet. In de MJA-III hebben bedrijven en Rijk afspraken gemaakt over het realiseren van energiebesparende maatregelen. De overige bedrijven zijn niet aangesloten bij de MJA-III. Deze hebben zich dus niet gecommitteerd aan de doelstellingen uit de MJA en stellen niet periodiek (4-jaarlijks) een energie-efficiencyplan op. Wel hebben sommige olie-terminals in het kader van de milieuvergunning een verplichting opgelegd gekregen om een energiebesparingsonderzoek uit te voeren. De inzet van de vergunningverlener is daarbij erop gericht dat de bedrijven de 'rendabele' maatregelen uit het onderzoek treffen. Als criterium voor 'rendabel' geldt daarbij een terugverdientijd van vijf jaar (ministeries van VROM en EZ, 2000). Deze onderzoeken zijn echter nog niet opgeleverd.

Meerjarenaafspraken Energiebesparing III

Diverse op- en overslagterminals hebben de Meerjarenaafspraken Energiebesparing ondertekend. Één hiervan, Vopak, is ook een belangrijke partij in de opslag van ruwe aardolie. In het kader van de MJA stellen deze bedrijven periodiek een energie-efficiencyplan op. Dit geeft concrete maatregelen om energie te besparen. De bedrijven kunnen hierbij gebruik maken van ondersteuning door het Agentschap NL. Onder andere heeft Agentschap NL een maatregelenlijst opgesteld, deze is te vinden op: <http://www.senternovem.nl/mja/ondersteuning/instrumenten/maatregellijsten/index.asp>.

In het kader van de MJA hebben de aangesloten bedrijven in de periode 1998-2008 een besparing gerealiseerd van 21,7%, ca. 2%/jaar. De niet aangesloten crude-terminals (MOT, TEAM-terminal, MET) hebben zich niet aan een dergelijke afspraak gecommitteerd. Het is onduidelijk in hoeverre deze bedrijven ook een energiebesparing hebben gerealiseerd.

Figuur 10 Gerealiseerde energie-efficiencyverbetering tank op- en overslagbedrijven 1998-2008



Bron: Agentschap (EEV = Energie Efficiency Verbetering, DEV = Duurzame Energie Verbetering, EPV = Energie Product Verbetering, TEEV = Totale Energie Efficiency Verbetering).

Eind 2009 is de MJA-III ondertekend tussen Rijk en industriële sectoren (waaronder de VOTOB (Vereniging Onafhankelijke Tank Op- en Overslagbedrijven)). Centraal hierin staat de afspraak om in de periode 2005-2020 20% energie-efficiencyverbetering te realiseren.

In het kader van de MJA-III is inmiddels een verkenning uitgevoerd naar een 'Sustainable Storage Concept 2030' (VOTOB/Berenschot, 2009). Hierin zijn twee speerpunten gedefinieerd: zonnepanelen op daken opslagtanks en verwarming van tanks met warmtepompen.



Pompen

Uit openbare informatiebronnen is weinig informatie te vinden over het feitelijke energiegebruik van de crude-terminals. Uit een energie-efficiencyplan en een vergunningaanvraag kan echter worden afgeleid dat het verpompen van de olie de activiteit is met het hoogste energiegebruik. De inschatting van de onderzoekers is dat dit 80-90% van het totale energiegebruik beslaat.

Extrapolatie van gegevens leidt tot een raming van ca. 52 GWhe aan elektriciteitsgebruik in deze ketenstap (het verpompen van crude van terminals naar raffinaderijen). Dit komt overeen met een primair energiegebruik van ca. 450 GJ. De overeenkomstige CO₂-emissie bedraagt ca. 32 kton.

Overige energierelevante activiteiten

Naast het verpompen zijn er diverse andere energierelevante activiteiten. Deze zijn o.a. af te leiden uit VOTOB (2006). Specifiek voor crude-terminals zijn echter geen gegevens beschikbaar over het energiegebruik van deze activiteiten.

Verwarmen opslagtanks

Incidenteel worden bepaalde soorten crude verwarmd, omdat deze kunnen stollen. Dit gebeurt dan met warm water of stoom.

Schoonmaken opslagtanks

Crude-tanks zijn dedicated tanks: ze worden alleen voor opslag van crude gebruikt. Als gevolg daarvan worden ze slechts incidenteel gelegeerd en gereinigd ten behoeve van onderhoud en inspecties. Reinigen gebeurt met heet water of stoom onder druk.

Schoonmaken leidingen

Ook leidingen moeten periodiek gereinigd worden t.b.v. onderhoud en inspecties. Het reinigen van leidingen gebeurt met heet water of stoom.

Dampverwerking

Er is discussie gaande over het realiseren van dampverwerkingsinstallaties (DVI's) bij crude-terminals. Dit in verband met het behandelen van de dampen die vrijkomen bij het beladen van zeeschepen. Dampverwerkingsinstallaties gebruiken energie. Daar staat tegenover dat met een DVI energie of product terug gewonnen kan worden (resp. bij toepassing van een verbrandingsmotor of een pressure-swing adsorber).

Afvalwaterbehandeling

Het afvalwater van olieterminals wordt behandeld in de afvalwaterzuivering. Het energiegebruik van een afvalwaterzuivering hangt vooral af van de luchtinjectie.

Verlichting terminals

Opties voor verminderen van het energiegebruik van verlichting op terminals zijn:

- Verlichting aanpassen aan de minimaal benodigde hoeveelheid per activiteit. Voor veiligheidsdoelen is bijv. vaak minder licht nodig dan voor werkzaamheden. Dit levert gemiddeld besparingen op in de orde van 5-10% (van het energiegebruik voor verlichting; SenterNovem, 2009b).
- Daarnaast zijn er mogelijkheden om energiezuinige typen verlichting toe te passen. Besparingen liggen in de orde van 5-10% (eveneens van het energiegebruik voor verlichting).



Mogelijke energiebesparende maatregelen

Pompen

Besparende maatregelen bij pompen zijn beschreven in Paragraaf 3.1. Ook voor de terminals wordt ingeschat dat aanzienlijke besparingen mogelijk zijn. De belangrijkste opties zijn:

- vervangen van waaiers;
- verkleinen vermogens opgestelde pompen;
- toepassen van frequentiegestuurde pompen.

Ook voor pompen aan de walzijde geldt dat deze doorgaans zijn overgedimensioneerd en middels kleppen worden gesmoord.

De vermogens kunnen worden afgestemd op wat daadwerkelijk maximaal benodigd is door het vervangen van de waaiers. Ervaringscijfers van leveranciers leren dat hiermee doorgaans een besparing in de orde van tenminste 10% op het energiegebruik mogelijk is.

Een verdergaande optie is toepassen van frequentiegestuurde pompen (Variable Speed Drive) waarbij het geleverde vermogen wordt geregeld door variaties in het toerental. Besparingen liggen hierbij in de orde van 10-40%. Een aandachtspunt hierbij is de veiligheid. Pompen moeten voldoen aan de ATEX-regelgeving. Dit vereist dat de frequentieregeling in een aparte kast wordt geplaatst, verbonden met de pomp via een beschermde kabel. Deze variant is duurder dan wanneer de frequentieregulering direct boven op de pomp gemonteerd kan worden.

Figuur 11 Frequentiegestuurde pomp



Het technisch besparingspotentieel ligt, uitgaande van volledige implementatie van energiezuinige pompsystemen, op ca. 5-20 GWhe, overeenkomend met ca. 45-200 PJp of 3-13 kton CO₂.

Overige activiteiten

Voor overige energierelevante activiteiten zijn mogelijke maatregelen weergegeven in Tabel 2. Deze zijn ontleend aan de maatregelenlijst die is opgesteld in het kader van de MJA-III (SenterNovem, 2009b). Besparingen op energiegebruik liggen voor een typerende casus in de orde van 10-20% (SenterNovem, 2009b).

Tabel 2 Mogelijke energiebesparende maatregelen bij crude-opslag tanks

Activiteit	Mogelijke maatregel
Verwarmen opslag tanks	<ul style="list-style-type: none">– Isolatie (aanbrengen, tijdig vervangen, onderhoud)– Energiebesparing bij interne productie en transport van warm water/stoom– Restwarmtebenutting– Warmtepompen
Dampverwerking	<ul style="list-style-type: none">– Toepassen energieopwekking (bijv.: via gasmotor) of productterugwinning (bijv. via PSA)
Afvalwaterbehandeling	<ul style="list-style-type: none">– Optimaliseren luchtinjectie
Verlichting terminals	<ul style="list-style-type: none">– Aanpassen verlichting aan minimaal benodigde hoeveelheid per activiteit– Energiezuinige typen verlichting

Kosten en besparingen

Vervanging van pompen door energiezuinige typen is in veel gevallen kosten-effectief. Voor continue processen liggen terugverdientijden vaak in de orde van 1-2 jaar.

Bij terminals met aardolieproducten worden pompen niet continue gebruikt en zal de terugverdientijd langer zijn. Dit is afhankelijk van de mate van overdimensionering en de frequentie van toepassing van de pomp.

Kansen en belemmeringen

Energiezuinige pompen

Een belemmering voor implementatie van energiezuinige pompen is dat een voorkeur gegeven kan worden aan bestaande, vertrouwde technieken. Dit zeker gelet op het grote belang van betrouwbaarheid in de levering van aardolie. Dit onverlet het gegeven dat frequentiegestuurde pompen al breed in industriële processen worden toegepast.

Daarnaast geldt dat de kosten en mogelijke besparingen vaak niet goed bekend zijn. Pompen worden niet continue gebruikt en investeringen in nieuwe pompsystemen zijn hoog.

Maatwerkonderzoek is gewenst om per locatie vast te stellen welke besparingen mogelijk zijn door het vervangen van pompen.

MJA-aanpak

Zoals aangegeven zijn de meeste crude-terminals niet aangesloten bij de MJAI. Daardoor hebben ze zich niet gecommitteerd aan de afspraken die in dat kader zijn gemaakt en delen ze niet in de kennis.

De terminals die deelnemen aan de MJA-II hebben in de looptijd daarvan aanzienlijke besparingen gerealiseerd, in totaal meer dan 20% efficiency-verbetering.



Van de bedrijven die niet deelnemen aan de MJA-II is niet bekend in hoeverre zij energiebesparing hebben gerealiseerd. Ook is er geen inzicht op het daar nog te realiseren potentieel. Het valt te verwachten dat door actieve participatie in de MJA hier bij de crude-terminals meer besparing gerealiseerd kan worden.

3.3 Verpompen crude naar België en Duitsland

RAP en RRP

Een aanzienlijk deel van de ingevoerde ruwe aardolie wordt vanaf de haven van Rotterdam getransporteerd naar raffinaderijen in Antwerpen en het Ruhr-gebied. Dit gebeurt via pijpleidingen, die worden beheerd door resp. de RAP (Rotterdam Antwerpen Pijpleiding Mij.) en de RRP (Rotterdam Rijn Pijpleiding Mij.). Beide leidingen zijn aangelegd in de jaren '60.

De pijpleiding van de RRP loopt van Rotterdam Europoort via een tussenstation in Venlo naar Wesel en Wesseling (Figuur 12). In totaal werd hierdoor 15,7 Mton crude getransporteerd en 7,9 Mton aan aardolieproducten.

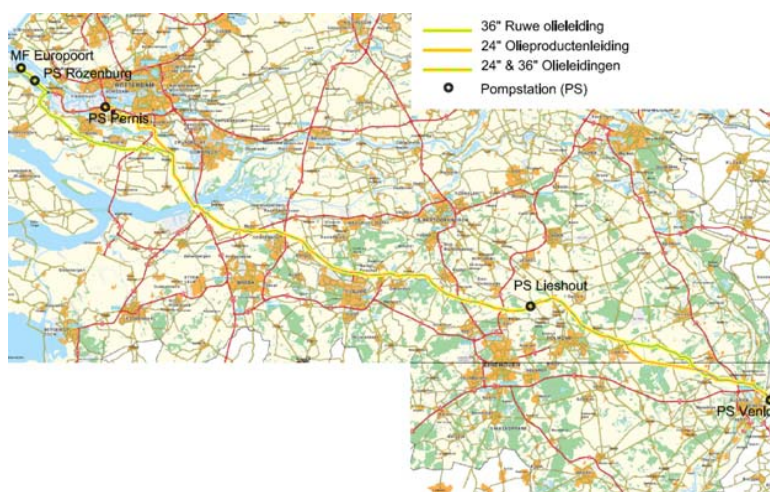
De pijpleiding van de RAP loopt van Rotterdam Europoort via een tussenstation in Hoeven naar de haven van Antwerpen. Hierdoor werd in 2008 30,9 Mton crude getransporteerd. Eén en ander is samengevat in Tabel 3.

Tabel 3 RAP en RRP

	Traject	Lengte (km)	Doorzet (Mton)
RAP	R'dam Europoort naar Antwerpen (België)	102	30,9
RRP	R'dam Europoort naar Wesel en Wesseling (Duitsland)	Wesel: 210 Wesseling: 280	15,7 (crude) 7,9 (aardolieproducten)

Figuur 12 Tracé Rotterdam Rijn Pijpleiding Mij

Leidingtracé NL



Leidingtracé D



Bron: Website RRP.

3.3.1 Energiegebruik

Het transport van de aangegeven hoeveelheden over grote afstanden vergt een aanzienlijke hoeveelheid pompenergie. Pompen staan opgesteld in Rotterdam en in tussenstations in Hoeven (RAP) en Venlo (RRP).

Uit de recente vergunning van het pompstation in Venlo zijn gegevens beschikbaar van het geleverde pompvermogen. Dit is geëxtrapoleerd naar een totaalraming op basis van transportafstanden en getransporteerde hoeveelheden.

Dit volgt, voor beide leidingen samen, een totaalverbruik aan elektrische energie van ca. 140 GWhe. Dit komt, uitgaande van het gemiddelde opwekkingsrendement van (grijze) stroom (SenterNovem, 2006), overeen met een primair energiegebruik van ca. 1.200 TJp. De bijbehorende CO₂-emissie bedraagt ca. 85 kton/jr.

3.3.2 Besparende maatregelen en reductiepotentieel

Ook voor de pompen van RAP en RRP wordt verwacht dat besparingen mogelijk zijn door inzet van efficiëntere pompsystemen. Mogelijk geldt wel dat besparingen geringer zijn dan in andere sectoren omdat de transportafstanden vast staan en pompvermogens hierop zullen zijn afgestemd.

Als eerste inschatting wordt uitgegaan van een potentiële besparing van 10% door toepassing van efficiëntere pompsystemen.

Naast efficiënte pompen zijn wellicht ook opties mogelijk voor energiebesparing, zoals het verlagen van de viscositeit door toevoeging van additieven. Deze zijn verder beschreven in Paragraaf D.5 over pijpleiding-transport.

Uitgaande van een gemiddelde besparing van 10% volgt een technisch besparingspotentieel van 14 GWhe, overeenkomend met een primair energiegebruik 120 TJp en een CO₂-emissie van ca. 9 kton/jr.

3.3.3 Kosten en besparingen

In veel toepassingen geldt dat de terugverdientijd van energie-efficiënte pompsystemen gering is, in de orde van 1-2 jaar. In de onderhavige sector wordt echter verondersteld dat besparingen geringer zullen zijn, leidend tot een hogere terugverdientijd.

3.4 Op- en overslag van raffinaderijproducten

3.4.1 Opslagterminals aardolieproducten

Het grootste energiegebruik bij de op- en overslag van raffinaderijproducten is gelegen in het verwarmen en het verpompen van producten. Een belangrijk product is stookolie. Dit wordt in tegenstelling tot de meeste andere aardolieproducten verwarmd opgeslagen. Bovendien heeft het een hoge viscositeit waardoor veel pompvermogen nodig is om het te verpompen. Verder is het qua omvang een grote stroom.

Aardolieproducten worden opgeslagen bij de raffinaderijen zelf en bij onafhankelijke terminals. De belangrijkste terminals voor opslag van aardolieproducten zijn weergegeven in Tabel 4. Naast opslag bij de terminals is er ook opslag bij de raffinaderijen zelf. Gegevens hierover zijn niet opgenomen, omdat deze in de openbare literatuur niet beschikbaar zijn.



Tabel 4 Opslagterminals aardolieproducten

Haven	Terminal	Opslagcapaciteit (miljoen m ³)	Typerende producten	Deelnemer MJA
Rotterdam	Vopak terminal Europoort	3,3	Stookolie, gasolie	Ja
	Vopak terminal Laurens haven	1,0	Gasolie	Ja
	Vopak Botlek Noord	0,1	Divers	Ja
	Argos	0,6	Stookolie	Nee
	Service terminal Rotterdam	0,2	Stookolie	Nee
	Eurotank Rotterdam	0,6	Stookolie	Nee
	Amsterdam	Oil tanking Amsterdam	1,6	Gasolie en kerosine
	Eurotank Amsterdam	1,3	Gasolie en stookolie	Nee
Totaal		8,7		

Van de aangegeven terminals nemen Vopak (alle terminals) en Oiltanking Amsterdam deel aan de Meerjarenaafspraken Energiebesparing III. De overige terminals doen dat niet.

Zoals aangegeven in Paragraaf 3.2.1 hebben de bij de MJA aangesloten bedrijven in de afgelopen 10 jaren een aanzienlijke energiebesparing gerealiseerd, van gemiddeld meer dan 2%/jaar. Onduidelijk is in hoeverre de overige bedrijven energiebesparingen hebben gerealiseerd.

In het kader van deze ketenanalyse is van belang dat er aanzienlijke stromen stookolie worden ingevoerd vanaf raffinaderijen buiten Nederland, en hier tussentijds worden opgeslagen ten behoeve van bunkering van zeeschepen. In de onderhavige rapportage is het energiegebruik bij op- en overslag van deze stromen meegenomen. Er is echter reden om hiervoor in een volgende stap te corrigeren, vanwege het feit dat dit ze afkomstig zijn van raffinaderijen buiten Nederland.

3.4.2 Energiegebruik en mogelijke besparingen

Opbouw energiegebruik

Het energiegebruik van de terminals is geraamd op basis van de gegevens van een terminal. Van deze terminal zijn gegevens beschikbaar in een recent uitgebracht energie-efficiencyplan. Het energiegebruik van deze terminal is geëxtrapoleerd naar alle terminals op basis van opslagcapaciteit. Dit leidt tot een totaal (primair) energiegebruik van ca. 700 TJ, en een CO₂-emissie van 47 kton.

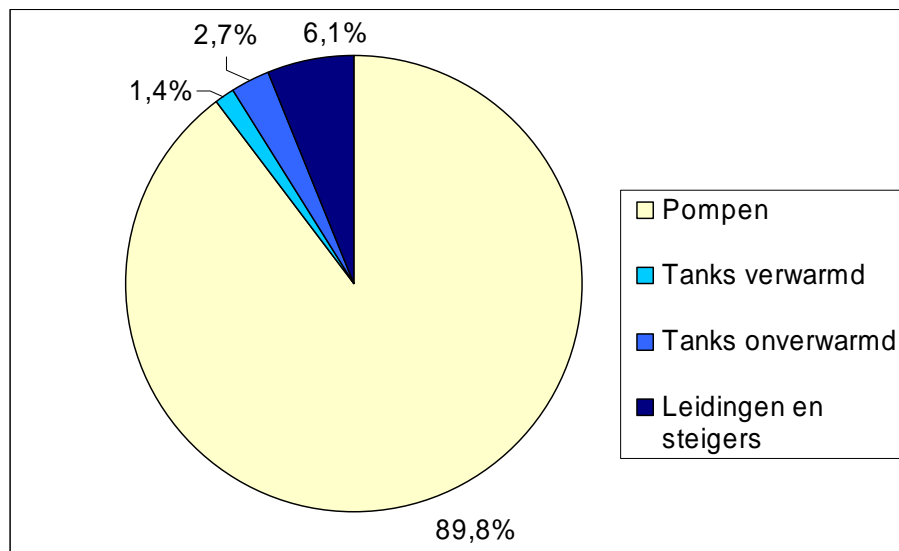
Van de beschouwde terminal is 65% van het energiegebruik het gevolg van elektriciteitsgebruik, 35% het gevolg van het gebruik van warmte.

De aangegeven raming is een eerste indicatie. Het energiegebruik van de terminals hangt af van het productenpakket van de terminals (bij een hoog aandeel aan stookolie zal het hoger liggen) en van de bij de terminals getroffen energiebesparende maatregelen.

Elektriciteitsgebruik

Figuur 13 geeft voor de beschouwde terminal een indicatie van hoe het elektriciteitsgebruik is verdeeld over de verschillende activiteiten op een olieproductenterminal. Duidelijk is dat het overgrote deel van het energiegebruik ligt bij de pompactiviteiten.

Figuur 13 Typerende verdeling elektriciteitsgebruik terminal olieproducten



Besparingen bij pompen

Het verpompen van aardolieproducten vindt doorgaans ook plaats met centrifugaalpompen. Voor het laatste deel van een opslagtank (1/3) wordt echter doorgaans met een ander type pomp toegepast, de schroefspindel-pomp.

Uit informatie van leveranciers volgt dat ook in deze sector pompen doorgaans overgedimensioneerd zijn, en dat het debiet door afsluiters wordt geregeld. Dit leidt tot aanzienlijke verliezen in energiegebruik.

Een specifiek punt is het verpompen van stookolie. Vanwege het visceuze karakter van stookolie vergt dit extra pompvermogen.

Zoals beschreven in Paragraaf 3.2.1 zijn besparingen mogelijk door aanpassingen aan pompen. De belangrijkste opties zijn:

- aanpassen van waalers;
- vervangen/beter dimensioneren van pompen;
- toepassen frequentiegestuurde pompen.

Deze aanpassingen zijn met name mogelijk bij de centrifugaalpompen. Specifiek t.a.v. stookolie zou gedacht kunnen worden aan het verwarmen van leidingen om het benodigd pompvermogen te beperken. Indien dit met restwarmte zou gebeuren, vergt dit relatief weinig energiegebruik.

Besparingen zijn mogelijk in de orde van 10-30%. Indien dit uitsluitend wordt toegerekend naar de centrifugaalpompen volgt een besparing van ca. 3-10 GWhe, overeenkomend met een reductie van ca. 2-7 kton CO₂.

Kosten en besparingen

Vervanging van pompen door energiezuinige typen is in veel gevallen kosten-effectief. Voor continue processen liggen terugverdientijden vaak in de orde van 1-2 jaar.

Bij terminals met aardolieproducten worden pompen niet continue gebruikt en zal de terugverdientijd langer zijn. Dit is afhankelijk van de mate van overdimensionering en de frequentie van toepassing van de pomp.

Besparingen bij ander gebruik van elektriciteit

Andere activiteiten met een elektrisch energiegebruik zijn, onder andere

- mixen en homogeniseren van producten;
- tracing (lokale verwarming) van leidingen;
- terrein verlichting;
- afvalwaterzuivering.

Mogelijke maatregelen t.a.v. de laatste twee opties (terreinverlichting en afvalwaterzuivering) zijn opgenomen in de eerder vermelde maatregelenlijst voor de MJA die door het Agentschap NL is opgesteld⁶. Voor de betreffende activiteiten zijn daarmee, in een gemiddeld geval, besparingen haalbaar in de orde van 10-20%.

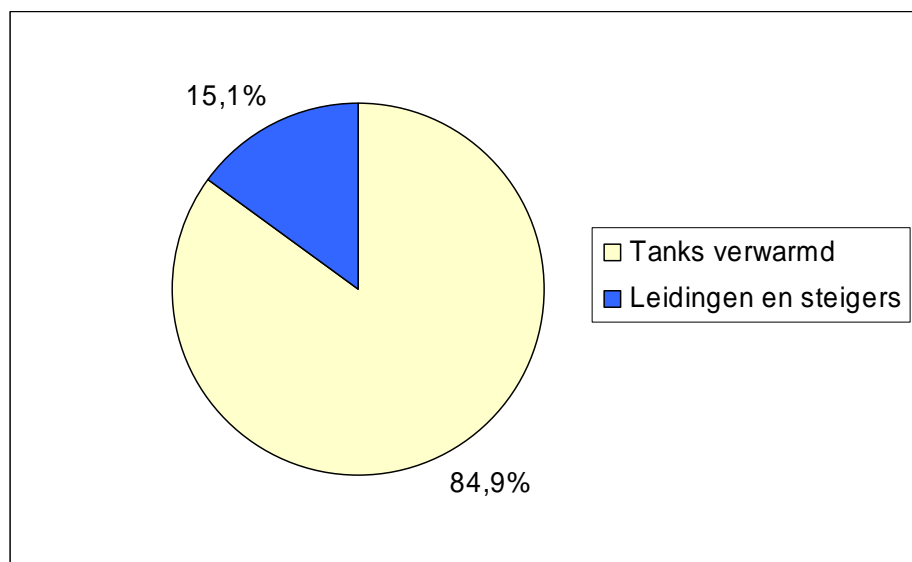
Daarnaast geldt dat optimalisatie en onderhoud van tracing een belangrijke bijdrage leveren aan het verminderen van het elektriciteitsgebruik.

Gebruik van warmte

Warmte wordt op terminals ingezet in de vorm van warm water en van stoom.

Figuur 14 geeft aan hoe het gebruik van warmte is verdeeld over verschillende activiteiten. Duidelijk is dat het verwarmen van de opslagtanks de activiteit is met het grootste energiegebruik.

Figuur 14 Opbouw energiegebruik verwarming voor typerende terminal



⁶ <http://www.senternovem.nl/mja/ondersteuning/instrumenten/maatregellijsten/index.asp>

Besparende maatregelen voor warmtegebruik

Isolatie en temperatuurregeling

Tanks en leidingen worden doorgaans verwarmd met stoom of warm water. Een belangrijke besparingsmaatregel is isolatie. Tabel 5 geeft een overzicht van mogelijke maatregelen voor energiebesparing bij verwarming.

Tabel 5 Mogelijke energiebesparende maatregelen bij verwarming opslagtanks en leidingen

Mogelijke maatregel	Omschrijving	Effect
Aanbrengen isolatie		10-30%
Onderhoud/ optimalisatie isolatie	Tankisolatie is onderhevig aan slijtage. Door middel van regelmatige monitoring kan beoordeeld worden of isolatie vervangen moet worden	2-5%
Optimalisatie isolatie	Verhogen isolatiedikte; aanbrengen isolatie op moeilijk bereikbare plaatsen (afsluiters e.d.)	2-5%
Automatisering temperatuurregeling	Besparing 5-20%	5-20%
Verlagen tankverwarming	In de praktijk is regelmatig de temperatuur van tank hoger dan vereist	5-10%

Bron: Maatregelenlijst MeerjarenAfspraak Energiebesparing II.

Verhogen efficiency warmteproductie

Substantiële energiebesparing kan ook gerealiseerd worden door de opwekking van warmte efficiënter te maken.

Een route is het verhogen van het rendement van een ketelinstallatie. Daarvoor is een groot aantal opties (verhogen rendement, terugwinning restwarmte uit afgassen en spuiwater). Een belangrijke optie is ook het verhogen van de temperatuur van het koelwater zodanig dat dit geschikt is voor verwarmingsdoeleinden. Andere opties zijn het vervangen van een ketel door een WKK-installatie en het vervangen van een stoomketel door een warmwaterketel.

Tabel 6 geeft een overzicht van diverse opties. Dit is ontleend aan de maatregelendatabase van de Meerjarenafspraken EnergieEfficiency. N.B. de diverse maatregelen overlappen elkaar, de besparingspercentages kunnen daarom niet één op één bij elkaar worden opgeteld.



Tabel 6 Opties verhogen rendement ketelinstallatie

		Effect	
Optimalisatie installatie	Reinigen vuurgang stoomketel	1-4%	
	Optimalisatie capaciteit en stoomdruk	5-10%	
	Economiser achter stoomketel	3-5%	
	Terugvoer condensaat	10-20%	
	Vervanging condenspotten	5-10%	
	Condensatie rookgassen	5-10%	
	Spuiwaterkoeling	1-3%	
	Verlaging temperatuur warm water	10-30%	
	Vervanging ketel	Vervanging stoomketel door warmwaterketel	10-30%
		Vervangen stoomketel door Warmtekracht-installatie	Tot 40%
Verhogen warmte-inhoud koelwater	Warmtepomp (verhogen temperatuur koelwater (van ca. 30-70°C)	35-60%	
Stoomleidingen	Voorkomen van stoomlekkages	1%	

Overall kan wel worden gesteld dat in geval van een verouderde stoomketel besparingen in de orde van 20-30% haalbaar zijn op de productie van warmte.

Benutting restwarmte

Een andere optie is het gebruik van restwarmte. Voor de verwarming van de opslag tanks is warmte nodig van een relatief laag temperatuurniveau. Soms is deze bij een nabijgelegen bedrijf beschikbaar. Een voorbeeld is de terminal van Vopak Chemiehaven in Rotterdam waar tanks worden verwarmd met restwarmte van een nabijgelegen chemiebedrijf (Hexion).

Toepassing van restwarmte leidt tot een aanzienlijke besparing op het energiegebruik. Wel is een hoeveelheid energie nodig voor het verpompen van warmwater. Daarnaast kunnen hulpwarmteketels nodig zijn als back-up voorziening. In een casus voor warmtelevering aan de gebouwde omgeving (Warmtebedrijf Rotterdam, 2009) wordt uitgegaan van een netto rendement van 67% van warmtelevering.

Raming technisch besparingspotentieel

Het potentieel hangt af van de mate waarin maatregelen al zijn gerealiseerd en de mogelijkheden om bepaalde opties toe te passen (o.a. beschikbaarheid van restwarmte).

In het kader van de MJA-II zijn bij de MJA-deelnemers (Vopak en Oiltanking Amsterdam) in de afgelopen jaren al diverse maatregelen genomen. Van de 21% energiebesparing is waarschijnlijk een substantieel deel gerealiseerd in dit segment. De MJA-bedrijven hebben de doelstelling onderschreven om in de periode tot 2020 ca. 2%/jaar te besparen.

Voor de bedrijven die niet aan de MJA-II deelnemen (Argos, Eurotank Amsterdam, Eurotank Rotterdam, Service Terminal Rotterdam) is niet bekend in hoeverre maatregelen genomen zijn. Gelet op het gegeven dat deze bedrijven vooral stookolie op- en overslaan is verwarming in bijzondere mate een punt van aandacht.

Overall wordt voor het aspect verwarmen een technisch besparingspotentieel geraamd van ca. 20-30% op verwarming. Dit correspondeert met een besparing van 50-75 TJ/jr, ofwel een emissie van ca. 3-5 kton CO₂.



Besparende maatregelen bij andere activiteiten

Een belangrijke andere toepassing van warmte is het schoonmaken van opslagtanks en leidingen. Dit gebeurt doorgaans met stoom. Opslagtanks worden gereinigd t.b.v. inspectie en onderhoud. Daarnaast kan reiniging nodig zijn vanwege een wisseling van producten. Onbekend is in hoeverre dit gebeurt. De inschatting is dat tanks doorgaans 'dedicated' zijn, d.w.z. bestemd voor een bepaald type product. Tanks en leidingen hoeven dan niet vaak gereinigd te worden en het bijbehorende energiegebruik is beperkt.

3.4.3 Totaalraming potentieel

Overall (elektriciteit en warmte) wordt het technisch besparingspotentieel geraamd op ca. 80-170 TJ, en ca. 5-11 kton CO₂. De raming is gebaseerd op diverse 1^e orde inschattingen. Een meer verfijnde raming vergt analyse van de feitelijke situatie op de diverse locaties.

Tabel 7 Raming technisch besparingspotentieel

	Huidig gebruik (TJp)	Potentieel energiebesparing TJp	Potentieel CO ₂ -reductie (kton/jr)
Elektriciteit	450	30-90	2-6
Warmte	250	50-75	3-5
Totaal	700	80-170	5-12

3.5 Conclusies op- en overslag

Bij de op- en overslag van aardolie en aardolieproducten liggen de technische besparingsopties vooral in de sfeer van:

- efficiency van pompen;
- warmte-efficiëntie.

Van deze opties is pompefficiëntie de belangrijkste: het grootste deel van het energiegebruik bij op- en overslag zit in het verpompen. Alleen bij de op- en overslag van producten is er ook een substantieel energiegebruik (ca. 1/3^e van het totaal) bij het verwarmen.

Het totale besparingspotentieel per ketenstap is weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8 Technisch besparingspotentieel op- en overslag. Potentiëlen zijn weergegeven als bandbreedte. De onderste waarde correspondeert met het beter dimensioneren van pompen. Een eerste inschatting is dat dit deel rendabel is

Op- en overslag	Huidig energiegebruik		Besparingspotentieel	
	TJp	TJp	TJp	Kton CO ₂
Van ruwe aardolie van olietanker naar terminals	830	80-350		5-20
Van terminals naar raffinaderijen	450	45-200		3-13
Via pijpleiding naar Duitsland en België (RAP en RRP)	1.200	60-180		5-15
Van producten	700	80-170		5-12
Totaal	3.200	300-900		20-60

In de ramingen zit een grote bandbreedte. Per maatregel is op locatie maatwerk noodzakelijk om het feitelijke potentieel vast te stellen. Ervaringen van pompeveranciers wijzen erop dat gemiddeld in de industrie tenminste 10% rendabel te besparen is door het beter dimensioneren van pompen (KSB, 2009a). CE Delft schat in dat dit tenminste het rendabele potentieel is. Dit



komt neer op tenminste 300 PJ of 20 kton CO₂-emissiereductie. De bovenzijde van de range (900 PJp/60 kton CO₂-emissiereductie) geldt wanneer overal frequentiegestuurde pompsystemen worden toegepast. Technische en financiële haalbaarheid hiervan is met meer onzekerheden omgeven.

De belangrijkste aanbevelingen zijn:

1. Het doorlichten van pompsystemen
Het verdient aanbeveling om bij de belangrijkste pompsystemen vast te stellen welke besparingen te bereiken zijn door deze beter te dimensioneren en/of te vervangen door energiezuinige pompsystemen. Het verdient aanbeveling om dit voor de diverse locaties via een haalbaarheidsonderzoek in kaart te brengen.
De raffinaderijen kunnen hierbij een stimulerende rol spelen vanuit hun positie als aandeelhouder en/of klant van opslagterminals. Agentschap NL kan een belangrijke rol spelen door het beschikbaar stellen van kennis, onder andere uit de MJA tank op- en overslag.
2. Het aansluiten op de MJA tank op- en overslag
Diverse olieterminals (MOT, TEAM, MET) zijn nog niet aangesloten bij de MJA tank op- en overslag. Ze missen daardoor de kennisuitwisseling vanuit de MJA en de kans bestaat dat energiebesparing niet systematisch op de eigen bedrijfsagenda staat. Het verdient aanbeveling dat alle terminals zich bij de MJA aansluiten.

Voor terminals binnen de raffinaderijen verdient het aanbeveling om de aanpak van de MJA's in de eigen beheersprocessen te verwerken.

De raffinaderijen kunnen hierbij naar verwachting een belangrijke stimulerende rol spelen vanuit hun rol als aandeelhouder en klant. Agentschap NL kan hierbij een rol vervullen vanuit haar coördinerende rol bij de uitvoering van de MJA-III.



4 Transport en tanken van raffinaderijproducten

4.1 Inleiding

Het laatste deel van de keten van raffinaderijproducten is het distribueren van deze producten, gevolgd door tanken.

Distributie gebeurt voornamelijk door binnenvaart, wegvervoer en pijpleidingen. Er zijn verschillende maatregelen die het transport van brandstoffen zuiniger maakt, deze komen in Paragraaf 4.2 aan bod.

Ook het tanken van raffinaderijproducten draagt bij aan de uitstoot van broeikasgassen en aan het energiegebruik in de keten. Het gaat hierbij om het energiegebruik van tankstations en het vrijkomen van gassen bij de overslag en het tanken van brandstoffen. Maatregelen ter reductie hiervan worden in Paragraaf 4.3 beschreven.

4.2 Transport van raffinaderijproducten

4.2.1 Huidige situatie

Raffinaderijen zetten hun producten af in zowel binnen- als buitenland. Omdat bij de buitenlandse afzet ook buitenlandse partijen betrokken zijn, is de uitvoer van producten buiten beschouwing gelaten - deze studie kijkt alleen naar de ketenemissies binnen Nederland.

Bij het transport van producten kunnen drie categorieën worden onderscheiden:

- bevoorrading van tankstations;
- bevoorrading van bunkers voor zee- en binnenvaart;
- verspreiding van aardolieproducten naar de industrie.

In 2005 werd zo'n 10,7 Mton aan brandstoffen gedistribueerd naar tankstations. Omdat tankstations verspreid zijn over het hele land en omdat zij per keer slechts een relatief kleine hoeveelheid brandstof afnemen, worden zij vanuit de raffinaderijen en brandstofdepots veelal met tankauto's bevoorrad. Schepen voeren daarnaast brandstoffen aan om de depots te vullen.

Daarnaast bunkeren zowel nationale als internationale schepen in Nederland. In 2005 namen zij gezamenlijk 16,4 Mton stookolie af. Bunkers worden bevoorrad door buisleidingen en kustvaartschepen. Binnenvaartschippers bunkerden in datzelfde jaar 1,0 Mton aan brandstoffen. Bunkers in de binnenvaart worden bevoorrad door binnenvaartschepen.

De hoeveelheid transport die nodig is om al deze brandstof op de juiste plek te krijgen, het transportvolume, wordt uitgedrukt in ton-km's: de afstand waarover de brandstof vervoerd is vermenigvuldigd met de hoeveelheid brandstof die vervoerd is. Het transportvolume is bepaald op basis van gegevens van het CBS en eigen inzichten. Voor binnenvaart is de gemiddelde



afstand waarover brandstoffen worden verplaatst gebaseerd op praktijkdata uit een eerdere studie⁷. Tabel 9 geeft de omvang van het transportvolume.

Het energiegebruik per ton-km hangt af van de kenmerken van het transport. Belangrijke parameters zijn:

- voer-/vaartuigtype;
- beladingsgraad;
- lege kilometers.

Voor vervoer per pijpleiding zijn de volgende parameters van belang:

- verloop tracé (lengte pijpleiding, pompstations, verval);
- eigenschappen buisleiding (bochten, buisweerstand);
- hoeveelheid product, transportsnelheid;
- type product;
- vermogen pompinstallaties en instelling.

Het energiegebruik van transport per pijpleiding wordt in dit hoofdstuk overigens niet gekwantificeerd, hiervoor wordt verwezen naar Paragraaf 3.3. Omdat het wel onder de noemer transport valt worden mogelijke maatregelen om de energie-efficiency van dit type transport te verbeteren hier wel besproken.

Er is niet veel over de specifieke kenmerken van transport van brandstoffen bekend. Wel heeft CE Delft uitgebreide expertise van de kenmerken van de verschillende transportmiddelen in het algemeen, en voor diverse andere sectoren. Op basis hiervan is het energiegebruik van het transport van raffinaderijproducten ingeschat. Tabel 9 geeft de resultaten.

Tabel 9 Omvang, energiegebruik en CO₂-uitstoot van het transport van raffinaderijproducten

Modaliteit	Volume	Energie-efficiency	Energiegebruik	CO ₂ -uitstoot
	Mton-km's	MJ/ton-km	TJ	Kton
Binnenvaart	7.210	0,43	3.100	227
Kustvaart	736	0,40	291	21,3
Weg	2.270	1,6	3.556	260

4.2.2 Mogelijke maatregelen

Om de energie-efficiency in het transport te verbeteren, ofwel om het brandstofverbruik van dit transport terug te dringen, kunnen verschillende maatregelen genomen worden. Deze maatregelen zijn te verdelen in:

- systeemveranderingen (bijvoorbeeld modal shift of de bouw van extra opslagdepots);
- technische maatregelen (bijvoorbeeld zuinigere vrachtauto's of efficiëntere pompen voor buisleidingen);
- gedragsveranderingen (bijvoorbeeld langzamer varen of 'Het Nieuwe Rijden', een zuinige rijstijl, toepassen).

Technische maatregelen en gedragsveranderingen zijn voor iedere modaliteit anders, systeemveranderingen beslaan meerdere modaliteiten tegelijk.

Een uitgebreid overzicht van de mogelijke maatregelen die kunnen worden getroffen in dit deel van de keten is te vinden in Bijlage D. Deze de energiebesparing van de afzonderlijke maatregelen kunnen niet zonder meer worden opgeteld om tot een totaal reductiepotentieel te komen, maar een

⁷ Transport Safety Institute. PETRANSafe, Eindrapport Fase 1. Onderzoek naar brandstofvervoersstromen voor en door VNPI en risicoverminderende maatregelen, Juni 2006.



ruwe inschatting leidt tot de conclusie dat er ca. 530 TJ zou kunnen worden bespaard bij het wegtransport en bijna 650 TJ in de distributie per binnenvaart. Dit komt overeen met respectievelijk 39 en 47 kton CO₂-reductie. Het besparingspotentieel bij de kustvaart is zeer beperkt.

Hierbij moet echter wel worden opgemerkt dat sommige vervoerders al een deel van deze maatregelen zullen hebben getroffen. Veel chauffeurs krijgen bijvoorbeeld al training in een zuinige rijstijl. Ook kiezen vervoerders bij de aanschaf van nieuw materiaal vaak al een zo zuinig mogelijke motor. Een gedetailleerde analyse van welke maatregelen al zijn getroffen viel buiten de scope van dit onderzoek, de hier gegeven resultaten zijn derhalve een vrij ruwe inschatting van het maximaal haalbare potentieel voor energiebesparing.

Raffinaderijen en handelaren met een eigen wagenpark of vloot kunnen verschillende maatregelen zelf toepassen. In het uitbesteedde vervoer kunnen echter ook maatregelen worden afgedwongen door bijv. eisen te stellen in de aanbesteding van de transporten. Kosten van investeringen kunnen eventueel gedeeld worden tussen vervoerder en leverancier.

4.3 Tanken

Beheerders van tankstations kunnen op twee vlakken maatregelen inzetten. Ten eerste kunnen zij proberen het energiegebruik van het station terug te dringen. Daarnaast kunnen zij het vrijkomen van broeikasgassen, in de vorm van vluchtige organische stoffen (VOS) op het eigen terrein, beperken. In dit hoofdstuk gaan we op beide aspecten in. Eerst wordt kort de huidige situatie geschetst. Hierna worden de belangrijkste maatregelen die bij kunnen dragen aan verbetering van de energie-efficiency en het beperken van klimaat-effecten besproken.

4.3.1 Huidige situatie

Energiegebruik bij tankstations

Het energiegebruik van een tankstation is afkomstig van verwarming en verlichting van de betaalruimte en/of winkel, de verlichting op het terrein, reclameverlichting en werking van de verdeelpompen. Vito (1999) schat het energiegebruik van een station van gemiddelde grootte op enkele tientallen kWh per dag. In deze studie gaan we uit van 50 kWh per tankstation per dag.

Broeikasgasemissies op het terrein

Tijdens het vullen van opslagtanks en tijdens het voltanken van auto's komen VOS-emissies vrij. VOS staat voor vluchtige organische stoffen, het is daarmee niet één stof, maar een verzameling van stoffen. Veel van deze stoffen dragen bij aan het versterkt broeikaseffect. Hun effect wordt uitgedrukt in het Global Warming Potential (GWP) van de stof. Een GWP van bijvoorbeeld 3 wil zeggen dat het effect van de stof drie keer zo groot is als dat van CO₂. De GWP's van deze VOS liggen grofweg tussen de 0,1 en 10.

4.3.2 Maatregelen

Zonnecellen

Door het plaatsen van zonnecellen op de daken van tankstations kan groene energie worden opgewekt. In Nederland levert een zonnepaneel van 1 m² zo'n 80 tot 100 kWh per jaar op. Uitgaande van 4.000 tankstations in Nederland die elk een dakoppervlak van ca. 200 m² hebben, leveren zonnepanelen in totaal



maximaal $72 \cdot 10^6$ kWh/jaar op (alle tankstations samen). Dit correspondeert met een CO₂-reductie van ca. 32 kton. De hoeveelheid opgewekte energie is ongeveer gelijk aan de hoeveelheid elektriciteit die de stations zelf verbruiken.

Een zonnepaneel kost ongeveer € 840/m² aan investerings- en installatiekosten. Dit komt uit op opwekkingskosten van ca. € 0,50 per kWh. Dit is ongeveer tien keer meer dan de kosten van conventionele elektriciteitsopwekking. De eindgebruikerskosten van conventionele elektriciteit liggen echter hoger dan de opwekkingskosten (vanwege overheidsheffingen), waardoor het verschil tussen zonne-energie en conventionele elektriciteit kleiner wordt. Mogelijk bieden subsidieregelingen (SDE) ook een mogelijkheid om het kostenverschil te verkleinen.

Zuinige verlichting

Een deel van het energiegebruik van tankstations wordt gebruikt voor verlichting. LED-verlichting is veel zuiniger dan conventionele verlichting en kan dus ingezet worden voor het terugdringen van het elektriciteitsverbruik. Bever Innovations heeft een concept ontwikkeld voor tankstations. De LED-verlichting die ook nog uitgerust is met bewegingssensoren is al bij verschillende tankstations getest. Naar eigen zeggen zou het concept van Bever Innovations een besparing van tenminste 50% van het elektriciteitsverbruik opleveren en kosten besparen door de energiebesparing en lange levensduur⁸. Ook binnen in de shop kan overgestapt worden op spaarlampen of LED-verlichting, de kosten hiervoor zijn minimaal.

Reductie VOS-emissies

De volgende maatregelen dragen bij aan de reductie van VOS-emissies:

- Overvulbeveiliging voor de ondergrondse opslagtanks. Dit systeem geeft een signaal wanneer de tank voor 98% vol is. Hierdoor wordt minder benzinedamp uit de tank verdreven.
- Lekvrije vulpistolen en overvulbeveiliging voor vulpistolen. Hierdoor komt minder benzinedamp vrij tijdens het tanken van benzine.

4.4 Conclusies en aanbevelingen transport en tanken

Conclusies

In Paragraaf 4.2 zijn de verschillende maatregelen die bijdragen aan efficiënter transport van brandstoffen geïnventariseerd. Hieruit blijkt dat een groot aantal maatregelen zou kunnen worden ingezet, al is in het kader van deze studie niet nader onderzocht in hoeverre deze maatregelen in deze specifieke transportsector al zijn doorgevoerd.

Het is daarnaast ook lastig om aan te geven wat het totale potentieel van maatregelen is omdat hun effecten niet zomaar opgeteld kunnen worden, bovendien is het effect van systeemveranderingen (bijvoorbeeld modal shift) sterk afhankelijk van de specifieke omstandigheden, waar in deze studie niet in detail naar is gekeken.

In Tabel 10 wordt daarom een ruwe schatting van het potentieel van de technische maatregelen gegeven, gebaseerd op bovenstaande analyse en eigen inschatting van CE Delft. Uit dit overzicht blijkt dat er vooral winst te halen is in de binnenvaart en het wegvervoer.

⁸ Voor meer info zie: www.beverinnovations.com.



Tabel 10 Technisch besparingspotentieel van technische maatregelen in transport

Modaliteit	Technisch besparingspotentieel	Energiebesparing (TJ)	CO ₂ -reductie (kton)
Weg	15%	531	39
Binnenvaart	21%	645	47
Kustvaart	9%	26	1,9

Bij tankstations kunnen zowel zonnecellen als ook LED-verlichting bijdragen aan de reductie van het energiegebruik van tankstations (respectievelijk 100%, 263 TJ en 25%, 66TJ). Vooral zonnecellen vergen echter een grote investering.

Aanbevelingen

Technische maatregelen om het energiegebruik in transport te reduceren kunnen niet door de VNPI zelf genomen worden, wel kunnen zij van hun vervoerders eisen dat zij bepaalde maatregelen nemen of aan bepaalde voorwaarden voldoen. We bevelen dan ook aan om de mogelijkheden hiervoor te inventariseren en om na te gaan in hoeverre de vervoerders deze maatregelen al hebben geïmplementeerd. De kosten van investeringen kunnen eventueel gedeeld worden, maar in veel gevallen zijn deze rendabel en is dat niet nodig⁹.

Daarbij is het zinvol om vooral te focussen op de maatregelen met de grootste besparing. Voor wegtransport zijn dit:

- energiezuinige banden (8%, 267 TJ);
- Het Nieuwe Rijden (5%, 178 TJ).

In de binnenvaart gaat het om:

- een tempomaat (10%, 310 TJ);
- aanpassingen aan de schroef (10%, 310 TJ).

We bevelen daarnaast ook aan om bij de tankstations in te zetten op LED-verlichting en na te gaan van welke subsidieregelingen gebruik gemaakt kan worden voor het plaatsen van zonnecellen.

⁹ Voor sommige investeringen in energiebesparing kan de vervoerder ook gebruik maken van regelingen zoals bijv. VAMIL, MIA, etc.





5 Duurzame energie bij op- en overslag en raffinaderijterreinen

5.1 Inleiding

De industriële installaties in de petroleumketen (op- en overslagterminals en raffinaderijen) en de tankstations bieden wellicht mogelijkheden om duurzame energie op te wekken. Dit is stikt genomen geen maatregel die leidt tot meer energie-efficiency in de keten (het onderwerp van het MEE-convenant), maar het zou wel kunnen leiden tot een reductie van de CO₂-uitstoot van de sector.

In het volgende daarom een verkenning van de mogelijkheden om op deze terreinen wind- of zonne-energie op te wekken.

5.2 Windenergie

5.2.1 Kansen en beperkingen

In de havens van Rotterdam, Amsterdam, Zeeland en Groningen staan aanzienlijke vermogens aan windturbines opgesteld. De turbines passen goed in het industriële landschap en leveren bovendien een groot vermogen doordat ze dichtbij zee kunnen profiteren van relatief hoge windsnelheden.

In de havens beslaan de raffinaderijen en terminals voor op- en overslag van aardolieproducten relatief grote oppervlaktes en vormen daarmee in potentie ook locaties waar aanzienlijke hoeveelheden windenergie kunnen worden opgewekt.

Veiligheid vormt echter een grote beperking voor realisatie van windenergie op terreinen van raffinaderijen en terminals. Er is een risico dat een wiek afbreekt van een windturbine en ernstige schade toebrengt aan een opslagtank. Dat kan leiden tot grootschalige lekkages, waarbij schadelijke stoffen vrijkomen. Verder geldt dat windturbines elektrische installaties zijn, met een risico voor brandgevaar.

Naast veiligheid kunnen ook andere factoren een beperking opleveren. Dit betreft onder andere hinder/risico's voor vliegverkeer (m.n. relevant voor de haven van Amsterdam), geluidhinder (m.n. nabij woningbouwlocaties) en afstand tot hoogspanningsleidingen. Veiligheid zal echter in de meeste gevallen de belangrijkste factor zijn.

Regelgeving veiligheid

Veiligheidsaspecten worden geregeld in het BRZO (Besluit Risico's Zware Ongevallen). Op grond van het BRZO moeten opslagtanks en andere industriële installaties voldoen aan veiligheidsnormen voor individueel en groepsrisico. Doorgaans wordt hiertoe een QRA (kwalitatieve risicoanalyse) uitgevoerd (SenterNovem, 2005).

Door plaatsing van een windturbine in de omgeving van een tank of installatie wordt het risico van de betreffende installatie verhoogd. Dit kan ertoe leiden dat deze niet meer aan de veiligheidsnormering voldoet. Het vergt daarmee maatwerk om te bepalen of een windturbine op een bepaalde industriële locatie mogelijk is.

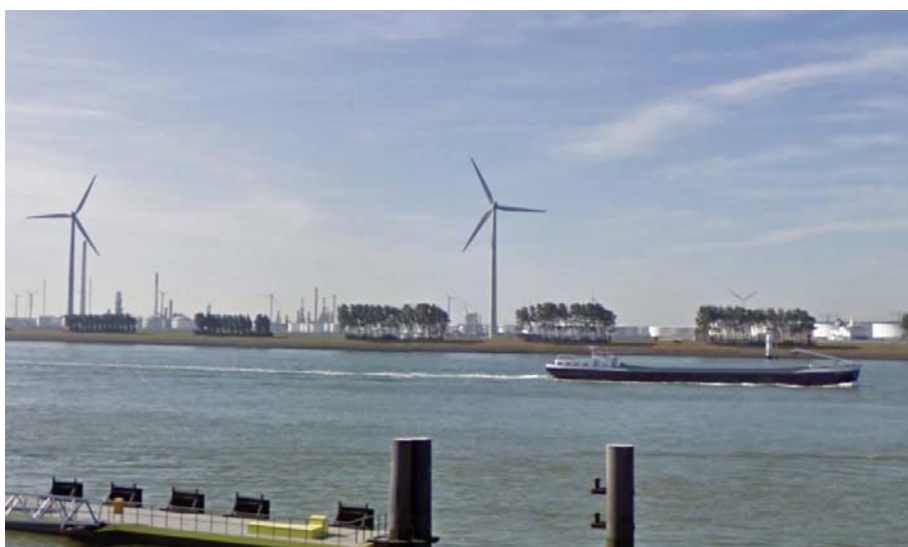


Risico's kunnen worden beperkt door turbines op een grotere afstand te plaatsen en door in de constructie van turbines extra eisen te stellen.

5.2.2 Huidige situatie: Windturbines bij BP-raffinaderij

Een raffinaderij, BP in Rotterdam Europoort (destijds Nerefco), heeft in 2002 negen grote windturbines op het terrein geplaatst. Hierbij zijn extra veiligheidseisen gesteld aan de constructie. De negen turbines hebben elk een vermogen van 2,5 MW, zodat in totaal een vermogen van 22,5 MW staat opgesteld (ECN, 2003). Uitgaande van 2.000 vollasturen/jr (SenterNovem, 2006), leveren de centrales ca. 45 GWhe. Dit correspondeert met een CO₂-reductie van 28 kton CO₂. Op de BP-terminal in Amsterdam is in 2006 9 MW aan windvermogen bijgeplaatst.

Figuur 15 Windturbines bij opslagtanks raffinaderij



5.2.3 Potentieelraming

Als eerste indicatie is het potentieel voor windenergie berekend vanuit de beschikbare oppervlakte bij raffinaderijen en olieterminals. Aanname is daarbij dat op het beschikbare oppervlak een zelfde dichtheid aan windturbines wordt gerealiseerd als bij de BP-Raffinaderij. Dit resulteert in een potentieel van 190 GWhe/jr aan elektriciteit die via windenergie opgewekt zou kunnen worden, met een potentiële CO₂-emissiereductie van 110 kton/jr.

Tabel 11 Raming potentieel windenergie raffinaderijen en olieterminals

	Oppervlak locatie (ha)	Opwekking elektriciteit (GWhe/jr)	Besparing CO ₂ (kton/jr)
BP Europoort (gerealiseerd)	450	45	28
Overige raffinaderijen	1.200	120	70
Olieterminals	670	70	40
Totaal potentieel	1.900	190	110
Totaal (gerealiseerd + potentieel)	2.300	230	140

5.3 Zonne-energie

Daken van opslagtanks bieden in theorie ook de mogelijkheden voor het opstellen van zonnepanelen, waarmee elektriciteit opgewekt kan worden. Deze optie is onderzocht in het kader van de Meerjarenaafspraken Energiebesparing met de VOTOB (Vereniging Onafhankelijke Tank Op- en Overslagbedrijven) in de Overleggroep tank op- en overslag (Agentschap NL, 2010b; Royal Haskoning, 2003). Er is een rekenmodel ontwikkeld waarmee potentiële besparingen kunnen worden berekend en kosten/besparingen. De belangrijkste conclusies zijn dat:

- Er een zeker potentieel is. Dit is echter niet heel omvangrijk. Volgens de studie kan max. ca. 20% van het dakoppervlak worden benut. CE Delft schat als eerste orde inschatting een potentieel in de orde van max. 10 GWhe of 1 kton CO₂-emissiereductie.
- De kosten relatief hoog zijn. Onder de huidige marktcondities is het niet rendabel.
- Een mogelijke besparing kan optreden wanneer de PV-systemen leiden tot een vermindering van verdamping van de opgeslagen vloeistoffen.
- Veiligheid een cruciaal aspect is. Zonnepanelen zijn elektrische installaties en toepassing hiervan in de nabijheid van brandbare producten kan leiden tot een veiligheidsrisico. Op grond van de bestaande veiligheidsregelgeving (ATEX) is dit niet toegestaan zonder additionele veiligheidsvoorzieningen. Kosten hiervan zijn in de MJA-studie niet in kaart gebracht, maar zijn waarschijnlijk aanzienlijk (Royal Haskoning, 2003).

Voor deze studie wordt uitgegaan van een gering potentieel, met relatief hoge kosten.

5.4 Conclusies en aanbevelingen wind en zon

Het technisch potentieel voor windenergie is met 1.650 TJp of 110 kton CO₂-reductie aanzienlijk groter dan dat voor zonne-energie (< 1 kton CO₂-reductie). Belangrijke aandachtspunten bij windenergie zijn de veiligheidsrisico's en de kosten. Zonder subsidie zijn investeringen in windenergie nog niet rendabel, met subsidie kunnen ze dat wel zijn. BP heeft inmiddels ruime ervaring opgedaan met het plaatsen en opereren van windturbines. Maatwerkonderzoek op de diverse locaties is nodig om vast te stellen welke mogelijkheden er zijn voor plaatsing van windturbines, rekening houdend met veiligheidscontouren, en wat de kosten zijn.

Als een eerste inschatting wordt aangehouden dat het aangegeven technisch potentieel rendabel te realiseren is. Zoals aangegeven is hier echter nader onderzoek op locatie voor nodig.

Het potentieel voor zonne-energie (zon-PV) op daken van opslagtanks is vrijwel verwaarloosbaar. Daarbij komt dat veiligheid een kritische factor is en de kosten hoog. Er is dan ook vooralsnog geen rendabel potentieel van zon-PV op tanks.



Tabel 12 Potentieel wind- en zonne-energie

	Windenergie		Zonne-energie	
	Technisch potentieel	Rendabel potentieel (1 ^e indicatie)	Technisch potentieel	Rendabel potentieel
Energiebesparing (PJp)	1.650	1.650	<0,01	0
Reductie emissies CO ₂ (kton)	110	110	<1	0

Het verdient aanbeveling haalbaarheidsonderzoeken uit te voeren op de locaties van raffinaderijen en terminals naar de technische en financiële haalbaarheid van windenergie.



6 Biomassa als feedstock voor de raffinaderij

6.1 Inleiding

In Nederland moet op dit moment (2010) gemiddeld 4% van alle in Nederland verkochte benzine en diesel uit biobrandstof bestaan. Hiermee voldoet de petroleumindustrie aan de Nederlandse biobrandstofverplichting¹⁰. Op dit moment wordt deze biobrandstof geproduceerd in biodiesel- of bio-ethanol-fabrieken, en wordt deze vervolgens vermengd ('geblend') met diesel en benzine. De resulterende blends, die uiteraard moeten voldoen aan allerlei kwaliteitseisen, worden vervolgens aan de consumenten verkocht. De overheden (EU en Nederland) willen hiermee de productie en ontwikkeling van brandstoffen uit biomassa bevorderen, als alternatief voor de fossiele brandstoffen¹¹.

In dit hoofdstuk wordt een route bekeken die een alternatief zou kunnen bieden voor de biodieselproductie en blending: de biodieselgrondstoffen, met name plantaardige oliën, worden dan direct in de raffinageprocessen ingevoegd. Deze oliën worden dan, tegelijk met de fossiele olie, tot autobrandstof (diesel) omgezet.

Deze route wordt al in een aantal raffinaderijen (buiten Nederland) toegepast, en een aantal oliemaatschappijen heeft praktijkproeven en demonstratieprojecten uitgevoerd.

In een eerdere studie (CE, 2008) is berekend dat deze route energie- en CO₂-winst biedt ten opzichte van de aparte biodiesel route. De kwaliteit van het eindproduct is bovendien gelijk aan die van conventionele diesel, wat ook een aantal voordelen kan bieden.

6.2 Wettelijk kader

Sinds 2003 zijn EU-lidstaten door de EU gestimuleerd een toenemend percentage biobrandstoffen bij te mengen aan de aan de wegvervoer geleverde diesel en benzine. In de zogenaamde Europese Renewable Energy Directive (RED) uit 2009 zijn wettelijke doelen vastgelegd voor zowel de toekomstige percentages bij te mengen biobrandstoffen als de aan bereidstelling van de biobrandstoffen gerelateerde broeikasgasemissies, daarnaast zijn een aantal andere duurzaamheidseisen vastgesteld waar de biomassa aan moet voldoen.

¹⁰ Besluit Biobrandstoffen Wegverkeer 2007, Ministerie van VROM, in combinatie met Besluit tot wijziging van het Besluit biobrandstoffen wegverkeer 2007 (verlaging percentages toe te voegen biobrandstoffen), 2008.

¹¹ Er is nog veel discussie over de milieuvriendelijkheid en duurzaamheid van deze biobrandstoffen, en zowel het beleid als ook de duurzaamheidscriteria zijn nog volop in ontwikkeling. Deze discussie valt echter buiten de scope van dit onderzoek, uitgangspunt van deze studie is dat de te gebruiken biomassa aan duurzaamheidseisen voldoet.



Het totale aandeel hernieuwbare energie in de transportsector zal conform de RED in de periode tot aan 2020 moeten groeien tot 10% (op energiebasis) van de in wegtransport verbruikte hoeveelheden benzine en diesel. Voor 2010 gold vanuit de EU een indicatieve doelstelling van 5,75% (energiebasis), in Nederland is dit beleid geïmplementeerd door een aandeel van 4% te verplichten voor 2010.

Wat betreft broeikasgasemissies moeten de toe te passen biobrandstoffen vanaf 2017 een minstens 50% lagere broeikasgasemissie over de gehele keten hebben als de conventionele benzine en diesel die ze vervangen (RED).

Eventueel kunnen ook in de Nederlandse luchtvaart en binnenvaart gebruikte biobrandstoffen voor de RED-doelstelling worden meegerekend, hoewel voor beide sectoren geen verplichte doelen zijn geformuleerd. Biobrandstoffen uit reststoffen en houtachtige biomassa mogen dubbel mee worden geteld.

Inzet hernieuwbare energie en CO₂-reductie van de RED-doelstelling

In Nederland worden jaarlijks 500 PJ aan transportbrandstoffen in het wegvervoer gebruikt. Dit verbruik zal naar verwachting autonoom doorgroeien tot circa 550 PJ in 2020. Een doelstelling van 10% in 2020 betreft de inzet van maximaal 55 PJ/jaar aan biobrandstoffen. In de praktijk kan dit volume echter (aanzienlijk) lager uitkomen vanwege de dubbeltelling van biobrandstoffen uit reststromen en houtachtige biomassa, en, in mindere mate, ook door het gebruik van hernieuwbare elektriciteit in elektrisch vervoer (TNO/CE, 2009). In de praktijk zal het biobrandstofvolume in 2020 derhalve uitkomen op ca. 30-55 PJ.

Voor Nederland betekenen de doelen uit de RED een reductie van broeikasgasemissies van maximaal ca. 2,3 Mton/jaar¹² over de totale keten, exclusief eventuele broeikasgasemissies die niet in de RED-broeikasgasberekeningen worden meegenomen - dit zijn bijv. emissies ten gevolge van indirect landgebruik.

6.3 Biomassatoepassing in de petroleumketen: status, ontwikkelingen en alternatieven

In principe kunnen biomassaproducten op verschillende plekken binnen de petroleumketen worden ingevoerd:

- aan het eind van de keten - als biobrandstof, in de meeste gevallen in blends met fossiele brandstoffen¹³;
- in het raffinageproces
 - als grondstof;
 - als additief of energiedrager - bijvoorbeeld waterstof of op basis van biomassa geproduceerde warmte of elektriciteit.

In de huidige situatie wordt enkel de eerste route (bijmengen aan het eind van de keten) toegepast, en ook het beleid is alleen op deze route gericht.

¹² De emissiefactor voor conventionele diesel en benzine bedraagt volgens de RED 83,8 kg CO₂-eq./GJ. Een 50% reductie van de emissies houdt in dat de emissiefactor voor broeikasgasemissies over de gehele keten van de biobrandstoffen maximaal 41,8 kg/GJ bedraagt. Bij een biobrandstofvolume van 55 PJ/jaar en een emissiereductie van minimaal 41,8 kg/GJ bedraagt de netto reductie over de gehele brandstofketen 2,3 Mton CO₂-eq./jaar.

¹³ In principe is het ook mogelijk bijvoorbeeld op basis van biomassa geproduceerde smeermiddelen toe te passen, zie bijvoorbeeld de MVO-website.



6.3.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling in Nederland

Anno 2005 werden in Nederland nog nauwelijks biobrandstoffen (3 kton biodiesel – CBS Statline) in de transportsector ingezet, maar consumptie van biobrandstoffen is de afgelopen jaren toegenomen tot 287 kton biodiesel en 190 kton bio-ethanol (deels in de vorm van ETBE) in 2008¹⁴.

De Nederlandse productiecapaciteit groeide tot 520 kton biodiesel in hetzelfde jaar. De productiecapaciteit zal de komende jaren door de ingebruikname van nieuwe installaties verder toenemen tot in totaal circa 3.450 kton met een energie-inhoud van circa 125 PJ/jaar bio-aandeel.

De bestaande en geplande productiecapaciteit voor biobrandstoffen in Nederland is met 125/jaar PJ op een totale vraag naar transportbrandstoffen voor wegvervoer van 500 PJ/jaar nu of 550 PJ/jaar in 2020 duidelijk hoger dan de doelstelling, een groot deel van de productie zal voor export bestemd zijn.

Er zijn nog wel een aantal technische en praktische belemmeringen die realisatie van de 10% doelstelling bemoeilijken:

- Zowel biodiesel als bio-ethanol mogen vanwege motortechische aspecten tot maximaal 7 cq. 10% (volume-inhoud) worden bijgemengd aan conventionele brandstoffen die als diesel en benzine worden verkocht bij openbare tankstations. Voor het halen van de doelstelling is het daarom nodig een deel van de biobrandstoffen op nichemarkten c.q. voor specifieke wagenparken in pure vorm of mengsels met een hoger percentage biobrandstof toe te passen.
- Om toch de hogere doelstelling van 10% (energiebasis) te halen, moeten de volgende alternatieven worden ingezet:
 - gebruik van biobrandstoffen die in hogere percentages kunnen worden gemengd (bijvoorbeeld HVO¹⁵);
 - productie van biobrandstoffen uit reststoffen (door dubbel telling is dan feitelijk een lager percentage nodig);
 - stimuleren van particuliere voertuigen die pure biobrandstoffen of mengsels met een hoger percentage biobrandstof kunnen benutten, bijvoorbeeld flex fuel-voertuigen of aardgas/biomethaan voertuigen.
- Daarnaast speelt een rol dat voor bepaalde biobrandstof - conventionele brandstoffenmengsels (met name de hogere biodieselblends) problemen kunnen ontstaan bij het halen van de toekomstige Euro 6-emissienormen voor auto's en vrachtwagens (zie BOLK II, 2009).
- Een ander knelpunt is de duurzaamheid van de biobrandstoffen, met name de gevolgen van het landgebruik voor biomassa productie. De komende jaren moet het beleid verder worden ontwikkeld om de duurzaamheid voldoende te waarborgen.

¹⁴ Bronnen: Statline website, biofuels platform website, Ebio website, GVE website.

¹⁵ HVO = Hydrogenated Vegetable Oil. HVO refereert aan een chemisch proces waarbij plantaardige olie door behandeling met waterstof (H₂) is omgezet in diesel (of kerosine), water en propaan (zie Paragraaf 6.3.2). De term HVO heeft betrekking op de geproduceerde diesel.



6.3.2 Additionele bestaande en toekomstige mogelijkheden voor inzet van biomassa

Een alternatief voor de huidige aan het eindproduct bijgemengde biobrandstoffen is de inzet van biomassa direct in de raffinaderij. De meest kansrijke optie op de korte termijn is meeverwerken van plantaardige oliën in de diesel hydrotreater.

Andere integratieopties

In CE (2008) is een overzicht gegeven van andere bestaande en in ontwikkeling zijnde technologieën waarmee biomassa rechtstreeks in een raffinaderij kan worden verwerkt:

- In de VS is sinds 2003 een commerciële installatie van het zogenaamde TCP-proces van New World Technologies operationeel waarmee vetrijk slachtafval zoals putvet wordt verwerkt tot een zeer lichte ruwe olie die bij een bestaande raffinaderij door atmosferische destillatie wordt gescheiden in benzine, diesel en light ends. Er zijn sinds 2003 geen nieuwe installaties meer gebouwd, waarschijnlijk vanwege de tegenvallende rendabiliteit van het proces.
- Het door Biofuels ontwikkelde HTU-proces zet biomassa om in een soort ruwe olie met 10-15% zuurstof dat door hydrodeoxygenatie kan worden omgezet in diesel en benzine. Een in 2008 aangekondigd proefproject met Total lijkt om onduidelijke reden geen doorgang te zullen krijgen – er is al enige tijd geen nieuws meer vernomen over dit initiatief.
- Fischer Tropsch synthese van transportbrandstoffen kan worden geïntegreerd in een bestaande raffinaderij door koppeling van utilities en door nabehandeling van de 'ruwe' FT producten in de atmosferische destillatiekolom of de hydrocracker van een bestaande raffinaderij. Een aangekondigde integratie bij de Schwedt-raffinaderij in Noordoost-Duitsland lijkt echter niet van de grond te willen komen.
- Met de inmiddels wel bewezen pyrolysetechniek van bedrijven als Dynamotive en BTG kan in principe uit biomassa geproduceerde pyrolyse olie door tweestaps hydrodeoxygenatie worden omgezet in conventionele raffinageproducten. De ontwikkeling van de tweestaps hydrodeoxygenatie is echter nog maar net begonnen.

Er zijn ook stand alone technologieën voor de hydrotreating van plantaardige oliën ontwikkeld zoals het NexBtl proces aangeboden door Neste of het Ecofiningproces van UOP/ENI. Deze technologieën vergen een 5-10 maal hogere investering als meeverwerken in de hydrotreater van een raffinaderij (zie o.a. CE, 2009). Het is dan ook minder waarschijnlijk dat dergelijke stand alone installaties bij de VNPI leden zullen worden gerealiseerd.

De Renewable Energy Directive (RED) en de Nederlandse verplichting zijn tot nu toe enkel gericht op het bijmengen van biobrandstoffen aan het eindproduct (dus biodiesel bijmengen aan gereede conventionele diesel). De hier beschreven alternatieve routes, zoals coprocessing van biomassa in een raffinaderij, zijn nog niet opgenomen in het beleid. In een raffinaderij meeverwerkte biomassa zou op dit moment dan ook niet kunnen meetellen als bijdrage aan de doelstellingen.

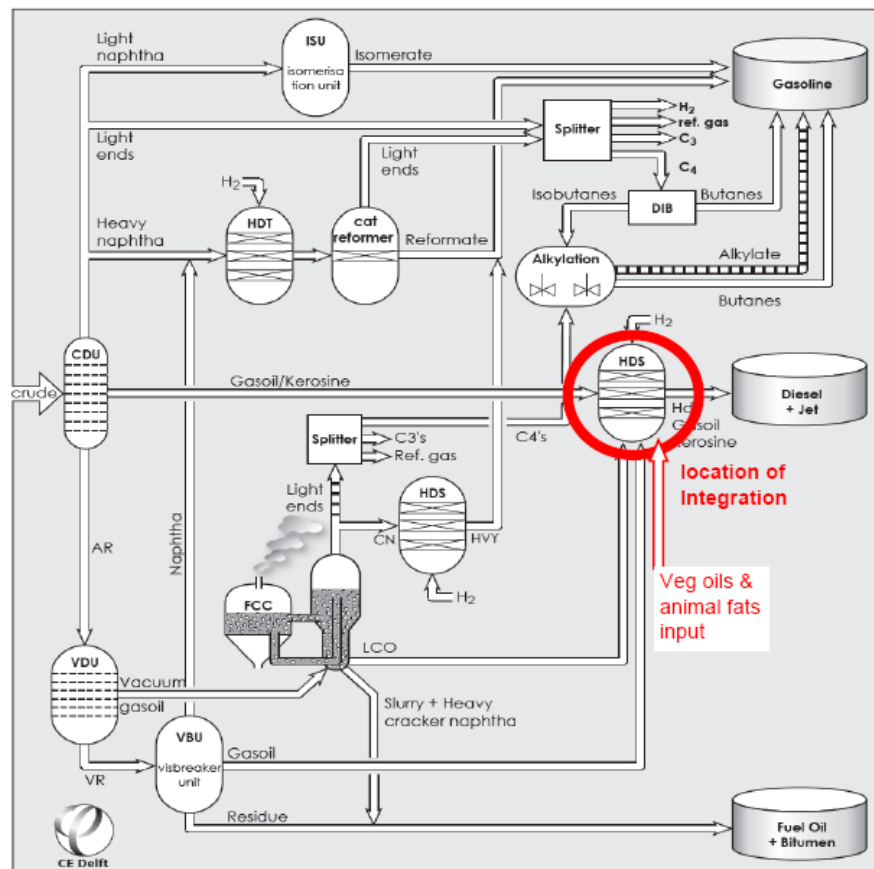


6.4 Beschrijving van de optie biomassa als feedstock in de raffinaderij

Gezuiverde plantaardige oliën kunnen in principe samen met conventionele diesel in de diesel hydrotreaters van de raffinaderijen worden toegevoegd (zie CE, 2008). Deze oliën zorgen voor een reductie van de ruwe olievraag van de raffinaderij. Het bijmengen vergt een aanpassing van een aantal raffinageprocessen, zodat het bijmengen van de oliën geen gevolgen heeft voor de eigenschappen van de raffinageproducten.

Het hoofdproduct is een conventionele dieselolie - HVO¹⁶ - van zeer hoge kwaliteit en propaan en water als bijproduct. De hoge kwaliteit van de diesel geeft reductie van voertuigemissies van NO_x, CO en PM₁₀ (zie CE, 2008).

Figuur 16 Positie integratie van plantaardige oliën verwerken in het raffinageproces



Bron: CE, 2009.

De geproduceerde diesel heeft door het soort koolwaterstoffen waaruit het bestaat (vrijwel uitsluitend C₁₄+ paraffines) een in vergelijking met conventionele diesel zeer hoge cetaanwaarde (80-100), maar ook een hogere cloud point. De hogere cloud point betekent dat de diesel in koudere jaargetijden eerder gaat vlokken, waardoor verstoppingen in het brandstofsysteem van een auto kunnen optreden. De cloud point hangt sterk af van het soort plantaardige olie dat wordt verwerkt.

¹⁶ HVO = Hydrotreated Vegetable Oil, zie Voetnoot 15.



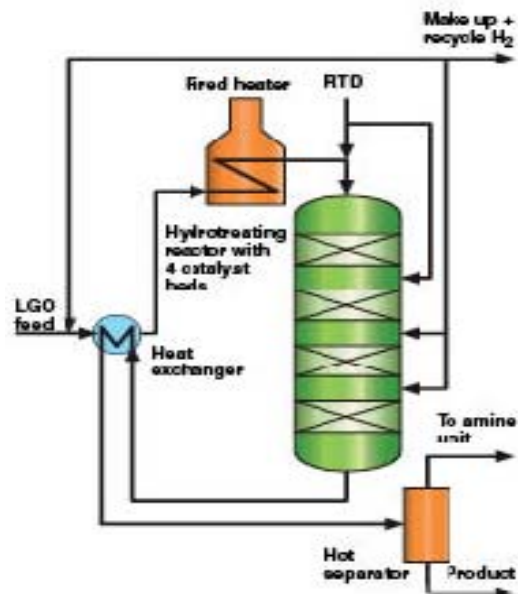
Meeverwerken van plantaardige oliën vergt minimaal aanpassing van katalysatoren in de hydrotreaters en realisatie van extra infrastructuur voor de opslag en het interne transport van plantaardige oliën. Afhankelijk van de technologieaanbieder vindt eventueel ook revamping van de hydrotreater plaats waarbij invoer van grondstoffen en gasbehandeling worden aangepast.

De hoeveelheid plantaardige oliën die kan worden meeverwerkt is nog niet eenduidig te bepalen op basis van de ter beschikking gestelde informatie:

- De hoeveelheid plantaardige oliën die kan worden verwerkt bedraagt minimaal 1,5 tot 5% - afhankelijk van het seizoen - van de ruwe dieselproductie in de raffinaderij.
- Informatie van één petrochemisch bedrijf met een raffinaderij in Nederland geeft aan dat waarschijnlijk 7% en mogelijk tot 10% van de ruwe dieselproductie kan worden vervangen (vertrouwelijk interview). In openbare literatuur worden door Petrobras eveneens hogere percentages (10% en hoger) genoemd (CE, 2008).
- Bij PREEM's raffinaderij in Göteborg wordt tot 30% aan plantaardige oliën meeverwerkt.

Het maximale bijmengpercentage wordt in ieder geval deels bepaald door de cloud point van het dieselproduct. Het bij PREEM's raffinaderij in Göteborg geproduceerde 70%/30% mengsel van conventionele en hernieuwbare diesel bijvoorbeeld wordt alleen als zomerdiesel verkocht vanwege de cloud point van het mengsel.

Figuur 17 Hydrotreating van plantaardige oliën zoals geïmplementeerd bij PREEM's Göteborg-raffinaderij



Bron: [http://4.bp.blogspot.com/_dpZfkyjb7QI/TAtHfx_fCPI/AAAAAAAAAmc/h2jKKMbMt3Y/s1600/New+Picture+\(36\).png](http://4.bp.blogspot.com/_dpZfkyjb7QI/TAtHfx_fCPI/AAAAAAAAAmc/h2jKKMbMt3Y/s1600/New+Picture+(36).png),

LGO = Light Gas Oil, RTD = Raw Tall-oil Diesel, de plantaardige grondstof.

De biomassa wordt in de vorm van RTD na het fornuis (de heater) en tussen de individuele katalysatorbedden ingevoerd.



De wijze van invoer lijkt deels ook medebepalend voor de hoeveelheid plantaardige oliën die kan worden meeverwerkt.

Bij de Göteborg raffinaderij van PREEM wordt de uit tall oil (een bijproduct van chemisch pulpen van hout) afgescheiden oliën gefaseerd ingevoerd, deels na het fornuis en deels na de verschillende katalysatorbedden van de hydrotreater¹⁷ (zie Figuur 17). Hierdoor wordt risico op corrosie in de voorliggende procesinstallaties (zoals het fornuis) beperkt. Het deels injecteren van de plantaardige oliën na de verschillende katalysatorbedden geeft koeling en compenseert de warmte die vrijkomt bij de sterk exotherme hydrodeoxygenatie reactie van de plantaardige oliën. PREEM heeft samen met katalysatorproducent Haldor Topsoe ook een aangepast gasbehandeling-systeem voor de hydrotreater ontwikkeld.

6.4.1 Potentiële reductie van broeikasgasemissies

Broeikasgasemissiereducties in de keten

Verwerking van plantaardige oliën in een stand alone hydrodeoxygenatieproces zoals het NexBtl proces of het Ecofiningproces geeft een 5-7% lagere broeikasgas emissie over de gehele keten vergeleken met verwerking van dezelfde olie tot biodiesel (zie RED, bijlage V (a)). Voor meeverwerken van plantaardige oliën in de (al dan niet gerevampde) bestaande hydrotreater van een raffinaderij zijn dit soort cijfers nog niet beschikbaar.

Voor deze studie is aangenomen dat bij meeverwerken in de diesel hydrotreater vergelijkbare reductiepercentages kunnen worden gerealiseerd t.o.v. biodiesel productie. In beide gevallen vindt hydrodeoxygenatie plaats. Bij het meeverwerken van plantaardige olie in de diesel hydrotreater wordt in tegenstelling tot de stand alone processen geen isomerisatieproces toegepast en wordt energiegebruik voor isomerisatie uitgespaard. Er is dus een zekere waarschijnlijkheid dat de reductie in broeikasgasemissies voor stand alone en meeverwerken vergelijkbaar zijn.

De totale jaarlijkse hoeveelheid diesel en andere gasolie door de Nederlandse raffinaderijen geproduceerd bedraagt circa 12 Mton/jaar (CBS Statline). Hiervan wordt circa 7 Mton of 290 PJ in Nederland zelf gebruikt. Bij een 10%-doelstelling voor biobrandstoffen en een extra reductie van broeikasgassen van 5-7% t.o.v. biodieselproductie zou het invullen van de 10%-doelstelling met HVO (Hydrotreated vegetable oil) in plaats van met biodiesel een reductie van broeikasgasemissies geven van maximaal 122-170 kton/jaar¹⁸. In de praktijk zal dit volume echter niet gehaald worden - vanwege concurrentie met conventionele biodiesel en andere biobrandstoffen, door cloud point beperkingen en wellicht ook beschikbaarheid aan duurzame grondstoffen. Nader onderzoek naar deze optie is nodig om tot een nauwkeurigere inschatting van het reële potentieel te komen.

Broeikasgasemissiereducties bij de raffinaderij

Om een inschatting te geven van de gevolgen van het bijmengen van biomassa in de raffinaderij op het energiegebruik en de CO₂-emissies van de raffinaderij moeten de benodigde aanpassingen in de processen worden geanalyseerd. Dit is beschreven in Bijlage E.

¹⁷ Zie <http://chemeng-processing.blogspot.com/2010/06/revamped-hydrotreater-co-processes.html>

¹⁸ Als volgt berekend: 290 PJ/jaar x 10% x 6% x 83,8 kg CO₂-eq./GJ = 146 kton CO₂-eq. Hierin is 83,8 de ketenemissie voor de uitgespaarde diesel.



Hieruit blijkt dat meeverwerken van plantaardige oliën in de diesel hydrotreater bij de raffinaderij zelf broeikasgasemissiereducties zal geven wanneer de raffinaderij de voor hydrodeoxygenatie benodigde waterstof niet in eigen beheer produceert. In dat geval is de verwachting dat vervanging van 1% van de productie aan conventionele diesel door HVO uit sojaolie of koolzaadolie een reductie zal geven van de CO₂-emissies van de raffinagesector van ca. 20 kton/jaar. Zoals eerder aangegeven kan minimaal 3% van de dieselproductie door HVO productie worden vervangen, en een vervanging van 10% lijkt goed mogelijk (wellicht zelfs meer, gezien de ervaringen bij PREEM's Göteborg-raffinaderij). Een jaarlijkse reductie van maximaal 60 tot 200 kton CO₂ lijkt daarmee een reële indicatie van de totale reductie die bij de Nederlandse raffinaderijen zou kunnen worden gerealiseerd.

6.4.2 Kosten

Integratie van de verwerking van plantaardige oliën in de PREEM-raffinaderij in Göteborg vergde een investering van M€ 25 bij een verwerkingscapaciteit van 115 kton aan plantaardige oliën per jaar¹⁹. De hydrotreater heeft een verwerkingscapaciteit van ongeveer 550 kton diesel per jaar. De investeringen hebben betrekking op:

- realisatie van infrastructuur voor de handling van de plantaardige oliën;
- vervanging van de katalysatoren van de hydrotreater;
- revamping van de hydrotreater gasbehandeling en grondstofinvoer.

Deze investeringskosten zijn vergelijkbaar met die voor een biodieselfabriek van vergelijkbare productiecapaciteit waarin oliezaden integraal tot biodiesel worden verwerkt (zie JEC, 2007).

Voor situaties waarin geen revamping plaatsvindt worden investeringen van enkele M€ genoemd (zie CE, 2008).

Implementatie van meeverwerken van plantaardige oliën in de diesel hydrotreater vergt mogelijk additionele investeringen voor de realisatie van additionele waterstof productiecapaciteit. Voor de op de Maasvlakte in aanbouw zijnde NexBtl fabriek met 800 kton productiecapaciteit bijvoorbeeld wordt de grootste waterstoffabriek van Europa gebouwd tegen een investering van M€ 160.

Een inschatting van operationele kosten van meeverwerken van plantaardige oliën in de diesel hydrotreater is niet goed te maken zonder simulatie van de effecten op de bedrijfsvoering van de totale raffinaderij met een raffinagemodel.

6.5 Knelpunten, kansen en praktijkervaringen

Technische kansen en knelpunten

Het belangrijkste technische knelpunt voor implementatieroute lijkt de hoge cloud point van de geproduceerde HVO, waardoor de hoeveelheid plantaardige olie die kan worden meeverwerkt beperkt is. De geraadpleegde experts en literatuurbronnen gaven geen relaties tussen cloud point en gebruikte plantaardige oliën en katalysatortypen. Onderzoek naar deze relaties is wenselijk.

¹⁹ http://www.chemrec.se/SunPine_producing_tall_oil_diesel.aspx



Daarnaast worden door geraadpleegde deskundigen een aantal technische risico's genoemd, die mogelijke knelpunten vormen voor implementatie:

- risico op corrosie vanwege de zuurgraad van plantaardige oliën;
- risico op oververhitting en deactivering van de katalysatoren van de hydrotreater;
- kans dat de capaciteit voor meeverwerken van plantaardige oliën wordt begrensd door beperkte gas flow capacity van de hydrotreater en beperkte warmtecapaciteit van de hydrotreater stripper.

Mogelijk biedt het door Haldor Topsoe ontwikkelde en bij PREEM's Göteborg-raffinaderij toegepaste concept voor deze potentiële risico's een oplossing.

Aan de andere kant biedt meeverwerken van plantaardige oliën de mogelijkheid voor verhoging van productiecapaciteit van hydrotreaters met een begrensde fornuiscapaciteit omdat de exotherme hydrodeoxygenatie reactie extra energie kan leveren aan de hydrotreater voeding.

Daarnaast zijn er een aantal potentiële logistieke knelpunten:

- onvoldoende ruimte op of naast de raffinaderij voor de faciliteiten voor opslag en transport van de plantaardige oliën;
- een beperkt aanbod aan waterstof.

Juridisch/beleidsmatig knelpunt

Zoals eerder aangegeven is zowel het Nederlandse beleid als ook de RED tot nu toe enkel gericht op het bijmengen van biobrandstoffen aan het eindproduct (dus biodiesel bijmengen aan gereede conventionele diesel) en biedt het geen ruimte voor alternatieve routes zoals coprocessing van biomassa in een raffinaderij. Dientengevolge zal in een raffinaderij meeverwerkte biomassa niet kunnen meetellen als bijdrage aan de RED-doelstelling.

Aangezien deze route ook zorgt voor vervanging van fossiele brandstoffen door alternatieven uit biomassa, is het aan te bevelen het beleid op termijn aan te passen om deze route ook mee te laten tellen. Dit kan de investeringen in deze route op termijn rendabel maken (NB. exacte uitspraken hierover kunnen pas worden gemaakt nadat de kosten nauwkeuriger zijn berekend).

Praktijkervaringen tot nu toe

Het bijmengen van plantaardige oliën en het gezamenlijk met conventionele diesel verwerken van de oliën in diesel hydrotreaters is gedemonstreerd bij ConocoPhillips' Whitegate refinery in Cork, Ierland, waar 55 kton/jaar aan diesel werd geproduceerd op basis van plantaardige oliën.

Er zijn daarnaast ervaringen opgedaan bij diverse raffinaderijen, onder andere door Petrobras in Brazilië, bij de BP-raffinaderij in Lingen, Duitsland en bij een raffinaderij in Australië.

Bij al deze demonstraties en testen betrof het testen met een bestaande, niet aangepaste hydrotreater.

Daarnaast wordt er sinds enkele maanden commercieel plantaardige olie meeverwerkt in de gerevampde hydrotreater van de raffinaderij van PREEM in Göteborg.



6.6 Conclusies en aanbevelingen

Zoals in bovenstaande paragrafen is aangegeven kan middels meeverwerken van plantaardige oliën in de raffinaderij een belangrijke reductie van broeikasgasemissies worden gerealiseerd ten opzichte van de referentie waarin dezelfde oliën tot biodiesel worden verwerkt. Over de keten gezien komt het maximum CO₂-reductiepotentieel uit op 122-170 kton CO₂/jaar in 2020, al is het daadwerkelijk realiseerbare potentieel waarschijnlijk lager.

Ook zou vervangen van conventionele straight run diesel door HVO een reductie van CO₂-emissies bij de raffinaderij zelf geven. Wanneer de plantaardige oliën additioneel wordt verwerkt - wordt meeverwerkt zonder dat de hoeveelheid straight run diesel verandert - zullen de emissies van de raffinaderij juist toenemen.

Het meeverwerken 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.

Gezien de voordelen die deze route biedt ten opzichte van alternatieve routes bevelen wij aan

- de mogelijkheden om deze route te implementeren bij de Nederlandse raffinaderijen verder te onderzoeken middels een technisch-economische studie bij de raffinaderijen zelf, en, indien de uitkomsten positief zijn, een proefproject.
- de hier gegeven inschattingen van de effecten van meeverwerken op de bedrijfsvoering, energiegebruiken en broeikasgasemissies te toetsen, en in meer detail te berekenen.
- ervaringen met implementatie van deze route bij raffinaderijen in het buitenland in meer detail te inventariseren - bijvoorbeeld middels studiereizen naar raffinaderijen zoals de PREEM-raffinaderij in Göteborg.
- beleidsmatige knelpunten zoals het niet meetellen van de geproduceerde HVO voor de Nederlandse en RED-doelstelling op te heffen.

Daarnaast is aan te bevelen om na te gaan in hoeverre vanuit het beleid een ombuiging van de huidige productie van biodiesel naar deze route wenselijk is en zou kunnen worden gestimuleerd.



7 Levering restwarmte en CO₂

7.1 Introductie

In dit hoofdstuk staan twee opties centraal: levering van restwarmte van de raffinaderijen aan de glastuinbouw en gebouwde omgeving en levering van CO₂ aan de glastuinbouw. Beide opties worden al toegepast bij raffinaderijen in het buitenland (warmte) of in Nederland (CO₂) en hebben een aanzienlijk potentieel tot energiebesparing en CO₂-reductie.

7.2 Warmtelevering aan glastuinbouw en gebouwde omgeving

7.2.1 Beschikbare warmte en warmtevraag

In 2002 is door CE Delft in kaart gebracht wat in de regio Rijnmond mogelijkheden zijn voor de benutting van restwarmte. Hiervoor zijn allereerst de industriële aanbieders en mogelijke afnemers in kaart gebracht. Hier zullen we ons beperken tot de opties die betrekking hebben op de raffinaderijen.

Tabel 13 Restwarmte beschikbaar voor export bij raffinaderijen

	BP-raffinaderij		Shell Pernis	
	MW	PJ/jr *1	MW	PJ/jr
Stoom HD/MD/LD	190	5,5	0	0,0
Stoom ZLD	139	4,0	56	1,6
Heet water	608	17,5	196	5,6

*1 Er is uitgegaan van een bedrijfstijd van 8.000 uur.

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. In Tabel 14 is een overzicht gegeven van deze warmteopties met de huidige status daarbij.

Tabel 14 Warmteopties

Aanbieder	Vrager	Status
BP	Westland; 2.350 ha glastuinbouw	Geen haalbaarheidsonderzoek
BP	Tinte/Vierpolders; 200 ha glastuinbouw	Haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd. Niet gerealiseerd
Shell	B-Driehoek: 1.100 ha glastuinbouw 3.800 m ² utiliteit	Deels ingevuld met restwarmte vanuit RoCa-III i.c.m. CO ₂ -levering
Shell	Hoogvliet: 5.000 woningen 100.000 m ² utiliteit	Wordt ingevuld met restwarmte uit centrales E.ON en, op termijn, AVR Rozenburg
Shell	Invoeding in stadswarmtenet: 50.000 woningen (incl. Hoogvliet)	Wordt ingevuld met restwarmte uit centrale E.ON en, op termijn, AVR Rozenburg
Shell	Vlaardingen/Schiedam: 6.500 woningen 4.500 m ² utiliteit	Haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd. Niet gerealiseerd

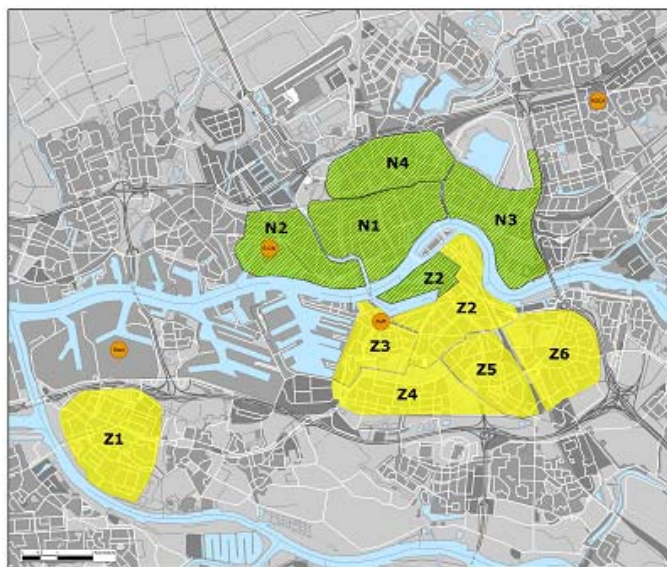
Bron: CE, 2002.



Warmteopties die reeds ingevuld zijn

Zoals uit Tabel 14 blijkt wordt een aantal opties reeds ingevuld vanuit de centrales van E.ON (de RoCa-III en de Galileistraat) en, op termijn, de afvalverbrandingsinstallatie van AVR Rozenburg. Dit komt voort het besluit van het College van de gemeente Rotterdam om de warmte van de AVR Rozenburg te ontkoppelen en daarmee een doorstart van het warmtebedrijf te realiseren (RCI, 2010). Op het moment dat de AVR Rozenburg ontkoppeld wordt (naar verwachting in 2012) zal de Galileistraat waarschijnlijk uit bedrijf gaan. Deze elektriciteitscentrale is verouderd. Aangezien deze centrales ook warmte leveren aan bestaande stadsverwarmingssystemen, werd sluiting pas als een optie gezien wanneer voor die warmtelevering een oplossing gevonden was. Dit laatste is gebeurd door de ontkoppeling van de AVR Rozenburg. In Figuur 8 staat een overzichtskaart weergegeven van de gebieden waaraan het warmtebedrijf in 2020 warmte zal leveren (CE, 2010).

Figuur 18 Overzichtskaart van de warmteleveringsgebieden



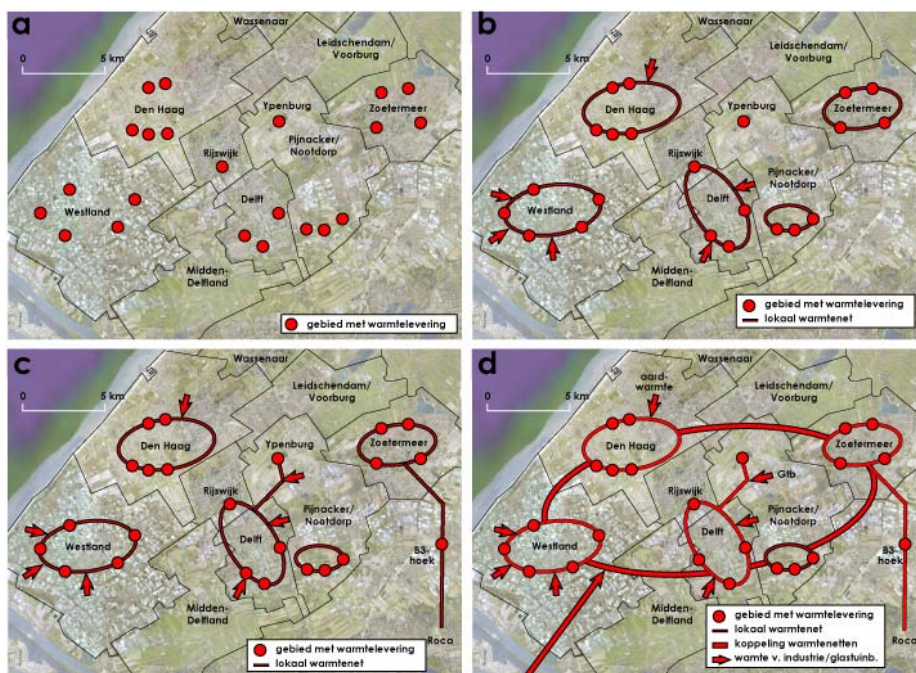
Naast de doorstart van het warmtebedrijf, en daarmee de continuering/realisatie van restwarmtelevering in Rotterdam-Noord, Rotterdam-Zuid en Hoogvliet, is inmiddels ook een deel van de restwarmtelevering naar de B-driehoek gerealiseerd.

Deze restwarmte is afkomstig van de E.ON RoCa-III elektriciteitscentrale en wordt in combinatie met CO₂ aan +/-140 tuinders (310 ha) in de B-driehoek geleverd.

7.2.2 Verderegaande opties

Daarnaast kan het potentieel benut worden door de invoeding van een collectief warmtenet in Stadsgebied Haaglanden dat reeds in ontwikkeling is, zie Figuur 19, fase b.

Figuur 19 Ontwikkeling van een collectief warmtenet in Stadsgewest Haaglanden



Door uiteindelijk (op langere termijn) alle losse warmtenetten aan elkaar te koppelen en daarbij ook het Westland en de B-driehoek te ontsluiten kan er een groot warmtenet ontstaan dat verbonden wordt met industriële warmtebronnen (uit de raffinagesector) en geothermiebronnen (zie afbeelding d). Deze laatste stap kan in belangrijke mate bijdragen aan de verduurzaming en de leveringszekerheid van het net.

De CO₂-reductie bij realisatie van fase d ligt tussen de 150 en 200 kton in 2030. In de praktijk kunnen de reducties hoger uitvallen aangezien de warmtevraag van Delft en de glastuinbouw niet zijn meegenomen in deze berekening (CE, 2008)

7.2.3 Raming besparingspotentieel

Hoewel er reeds een aantal warmteopties is ingevuld vanuit andere bronnen is er nog steeds potentieel voor restwarmtelevering vanuit de raffinaderijen, met name in het Westland en de B-Driehoek. In Tabel 15 is het CO₂-reductiepotentieel van de opties die nog niet, of deels zijn ingevuld weergegeven (CE, 2002). Duidelijk is dat het in totaal gaat om een aanzienlijk potentieel aan warmtelevering, met een aanzienlijke reductie van CO₂-emissies. Het potentieel ligt vooral bij levering aan de glastuinbouw, omdat hier de warmtevraag het grootst is.

Tabel 15 CO₂-reductie niet gerealiseerde warmteopties

Aanbieder	Vrager	Warmteaanbod (PJ/jr)	Warmtevraag (PJ/jr)	CO ₂ -reductie (kton/jr)
BP	Westland	17,5	5,8	263
BP	Tinte/Vierpolders	17,5	2,0	91
Shell	Vlaardingen/Schiedam	5,6	0,3	13
Shell	B-driehoek (overig tuinb.)	5,6	12	528
Totaal		17,5	19	900

Bron: CE, 2002.



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.

7.3 Nieuwe inzichten. Interviews

Om de bovenstaande theoretische ramingen en inschattingen te toetsen aan de praktijk en de mogelijkheden en knelpunten verder in kaart te brengen, is in het kader van deze studie met een grote groep betrokkenen en deskundigen gesproken. De namen van de geïnterviewden zijn opgenomen in Bijlage A.

7.3.1 Ontwikkelingen in warmtevraag

De gemeente Rotterdam voorziet een verdere groei in de vraag naar restwarmte. Bij komende renovatie en nieuwbouwprojecten zal jaarlijks een substantieel aantal gebouwen worden aangesloten. Er bestaat een aansluitplicht (opgenomen in de bouwverordening). Daarnaast lijken zich nieuwe typen afnemers aan te dienen voor warmtelevering. Op lange termijn richt het vizier zich op uitbouw van het warmtenet richting stedelijk gebied van Delft en Den Haag. Ook in de glastuinbouw wordt een groot potentieel voorzien voor warmtelevering. Reeds geruime tijd wordt warmte geleverd vanuit de RoCa-III-centrale aan de glastuinbouw in de B-driehoek. Er zijn echter signalen dat deze op termijn wordt afgebouwd.

Ten aanzien van de ontwikkeling van de warmtevraag vanuit de glastuinbouw bestaan echter wel wat onzekerheden:

- de warmtevraag vanuit de glastuinbouw zal waarschijnlijk afnemen, door toepassing van energiezuinige kassen;
- in de afgelopen jaren is in de glastuinbouw een groot aantal WKK-installaties geplaatst, die in de bestaande warmtevraag voorzien;
- alternatieven voor op warmtelevering vanuit geothermie en warmte/koudeopslag;

De sector is zeer kritisch op kosten; warmtelevering is alleen kansrijk als het concurrerend is ten opzichte van alternatieven. Levering van warmte vanuit industriële bronnen, zoals raffinaderijen, scoort vanuit een oogpunt van energiebenutting doorgaans beter dan levering vanuit elektriciteitscentrales. Bij de laatste leidt de levering van warmte tot verlies aan elektrisch rendement.

7.3.2 Ontwikkelingen bij raffinaderijen

In 2004/2005 heeft de raffinaderij van Shell een gedetailleerd haalbaarheids-onderzoek uitgevoerd naar warmtelevering aan het Warmtebedrijf Rotterdam. Hierbij zou vanuit twee crude-destillers 2*25 MW_{th} warmte geleverd worden. Uitgangspunt was daarbij dat Shell de primaire bron van geleverde warmte zou zijn en dat de back-up voorzieningen voor continuïteit van de warmtelevering op het terrein van Shell zouden worden geplaatst. Uit de gevoerde gesprekken volgt dat de berekende kosten voor afkoppeling van warmte dusdanig hoog waren, dat dit uiteindelijk niet haalbaar werd bevonden. Enkele achterliggende factoren voor de hoge kosten waren het retrofit-karakter van veel investeringen (installaties moesten gerealiseerd worden op en tussen bestaande installaties), de noodzaak voor back-up voorzieningen voor het warmtebedrijf op de locatie en de in 2004/2005 sterk gestegen materiaalprijzen van metalen en onderdelen. Een andere factor was de leeftijd van de betreffende installaties: deze dateren uit de jaren '60.

In het interview met het RCI is een inschatting gegeven van een bij de Shell raffinaderij leverbaar potentieel van ca 80-120 MW_{th} op een



temperatuurniveau van 120-140 °C (RCI, 2010). Met 100 MWth kunnen ongeveer 40.000 wooneenheden aangesloten worden en kan 100 kton reductie van CO₂-emissies gerealiseerd worden. Een onduidelijk punt is de hoeveelheid beschikbare warmte bij de Esso raffinaderij.

Bij BP is levering van warmte en CO₂ aan de glastuinbouw in Tinte/Vierpolders onderzocht, maar bleken er uiteindelijk betere opties voorhanden om de warmte binnen het bedrijf zelf te benutten.

Ook Total Raffinaderij Nederland, gelegen in Vlissingen-Oost, heeft de mogelijkheden voor benutting van warmte en CO₂ buiten de raffinaderij recent onderzocht. Gebrek aan potentiële afnemers in de buurt is echter een grote praktische belemmering, waardoor dit een dure optie is met de nodige praktische bezwaren. Er wordt nog wel gedacht aan evt. gebruik van warmte en CO₂ voor algenteelt op of in de buurt van de raffinaderij. Verder wordt ook gekeken naar verhuizing van glastuinbouw naar Vlissingen-Oost.

- 7.3.3 Doorstart warmtebedrijf Rotterdam. Levering vanuit AVR Rozenburg**
- Medio 2010 hebben de gemeente Rotterdam, E.ON en andere betrokken partijen besloten tot een nieuwe fase in het warmtebedrijf. Hierbij zal warmte van AVR Rozenburg worden ontkoppeld en via een leiding door het havengebied worden gekoppeld aan het bestaande warmtenet. Dit is geborgd voor een periode van 30 jaren. Vanuit het perspectief van het warmtebedrijf is aansluiting van raffinaderijen gewenst. Dit vergroot de flexibiliteit van het warmtenet en verhoogd de hoeveelheid potentieel te leveren warmte. Daarmee kan het warmtenet optimaal inspelen op de te verwachten toekomstige vraag. De nieuwe fase van het warmtebedrijf levert een nieuwe situatie op voor mogelijke aankoppeling van warmte van raffinaderijen:
- Met de aansluiting van AVR wordt het warmtenet gevoed vanuit drie bronnen: AVR (Van Gansewinkel), RoCa-III en Galileistraat (beide E.ON). Langdurige continuïteit is hiermee verzekerd. Dit biedt ruimte voor flexibiliteit voor nieuwe bronnen die aansluiten, zoals bijv. raffinaderijen. Dit neemt mogelijk belangrijke belemmeringen weg.
 - De geplande leiding zal langs de raffinaderijen van Shell en van Esso lopen. Kosten voor aansluiting op de leidingsystemen zullen daarmee relatief beperkt zijn.

- 7.3.4 Warmtelevering in het EU ETS**
- In het EU ETS (het Europese handelssysteem voor CO₂) zouden leveranciers van warmte aan stadsverwarming de bijbehorende CO₂-rechten gratis kunnen krijgen toebedeeld. Dit zou een belangrijke financiële stimulans kunnen vormen voor warmtelevering. De laatste voorstellen voor het EU ETS (post 2013) voorzien hierin (art. 4.7)²⁰ (UBA Austria, 2010).

7.4 Warmtelevering vanuit raffinaderijen in Göteborg en Karlsruhe

Op diverse andere locaties in Europa leveren raffinaderijen aan warmtenetten. In Göteborg bestaat een uitgebreid warmtenet, waaraan sinds 1979 raffinaderijen (eerst Shell, later PREEM) zijn aangekoppeld. De hoeveelheden geleverde warmte zijn hier zodanig dat 's winters de koeling van de raffinaderij vrijwel volledig plaatsvindt met retourwater van het warmtenet.

²⁰ Volgens dit artikel zullen producenten van warmte die extern bij niet EU ETS-bedrijven wordt afgezet vrije rechten toegekend krijgen.



Figuur 20 De Shell-raffinaderij in Göteborg



Een andere ontwikkeling is in Karlsruhe waar een warmtenet in ontwikkeling is met de MiRO-raffinaderij, een kolencentrale en diverse WKK-eenheden. De olieraffinaderij MiRO in de Rijnhaven van Karlsruhe is Duitslands grootste raffinaderij (Warmtenetwerk, 2010). De raffinaderij zal vanaf 2012 warmte leveren aan de stadsverwarming van Karlsruhe. Daarvoor plaatst het bedrijf twaalf warmtewisselaars en wordt een 5 km lange transportleiding aangelegd naar de stad. De totale investering bedraagt M€ 25 en levert een vermindering van de uitstoot van het broeikasgas CO₂ op van 30 kton per jaar. De warmte komt vrij op verschillende plekken in het raffinaderijproces en op temperaturen die uiteenlopen van 80 tot 360 °C. In totaal gaat het om een vermogen van ruim 40 MW. Een volgende stap is om het warmtevermogen te verdubbelen tot 80 MW, waarvoor een aanvullende investering van M€ 15 is voorzien.

Figuur 21 Aanleg warmteleidingen voor warmte van de MiRO-raffinaderij in Karlsruhe



Met vier stakeholders in Göteborg (Göteborg Energi AB, Shell Göteborg, Swedish Petroleum Institute en Swedish EPA) zijn telefonische interviews afgenomen. Hierin zijn de ervaringen met het warmtenet in kaart gebracht, zowel vanuit het perspectief van de raffinaderijen en de beheerder van het warmtenet. Bijlage C geeft een geaggregeerd overzicht van de bevindingen.

Op grond van de interviews concludeert CE Delft dat:

- alle betrokken partijen positief zijn over warmtelevering; het wordt ervaren als een win-winsituatie;
- het technologisch om relatief eenvoudige installaties gaat, partijen geven aan dat het geen hightech is;
- de warmtelevering de flexibiliteit van de operaties niet beïnvloedt, de warmte wordt als restproduct afgeleverd;
- de warmtelevering vanuit de raffinaderijen resulteert in een reductie van CO₂-emissies met 190 kton CO₂;
- meerdere partijen aangeven dat contracten de cruciale factor zijn: de contracten moeten zodanig zijn opgesteld dat levering van warmte aantrekkelijk is en er daarmee een incentive is om zoveel mogelijk warmte te leveren;
- partijen in Göteborg aangeven dat de start van het warmtenet, met de initiële investeringen de belangrijkste horde is. Is deze eenmaal genomen, dan rolt het net vrij gemakkelijk verder uit;
- er bij de partijen in Göteborg een duidelijke bereidheid is om verdere ervaringen te delen.

7.5 CO₂-levering aan glastuinbouw

7.5.1 OCAP en E.ON

Door CO₂-levering wordt niet alleen CO₂-reductie gerealiseerd maar kan er ook bespaard worden op het aardgasverbruik hetgeen de energie-efficiency van de tuinder ten goede komt. CO₂-levering aan de glastuinbouw wordt inmiddels gerealiseerd door E.ON en OCAP.

E.ON levert CO₂ (in combinatie met warmte) die afkomstig is van de RoCa-III-centrale aan 140 tuinders in de B-driehoek.

Daarnaast is er het samenwerkingsverband OCAP (Volker Wessels Stevin, Syens Energy en Linde Gas HoekLoos). OCAP maakt gebruik van een oude NPM-pijpleiding die in de jaren '60 van Rotterdam naar Amsterdam is gelegd. Als er geen behoefte aan CO₂ is, wordt de leiding tot een druk van 30 bar volgepompt. Tuinders in het Westland en in de B-driehoek die op de leiding aangesloten zijn kunnen dan overdag CO₂ aftappen. De leiding zelf voorziet hierbij ook als CO₂-buffer. Zonder CO₂-levering wordt de CO₂ vaak door ketels in combinatie met een warmtebuffer in de kas geleverd. Helaas kan de warmtebuffer in de zomer vaak niet zijn warmte kwijt, waardoor de tuinders een keuze moeten maken tussen warmte vernietigen of minder CO₂ doseren. Door extern CO₂ af te nemen kan de warmtevernietiging worden beperkt en bovendien zorgt de extra CO₂ voor een groeiversnelling. De tuinders kunnen daardoor minimaal 15% in hun aardgasverbruik reduceren en tegelijkertijd meer productie halen, tot zelfs 10% extra ten opzichte van de huidige situatie (ECN, 2006). De gerealiseerde projecten met betrekking tot CO₂-levering zijn weergegeven in Tabel 16.



Tabel 16 Gerealiseerde CO₂-levering projecten

	Producent	Leverancier	Afneemers
OCAP	Shell, Abengoa	OCAP	Westland B-driehoek Delfgauw-Pijnacker (1.700 ha)
B-driehoek	E.ON RoCa-III	E.ON EnergieTotaal	B-driehoek (310 ha)

Volgens de site van OCAP (OCAP, 2010) is de vraag naar CO₂ inmiddels groter dan OCAP kan leveren. Daarnaast zorgen problemen bij de huidige bron, de Shell-fabriek in Pernis, regelmatig voor leveringsproblemen. OCAP is dan ook op zoek naar aanvullende bronnen.

OCAP heeft plannen om ook CO₂ te gaan leveren aan tuinders in de Zuidplaspolder en het glastuinbouwgebied PrimAviera (zie Figuur 3). Inmiddels wordt ook CO₂ geleverd door Abengoa, een fabrikant van bio-ethanol (RCI, 2010c).

7.5.2 Technisch besparingspotentieel

Op dit moment levert OCAP aan 1.700 ha ongeveer 0,4 Mton CO₂. Dit resulteert in een gasreductie van 95 miljoen m³ aardgas waarmee een CO₂-reductie van 230 kton gerealiseerd wordt. Volgens OCAP is het maximale leveringspotentieel ongeveer 1,0 Mton CO₂ (ongeveer 5.000 ha). Dit zou ongeveer 325 miljoen m³ aardgasreductie en 575 kton CO₂-reductie opleveren. Bovenstaande is samengevat in Tabel 17.

Tabel 17 Gerealiseerde energie- en CO₂-reductie en potentieel

	Tuinders (ha)	CO ₂ -levering (Mton)	Aardgasreductie		CO ₂ -reductie (kton/jr)
			(miljoen m ³)	(PJ)	
OCAP Shell	1.700	0,4	130	4,1	230
OCAP Abengoa		0,08	25	0,8	45
OCAP totaal potentieel	5.000	1,0	325	10,3	575

7.5.3 Kosten

De huidige levering van CO₂ aan de glastuinbouw is rendabel. Als eerste inschatting is aangenomen dat dit ook geldt voor uitbouw van de levering.



Figuur 22 Ontwikkeling van de CO₂-levering vanuit OCAP



CO₂-opslag

OCAP heeft in samenwerking met Shell een voorstel gedaan om CO₂ op te slaan in twee lege aardgasvelden onder Barendrecht. Aangezien CO₂-opslag echter geen energie-efficiency realiseert is deze optie in deze studie niet verder uitgewerkt.

7.5.4 Praktijkervaringen, kansen en knelpunten

Ook voor deze optie is met een aantal betrokkenen en deskundigen gesproken (zie Bijlage A).

In de glastuinbouw bestaat een grote vraag naar CO₂ (groeibevorderaar voor gewassen). Deze vraag zal naar verwachting eerder groter dan kleiner worden. Dit komt onder andere door de ontwikkeling naar gesloten kassen waarbij de warmte steeds meer betrokken wordt uit duurzame bronnen en externe CO₂-levering cruciaal wordt.

Vraagontwikkeling

Momenteel wordt voor een belangrijk deel in de CO₂-vraag voorzien via WKK-installaties met rookgasreiniging. Marktcondities voor WKK lijken echter te verslechteren (hogere gasprijzen, lagere elektriciteitsprijzen). Daar tegenover staat dat door de nieuwe NO_x-emissiewetgeving (BEMS) de rookgassen afkomstig uit WKK installaties zuiverder worden en daardoor ook geschikt voor eigen interne levering bij bedrijven die eerst nog gebruik maakten van externe levering. Bij de ontwikkeling van WKK's speelt het ETS-systeem nog een belangrijke rol. De veiling van emissierechten pakt mogelijk gunstig uit voor WKK's bij tuinders die net onder de ETS-grens blijven (20 MW). Dit zou de warmte- en CO₂-levering aan tuinders in gevaar kunnen brengen omdat WKK dan gunstiger wordt en de tuinders in hun eigen warmte- en

CO₂-behoefte kunnen blijven voorzien. Op dit moment vallen er +/- 60 tuinders onder het ETS.

Ontwikkelingen voor CO₂-levering

Vanuit de RoCa-III centrale wordt CO₂ geleverd aan de B-driehoek. De vraag naar CO₂ spoort echter slecht met het flexibele karakter van de centrale. Hierdoor en door andere marktontwikkelingen is de businesscase voor E.ON voor CO₂- en warmtelevering aan de B-driehoek in de loop der tijd ongunstiger geworden.

Ocap levert CO₂ aan de glastuinbouw in het Westland. Deze is afkomstig van de waterstoffabriek van Shell. Het huidige aanbod bedraagt ca. 300 kton/jaar. De vraag is voldoende voor levering van ca. 1 Mton/jaar. De tuinders ervaren de flexibiliteit, kosten en goede kwaliteit als positief. Een kritieke factor blijkt de continuïteit. De huidige levering blijkt kwetsbaar: als de waterstoffabriek uitvalt, stopt de vraag. In dit verband is aansluiting van meerdere CO₂-bronnen op het net sterk gewenst. Dat biedt tevens kansen voor verdere uitbouw van de CO₂-levering. De eerdergenoemde uitbouw met levering van Abengoa sluit hierop aan. Voor verdere uitbouw van de CO₂-levering en verhoging van continuïteit van levering is verdere verbreding gewenst. Belangrijke opties hiervoor zijn de twee nieuwe waterstoffabrieken die in Rijnmond in aanbouw zijn: Air Products (gekoppeld aan Esso) en Air Liquide (gekoppeld aan Neste, maar ook leverantie aan raffinaderijen voorzien). Totaal zal hierbij ca. 1 Mton CO₂ vrijkomen. Dit biedt perspectief op het realiseren van het eerder aangegeven potentieel aan CO₂-emissiereducties van ca. 350 kton.

7.5.5 Toedeling Emissierechten in het EU ETS

Een aandachtspunt is de toedeling van de CO₂-emissierechten. Op dit moment wordt de hoeveelheid CO₂ die EU ETS-bedrijven leveren aan de tuinbouw niet in mindering gebracht op hun CO₂-emissies (en daarmee op de hoeveelheid benodigde rechten). Dit geldt ook voor de voorstellen voor het nieuwe EU ETS (UBA Austria, 2010). De levering van CO₂ levert leveranciers binnen het EU ETS dus geen financieel voordeel op.

De regeling voor CO₂-levering aan de glastuinbouw wijkt hiermee af van die voor CO₂-opslag: CO₂ die opgeslagen wordt door middel van CCS, wordt wel in mindering gebracht op de CO₂-emissie van de producent.

7.6 Conclusies en aanbevelingen: Warmte- en CO₂-levering

Er lijkt een duidelijk potentieel aanwezig voor CO₂-reductie, zowel voor levering van warmte als voor CO₂. Voor CO₂-levering lijkt dit het grootst.

Warmtelevering

In 2005 is de haalbaarheid van warmtelevering vanuit de raffinaderij van Shell Pernis onderzocht. Hierbij zou de levering van warmte primair vanuit de raffinaderij plaatsvinden, inclusief voorzieningen voor back-up. Dit bleek toen niet haalbaar. Inmiddels is er sprake van een nieuwe opzet van het warmtebedrijf, waarbij de levering wordt gegarandeerd vanuit de AVR. Dit biedt nieuwe mogelijkheden voor aansluiting van raffinaderijen, en meer zekerheid dat de warmtelevering de flexibiliteit van de operaties van de raffinaderij niet negatief beïnvloedt. Een tweede factor is dat de hoofdtransportleiding voor warmte vlak langs de raffinaderijen van Shell en Esso komt te lopen.

Aansluiting van raffinaderijen is vanuit het perspectief van het Warmtebedrijf wenselijk, omdat het de capaciteit van het substantieel net zou vergroten,



waardoor aan meer locaties warmte geleverd kan worden. De gemeente Rotterdam voorziet een verdere groei naar warmte in de gebouwde omgeving en mogelijk ook glastuinbouw en extra warmtebronnen zouden hierin kunnen voorzien.

Tevens geldt dat warmtelevering uit raffinaderijen doorgaans energie-efficiënter zal zijn dan levering vanuit elektriciteitscentrales. Bij de laatste leidt de levering van warmte tot verlies aan elektrisch rendement. Tot slot geldt dat bedrijven in het nieuwe EU ETS waarschijnlijk gratis rechten zullen krijgen voor warmte geleverd aan stadsverwarmingsnetten. Hiermee krijgt warmte een positieve financiële waarde.

Voor de hoeveelheid te leveren warmte bestaan uiteenlopende ramingen. De haalbaarheidsstudie van Shell uit 2004/2005 richtte zich op levering van ca. 50 MW_{th}. Hiermee zou een CO₂-reductie van ca. 50 kton gerealiseerd zou kunnen worden. Het RCI geeft als indicatie een hoeveelheid beschikbare warmte van ca. 100 MW_{th}, waarmee een CO₂-reductie in de orde van ca. 100 kton gerealiseerd kunnen worden (RCI, 2010b). Uit de CE Delft-studie van 2002 volgt een aanzienlijk groter technisch potentieel voor warmtelevering vanuit de raffinaderijen, in de orde van ca. 800 MW_{th} (23 PJ). Hiermee is een potentiële CO₂-reductie van 900 kton haalbaar. Deze warmte zou volgens dit onderzoek vooral afgezet kunnen worden in de glastuinbouw. Hierbij geldt wel dat warmtelevering aan de glastuinbouw met aanzienlijk meer onzekerheden omgeven is dan warmtelevering in de gebouwde omgeving: onder meer geldt dat de warmtevraag vanuit de glastuinbouw waarschijnlijk zal afnemen, door toepassing van energiezuinige kassen, en alternatieve warmtebronnen als WKK, geothermie en warmte/koudeopslag. Bovendien is de sector zeer kritisch op kosten.

Gedetailleerder onderzoek is nodig om vast te stellen in hoeverre in de nieuwe configuratie van het warmtebedrijf Rotterdam warmtelevering vanuit de raffinaderijen technisch en financieel haalbaar is.

Als eerste, indicatieve inschatting houden we aan dat de onderste waarde het rendabel potentieel presenteert, de bovenste waarde het maximale technische potentieel.

Tabel 18 Besparingspotentieel warmtelevering

Scenario	Omvang levering warmte uit raffinaderijen		
	50 MW _{th} (2*25 MW _{th} , destillatie-units Shell)	100 MW _{th} (Shell)	CE, 2002 (Shell en BP)
Energiebesparing (PJp)	1	2	Ca. 19
CO ₂ -reductie (kton)	50	100	900

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. Het aanvullend potentieel ligt op ca. 350 kton CO₂-emissiereductie.



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 kunnen leiden dat de CO₂-vraag bij tuinders weer afneemt.

Op dit moment is levering vanuit de bio-ethanol fabriek van Abengoa voorzien. Belangrijke andere 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 vraagtekens ten aanzien van de vraag in hoeverre de geproduceerde CO₂ geschikt zou zijn voor levering van CO₂ aan de glastuinbouw. Dit biedt perspectief op CO₂-reducties bij de glastuinbouw van ca. 350 kton CO₂/jaar.

Specifiek onderzoek bij de twee nieuwe waterstoffabrieken is nodig om vast te stellen in hoeverre de CO₂-levering hiervandaan technisch en financieel haalbaar is. Als eerste, indicatieve inschatting houden we aan dat deze CO₂-levering rendabel is.

Tabel 19 Besparingspotentieel warmte- en CO₂-levering

	Huidige situatie		Potentieel
	OCAP	Abengoa	
Omvang levering	0,4	0,08	Ca. 0,6
CO ₂ -reductie bij tuinders (indicatie)	0,2	0,04	0,3

Aanbevelingen:

1. Haalbaarheidsstudie naar CO₂-levering vanuit waterstoffabrieken Air Liquide en Air Products aan glastuinbouw

De twee in aanbouw zijnde waterstoffabrieken, Air Liquide en Air Products, bieden een belangrijke optie om tot uitbouw en versterking van CO₂-levering aan de glastuinbouw te komen. Momenteel wordt al CO₂ geleverd vanuit de waterstoffabriek van Shell, met een grote netto CO₂-emissiereductie. De levering vanuit een partij brengt risico's met zich mee in het garanderen en kan leiden tot een verlies aan flexibiliteit.

Uitbouw van levering met de nieuwe waterstoffabrieken kan de stabiliteit en flexibiliteit versterken. Bovendien kan het voldoen aan de aanzienlijke vraag naar meer CO₂-levering vanuit de glastuinbouw. Het potentieel ligt op netto ca. 350 kton CO₂-reductie. Op dit moment is CO₂-levering vanuit de twee nieuwe fabrieken nog niet voorzien. Een technisch aandachtspunt is dat deze fabrieken zijn gebaseerd op inzet van lucht en niet op zuivere zuurstof. Daardoor bevatten de afgassen stikstof en stikstofoxiden, en zal een stap nodig zijn om de CO₂ af te scheiden.

Het verdient aanbeveling om kosten en baten van CO₂-levering vanuit de twee nieuwe waterstoffabrieken in beeld te brengen. Gelet op de potentiële omvang is dit ook van groot belang voor het realiseren van de RCI-doelstellingen.

Actie: VNPI-leden, RCI, Air Products, Air Liquide, OCAP, Agentschap NL.



2. Financieel waarden van CO₂-levering aan glastuinbouw

CO₂-levering aan de glastuinbouw leidt binnen het EU ETS (en de uitvoering daarvan door de NEA) niet tot een vermindering van de geregistreerde CO₂-emissies van de producent/leverancier. Dit is ook het geval in recente voorstellen voor aanpassing van het EU ETS. Het gegeven dat de CO₂-levering feitelijk tot vermindering van de emissies bij de tuinder kan leiden, wordt hiermee dus niet financieel beloond. Hiermee ontbreekt een belangrijke prikkel om tot CO₂-levering te komen. Het verdient aanbeveling te onderzoeken of er mogelijkheden zijn het voorgestelde toedelingsysteem aan te passen, zodanig dat de feitelijk gerealiseerde CO₂-emissiereducties in de glastuinbouw ook financieel in elk geval ten dele ten bate komen aan de CO₂-leveranciers, zoals de raffinaderijen en waterstoffabrieken. Dit kan een belangrijke factor zijn om de huidige CO₂-levering te versterken en deze verder uit te bouwen.

Voor warmtelevering is in recente voorstellen wél opgenomen dat hiervoor gratis rechten beschikbaar worden gesteld. Dit kan een belangrijke additionele prikkel vormen voor warmtelevering.

Actie: Rijksoverheid, Nederlandse Emissie Autoriteit.

3. Hernieuwd onderzoek naar haalbaarheid warmtelevering aan Warmtenet Rotterdam

In 2004/2005 is de haalbaarheid onderzocht van warmtelevering vanuit de Shell-raffinaderij. Deze bleek toen niet haalbaar. Sindsdien zijn condities en inzichten van het Warmtebedrijf en andere betrokken partijen duidelijk veranderd, doordat AVR Rozenburg langjarig garant zal staan voor de levering van warmte. Gevolg hiervan is dat eventueel aangesloten raffinaderijen niet hoeven te garanderen dat de warmte geleverd wordt en flexibel warmte kunnen leveren, afhankelijk van de eigen beschikbaarheid. Een tweede factor is dat de warmteleiding van de AVR naar de stad op korte afstand van de raffinaderijen van Shell en Esso komt te lopen.

Aansluiting van een of meerdere raffinaderijen op het warmtenet Rotterdam, versterkt de flexibiliteit van het warmtenet en biedt een basis voor verdere groei van warmtelevering aan het stedelijk gebied. Het potentieel ligt in de orde grootte van enkele tientallen ktons CO₂. Daarnaast zijn er mogelijk ook kansen voor levering aan de glastuinbouw. In dat geval zijn verdere substantiële CO₂-reducties mogelijk, in de orde van enkele honderden ktons CO₂.

Het verdient aanbeveling om binnen deze vernieuwde situatie opnieuw de haalbaarheid van warmtelevering te onderzoeken. Daarin onder andere betrekken: investeringskosten, leeftijd van procesinstallaties, potentiële baten van warmtelevering, potentiële groei warmtevraag en potentiële CO₂-reducties.

Actie: VNPI-leden, RCI, Warmtebedrijf Rotterdam.

4. Ervaringen uitwisselen met partijen in Göteborg (studiereis)

In Göteborg hebben raffinaderijen en overheden positieve ervaringen met warmtelevering. Een belangrijk punt uit de gesprekken is de aard van het contract: warmtelevering moet duidelijk beloond worden, zodat deze reststroom een duidelijke waarde krijgt.

Het verdient aanbeveling om met bedrijven en overheden een studiereis uit te voeren naar Göteborg en daar te praten met raffinaderijen (Shell, PREEM, Swedish Refinery Institute) en het warmtebedrijf Göteborg Energi AB. De partijen in Göteborg staan er voor open om hun ervaringen te delen.

Actie: VNPI, RCI, Rijksoverheid, Agentschap NL.





8 Conclusies en resultaten

8.1 De belangrijkste conclusies

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat er interessante energiebesparingsopties lijken te bestaan in elk van de in deze studie onderzochte ketenstappen. De opties die ook in absolute termen, over de gehele keten bezien een significant technisch energiebesparingspotentieel hebben, zijn de volgende:

- 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 (plantaardige oliën) als feedstock voor de raffinaderijen (2.600 TJ/jr).

Als het volledige technisch besparingspotentieel van deze drie opties zou kunnen worden verzilverd zou dit bijna 32.000 TJ energie kunnen besparen, dat is ca. 17% van het energiegebruik van de petroleumketen in Nederland (excl. eindgebruiker van de producten). In de praktijk zal een deel van deze maatregelen overigens niet rendabel zijn, en vanwege te hoge kosten of andere belemmeringen niet kunnen worden geïmplementeerd. Dit is derhalve de absolute bovengrens van wat de sector in de hier onderzochte ketenstappen zou kunnen besparen.

Daarnaast zou een deel van de besparingsopties in de overige ketenstappen, zoals bij op- en overslag van de ruwe olie en de eindproducten, distributie van de brandstoffen, etc. vanuit kosteneffectiviteit ook rendabel kunnen zijn. Ten opzichte van het totale energiegebruik van de sector zijn deze besparingen beperkt, in totaal maximaal ca. 2% van het energiegebruik in de keten. Ze zijn in deze studie dan ook niet verder uitgewerkt. Desalniettemin lijkt een aantal van deze besparingsopties aantrekkelijk, zowel vanwege mogelijke kostenbesparingen als ook omdat ze het energiegebruik van de individuele stappen kunnen verminderen.

De hierboven genoemde 'Top-3 besparingsopties' zijn in meer detail onderzocht, waarbij vooral aandacht is besteed aan de praktische en technische haalbaarheid en het in kaart brengen van de huidige stand van zaken van de ontwikkelingen. Op basis van interviews met betrokkenen en praktijkervaringen met deze maatregelen in het buitenland is een lijst met aanbevelingen opgesteld om deze opties verder uit te werken en te implementeren. Deze zijn te vinden in het volgende hoofdstuk.

Besparingen met betrekking tot het energiegebruik van de raffinaderij (ca. 180 PJ) en het gebruik van de aardolieproducten zoals benzine en diesel (ca. 2.000 PJ voor binnenlands gebruik en ca. 2.300 PJ export) zijn in deze studie niet meegenomen. Het eerste is onderdeel van een tweetal andere studies die de VNPI heeft laten uitvoeren, het laatste valt buiten het MEE-convenant.



8.2 Besparingspotentieel en conclusies per ketenstap

De potentiële energiebesparing en CO₂-reductie die in de vorige hoofdstukken zijn geïdentificeerd voor de diverse ketenstappen, zijn weergegeven in Figuur 23 en Figuur 24. Meer gedetailleerde resultaten, inclusief de huidige energiegebruiken en potentiële CO₂-besparingen zijn te vinden in Bijlage F. De figuur geeft twee typen ramingen:

- Het 'maximaal haalbare' potentieel. Dit is de bovenste range van de onzekerheidsmarge. Dit is het potentieel dat vanuit technisch perspectief maximaal gerealiseerd zou kunnen worden, rekening houdend met beschikbare hoeveelheden en vraag. Andere factoren als economische aspecten en maatschappelijke haalbaarheid zijn hierbij niet in ogenschouw genomen.
- Het 'realistische' potentieel. Dit is het potentieel dat naar verwachting binnen geldende marktcondities gerealiseerd kan worden.

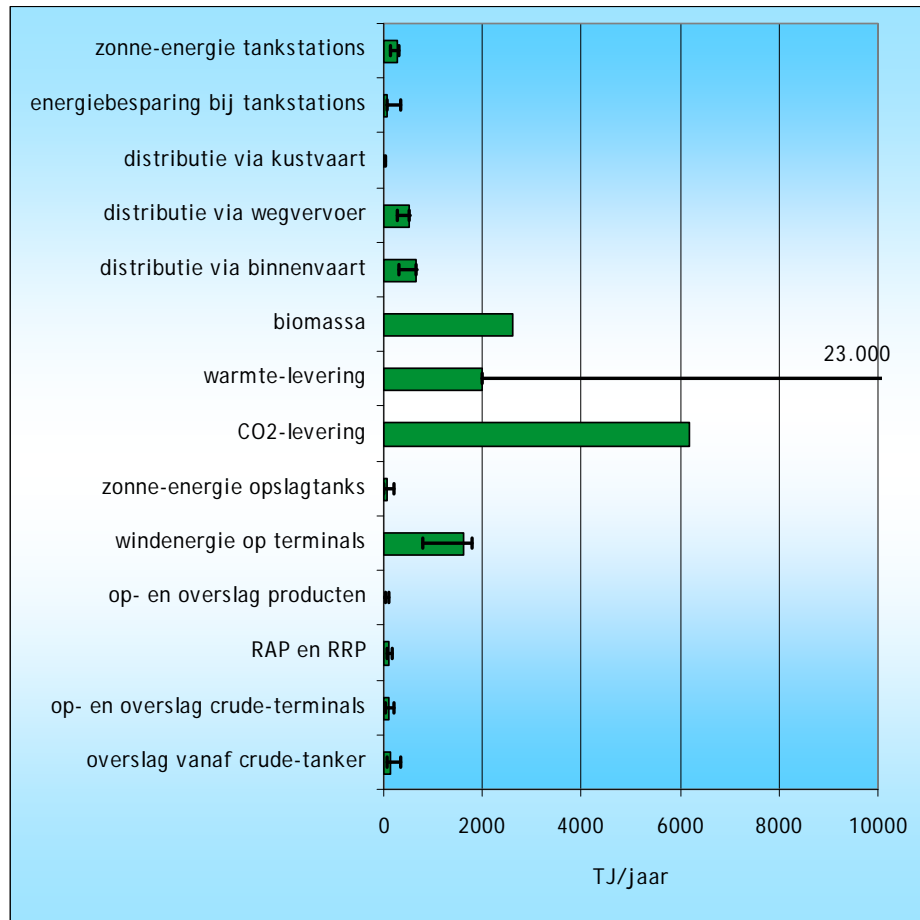
Bij beide ramingen geldt met nadruk dat het gaat om indicaties. Het nauwkeurig vaststellen van potentieel en kosten is alleen mogelijk op basis van concrete haalbaarheidsstudies. Deze zijn in dit onderzoek niet uitgevoerd.

Deze resultaten laten duidelijk zien dat het grootste reductiepotentieel te vinden is bij de ketenstappen die gerelateerd zijn aan de raffinageprocessen: warmtelevering van de raffinaderij, CO₂-levering van de raffinaderij en inzet van biomassa in de raffinageprocessen. In de overige stappen kan het relatieve energiebesparingspotentieel deels ook oplopen tot enkele tientallen procenten van het energiegebruik van de betreffende ketenstap, maar over de hele keten gezien zijn deze besparingen verwaarloosbaar.

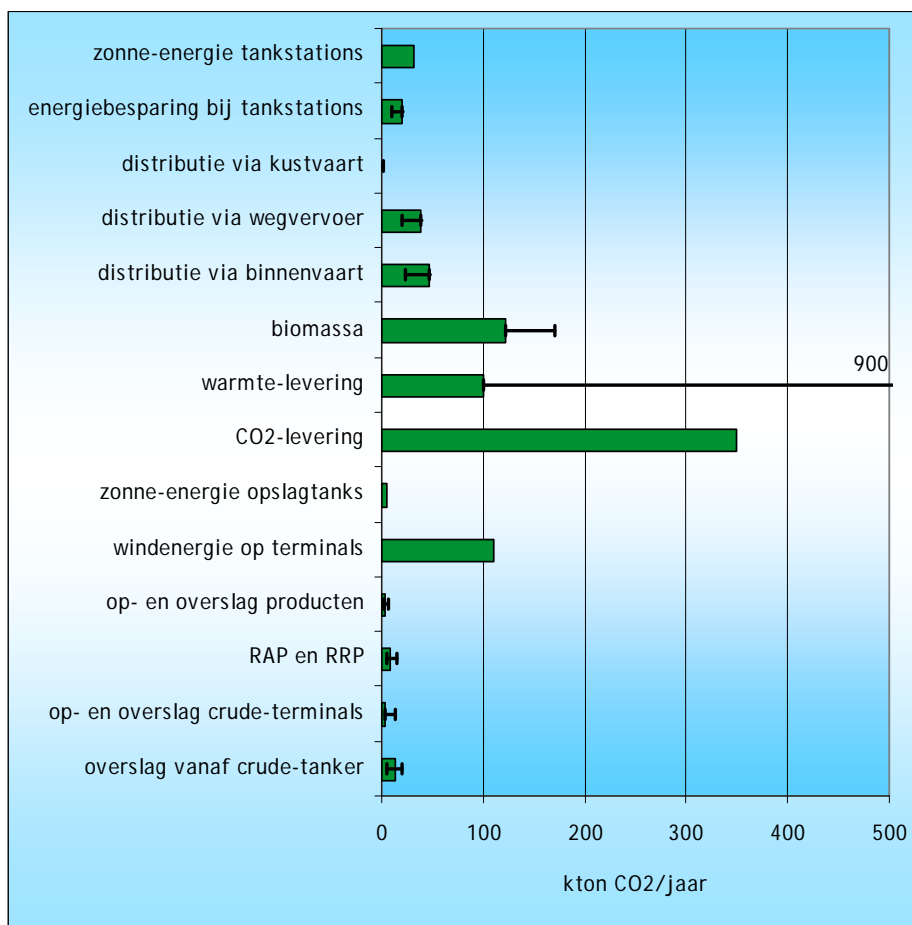
Op basis van deze cijfers is dan ook geconcludeerd dat het voor de petroleumketen vooral zin heeft om op de opties met de hoogste absolute besparingspotentiëlen te focussen, oftewel de drie hierboven genoemde opties. Ter vergelijking: het huidige energiegebruik in de Nederlandse raffinaderijen is ca. 180 PJ (=180.000 TJ), de CO₂-uitstoot is 11.800 kton (CBS, cijfers voor 2008).



Figuur 23 Overzicht van de resultaten: potentieel voor energiebesparing in de ketenstappen. De groene balk geeft het 'realistische potentieel' weer, de bovenrange van de onzekerheidsmarge het 'maximaal haalbare potentieel'



Figuur 24 Overzicht van de resultaten: potentieel voor CO₂-reductie in de ketenstappen. De groene balk geeft het 'realistische potentieel' weer, de bovenrange van de onzekerheidsmarge het 'maximaal haalbare potentieel'



Besparingen in vergelijking tot energiegebruik ketenstappen

In Figuur 25 zijn de potentiële besparingen gerelateerd aan het energiegebruik per ketenstap. Dit geeft dus per ketenstap aan hoeveel van het totale gebruik in die stap bespaard zou kunnen worden. Ook hier is een onderscheid gemaakt tussen een 'realistische raming' en een maximaal haalbaar potentieel.

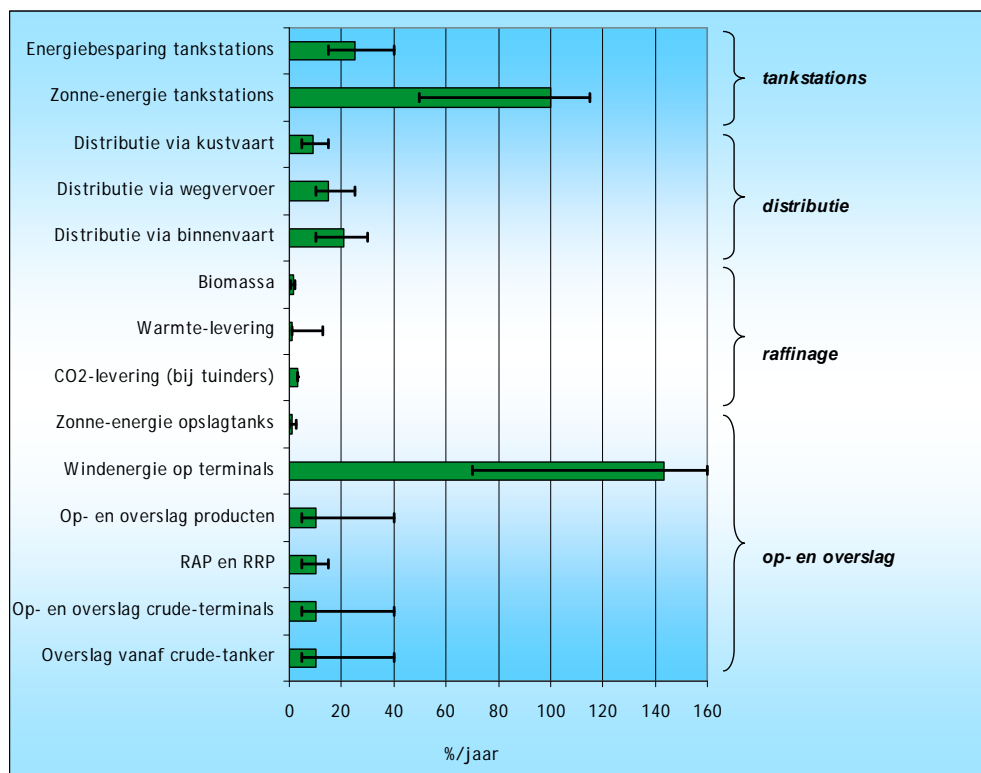
Bij de figuur passen de volgende kanttekeningen:

- Als referentie voor het potentieel aan windenergie is - enigszins arbitrair - het energiegebruik bij op- en overslag genomen; omdat de hoeveelheid duurzame energie die met wind kan worden opgewekt groter is dan het totale energiegebruik in deze stap, is het potentieel hier groter dan 100%.
- Met zonne-energie is op tankstations relatief veel besparing mogelijk. Dit hangt samen met het relatief lage energiegebruik dat voor tankstations is aangehouden (gemiddeld 50 kWh/dag), in combinatie met het aanzienlijke beschikbare oppervlak. Gegevens over energiegebruik van tankstations zijn schaars, en de onzekerheid in de bovenstaande raming is derhalve aanzienlijk.
- Als referentie voor warmte- en CO₂-levering is het energiegebruik bij de stap raffinage genomen. Omdat het energiegebruik in deze stap naar verhouding zeer fors is (180 PJ), zijn de relatieve besparingen hier klein.
- De potentiële besparing voor inzet van biomassa is gerelateerd aan het energiegebruik bij de raffinage. Dit is niet helemaal zuiver omdat de

besparing wordt gerealiseerd over de gehele keten: de besparing door inzet van biomassa is er een in de hele keten ten opzichte van het alternatief van productie van biobrandstoffen buiten de raffinaderij.

Uit Figuur 25 blijkt dat naar verhouding vooral in de ketenstappen tanken en op- en overslag forse besparingen te realiseren zijn.

Figuur 25 Potentiële besparingen t.o.v. energiegebruik ketenstap (in % ten opzichte van totaal energiegebruik ketenstap). De groene balk geeft het 'realistische' potentieel aan, de bovenzijde van de onzekerheidsmarge de inschatting van het maximaal haalbare potentieel



Uit de figuur blijkt dat naar verhouding de grootste besparingen te realiseren zijn bij de tankstations en bij op- en overslag. De duurzame opties wind en zon kunnen hier een bijdrage leveren die van vergelijkbare orde grootte is als het energiegebruik in de betreffende stap.

De relatieve besparingen in de stap raffinage (warmte- en CO₂-levering, biomassagebruik) zijn beperkter dan in veel van de andere stappen. Omdat het hier echter gaat om veruit het grootste energiegebruik, zijn deze besparingen in absolute zin het grootst.

In het volgende een overzicht van de belangrijkste conclusies van deze studie, per ketenstap (op volgorde van potentieel).

Warmte- en CO₂-levering van de raffinaderij

Dit zijn opties met relatief groot potentieel aan energiebesparing en CO₂-reducties. Er liggen een aantal interessante kansen op dit gebied maar ook enkele knelpunten.

Er lijkt een duidelijk potentieel aanwezig voor CO₂-reductie, zowel voor levering van warmte als voor CO₂. Voor CO₂-levering lijkt dit het grootst.



Warmtelevering

- In 2005 is de haalbaarheid van warmtelevering vanuit de raffinaderij van Shell Pernis onderzocht. Hierbij zou de levering van warmte primair vanuit de raffinaderij plaatsvinden, inclusief voorzieningen voor back-up. Dit bleek toen niet haalbaar. Inmiddels is er sprake van een nieuwe opzet van het warmtebedrijf, waarbij de levering wordt gegarandeerd vanuit de AVR. Dit biedt nieuwe mogelijkheden voor aansluiting van raffinaderijen en meer zekerheid dat de warmtelevering de flexibiliteit van de operaties van de raffinaderij niet negatief beïnvloedt. Een tweede factor is dat de hoofdtransportleiding voor warmte vlak langs de raffinaderijen van Shell en Esso komt te lopen.
- Aansluiting van raffinaderijen is vanuit het perspectief van het Warmtebedrijf wenselijk, omdat het de capaciteit van het substantieel net zou vergroten, waardoor aan meer locaties warmte geleverd kan worden. De gemeente Rotterdam voorziet een verdere groei naar warmte in de gebouwde omgeving en mogelijk ook glastuinbouw en extra warmtebronnen zouden hierin kunnen voorzien.
- Tevens geldt dat warmtelevering uit raffinaderijen doorgaans energie-efficiënter zal zijn dan levering vanuit elektriciteitscentrales. Bij de laatste leidt de levering van warmte tot verlies aan elektrisch rendement. Met een hoeveelheid beschikbare warmte van ca. 100 MWth, zoals ingeschat door het RCI, zou een CO₂-reductie in de orde van ca. 100 kton gerealiseerd kunnen worden.
- Uit de CE Delft-studie van 2002 volgt een aanzienlijk groter technisch potentieel voor warmtelevering vanuit de raffinaderijen, in de orde van 23 PJ totaal (ofwel ca. 1.000 MWth). Hiermee is een potentiële CO₂-reductie van 900 kton haalbaar. Deze warmte zou volgens dit onderzoek vooral afgezet kunnen worden in de glastuinbouw. Hierbij geldt wel dat warmtelevering aan de glastuinbouw met aanzienlijk meer onzekerheden omgeven is dan warmtelevering in de gebouwde omgeving: onder geldt dat de warmtevraag vanuit de glastuinbouw waarschijnlijk zal afnemen, door toepassing van energiezuinige kassen en alternatieve warmtebronnen als WKK, geothermie en warmte/koudeopslag. Bovendien is de sector zeer kritisch op kosten.
- Gedetailleerder onderzoek is nodig om vast te stellen in hoeverre in de nieuwe configuratie van het warmtebedrijf Rotterdam warmtelevering vanuit de raffinaderijen technisch en financieel haalbaar is.



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. Het aanvullend potentieel ligt op ca. 350 kton CO₂-emissiereductie.
- 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 kunnen 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 vraagtekens ten aanzien van de vraag in hoeverre de geproduceerde CO₂ geschikt zou zijn voor levering van CO₂ aan de glastuinbouw. Dit biedt perspectief op zeer aanzienlijke CO₂-reducties (> 1 Mton/jr).

Specifiek onderzoek bij de twee nieuwe waterstoffabrieken is nodig om vast te stellen in hoeverre de CO₂-levering hiervandaan technisch en financieel haalbaar is. Als eerste, indicatieve inschatting houden we aan dat deze CO₂-levering rendabel is.

Inzet biomassa in raffinageprocessen

- 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 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 meeverwerkt zonder dat de hoeveelheid straight run diesel verandert - zullen de emissies van de raffinaderij 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 meeverwerken 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).



Transport aardolieproducten

- Potentieel voor energiebesparing in het transport van de raffinageproducten zit vooral in de binnenvaart en het wegvervoer.
- Een groot deel van de mogelijke maatregelen heeft een terugverdientijd < 5 jaar.

Duurzame energie bij op- en overslag en raffinaderijterreinen

- Van de 'duurzame' opties heeft windenergie het grootste potentieel.
- Het potentieel van zonne-energie is kleiner, maar niet verwaarloosbaar. Wel zijn de kosten aanzienlijk hoger.

Op- en overslag

- De maatregel met het meeste potentieel in dit deel van de keten is het vervangen van pompen door energiezuinige types, c.q. het beter dimensioneren van pompen. Dit vanwege de grote volumes die worden verpompt. Uit informatie van leveranciers en Agentschap NL valt af te leiden dat gemiddeld aanzienlijke besparingen te realiseren zijn met het vervangen of beter dimensioneren van pompen, in de orde van 10-40%. Terugverdientijden zijn vaak kort in de orde van < 5 jaar.
- Sommige op- en overslagterminals zijn aangesloten bij de MJA voor tank op- en overslag. Dit betreft met name de bedrijven aangesloten bij de VOTOB, zoals Vopak, Odfjell en Oiltanking A'dam. De ervaringen daarmee zijn positief, de MJA-deelnemers hebben gemiddeld meer dan 2% energiebesparing per jaar gerealiseerd.
- In het kader van de MJA is een concept opgesteld voor duurzame opslag. Hierin zijn twee speerpunten gedefinieerd voor bevordering van energie-efficiëntie: zonnepanelen en warmte/koudeopslag.
- Diverse grote crude- en aardolieterminals, met name MOT, MET, TEAM, Argos en STR zijn niet aangesloten bij de MJA. Hier bestaat weinig inzicht in energiegebruik, gerealiseerde en potentiële maatregelen.



9 Aanbevelingen: hoe verder?

9.1 De Top-3 maatregelen verder ontwikkelen

Het verdient aanbeveling om de in dit rapport geïdentificeerde Top-3 maatregelen verder uit te werken, en de mogelijkheden voor realisatie in meer detail te onderzoeken:

- warmtelevering van de raffinaderij aan de gebouwde omgeving of de glastuinbouw;
- CO₂-levering aan de glastuinbouw;
- inzet van biomassa (plantaardige oliën) als feedstock voor de raffinaderijen.

Met name bij realisatie van de eerste twee opties zijn ook partijen buiten de sector betrokken. Het is dan ook belangrijk om bij de verdere ontwikkeling van deze opties voldoende aandacht te besteden aan het proces, zodat alle betrokkenen van begin af aan erbij worden betrokken. Bij deze opties is dan ook aan te bevelen om een proces in gang te zetten met alle betrokken stakeholders, waarbij de nadruk moet 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 laatste optie, inzet van plantaardige olie als feedstock voor de raffinaderij, kan door de VNP-leden zelf worden opgezet en uitgevoerd. Deze optie is nog in de R&D-fase, maar al een aantal keren in de praktijk getest en gedemonstreerd in raffinaderijen buiten Nederland.

Hieronder onze aanbevelingen per ketenstap.

9.1.1 Levering CO₂ en warmte

1. Haalbaarheidsstudie naar CO₂-levering vanuit waterstoffabrieken Air Liquide en Air Products aan glastuinbouw

De twee in aanbouw zijnde waterstoffabrieken, Air Liquide en Air Products, bieden een belangrijke optie om tot uitbouw en versterking van CO₂-levering aan de glastuinbouw te komen. Momenteel wordt al CO₂ geleverd vanuit de waterstoffabriek van Shell, met een grote netto CO₂-emissiereductie. De levering vanuit een partij brengt risico's met zich mee in het garanderen en kan leiden tot een verlies aan flexibiliteit. Uitbouw van levering met de nieuwe waterstoffabrieken kan de stabiliteit en flexibiliteit versterken. Bovendien kan het voldoen aan de aanzienlijke vraag naar meer CO₂-levering vanuit de glastuinbouw. Het potentieel ligt op netto ca. 350 kton

CO₂-reductie. Op dit moment is CO₂-levering vanuit de twee nieuwe fabrieken nog niet voorzien. Een technisch aandachtspunt is dat deze fabrieken zijn gebaseerd op inzet van lucht en niet op zuivere zuurstof. Daardoor bevatten de afgassen stikstof en stikstofoxiden, en zal een stap nodig zijn om de CO₂ af te scheiden.



Het verdient aanbeveling om kosten en baten van CO₂-levering vanuit de twee nieuwe waterstoffabrieken in beeld te brengen. Gelet op de potentiële omvang is dit ook van groot belang voor het realiseren van de RCI-doelstellingen.

Actie: VNPI-leden, RCI, Air Products, Air Liquide, OCAP, Agentschap NL.

2. Financieel waarden van CO₂-levering aan glastuinbouw

CO₂-levering aan de glastuinbouw leidt binnen het EU ETS (en de uitvoering daarvan door de NEA) niet tot een vermindering van de geregistreerde CO₂-emissies van de producent/leverancier. Dit is ook het geval in recente voorstellen voor aanpassing van het EU ETS. Het gegeven dat de CO₂-levering feitelijk tot vermindering van de emissies bij de tuinder kan leiden, wordt hiermee dus niet financieel beloond. Hiermee ontbreekt een belangrijke prikkel om tot CO₂-levering te komen. Het verdient aanbeveling te onderzoeken of er mogelijkheden zijn het voorgestelde toedelingsysteem aan te passen, zodanig dat de feitelijk gerealiseerde CO₂-emissiereducties in de glastuinbouw ook financieel in elk geval ten dele ten bate komen aan de CO₂-leveranciers, zoals de raffinaderijen en waterstoffabrieken. Dit kan een belangrijke factor zijn om de huidige CO₂-levering te versterken en deze verder uit te bouwen.

Voor warmtelevering is in recente voorstellen wél opgenomen dat hiervoor gratis rechten beschikbaar worden gesteld. Dit kan een belangrijke additionele prikkel vormen voor warmtelevering.

Actie: Rijksoverheid, Nederlandse Emissie Autoriteit.

3. Hernieuwd onderzoek naar haalbaarheid warmtelevering aan Warmtenet Rotterdam

In 2004/2005 is de haalbaarheid onderzocht van warmtelevering vanuit de Shell-raffinaderij. Deze bleek toen niet haalbaar. Sindsdien zijn condities en inzichten van het Warmtebedrijf en andere betrokken partijen duidelijk veranderd, doordat AVR Rozenburg langjarig garant zal staan voor de levering van warmte. Gevolg hiervan is dat eventueel aangesloten raffinaderijen niet hoeven te garanderen dat de warmte geleverd wordt en flexibel warmte kunnen leveren, afhankelijk van de eigen beschikbaarheid. Een tweede factor is dat de warmteleiding van de AVR naar de stad op korte afstand van de raffinaderijen van Shell en Esso komt te lopen. Aansluiting van een of meerdere raffinaderijen op het warmtenet Rotterdam, versterkt de flexibiliteit van het warmtenet en biedt een basis voor verdere groei van warmtelevering aan het stedelijk gebied. Het potentieel ligt in de orde grootte van enkele tientallen ktons CO₂. Daarnaast zijn er mogelijk ook kansen voor levering aan de glastuinbouw. In dat geval zijn verdere substantiële CO₂-reducties mogelijk, in de orde van enkele honderden ktons CO₂.

Het verdient aanbeveling om binnen deze vernieuwde situatie opnieuw de haalbaarheid van warmtelevering te onderzoeken. Daarin onder andere betrekken: investeringskosten, leeftijd van procesinstallaties, potentiële baten van warmtelevering, potentiële groei warmtevraag en potentiële CO₂-reducties.

Actie: VNPI-leden, RCI, Warmtebedrijf Rotterdam.

4. Ervaringen uitwisselen met partijen in Göteborg (studiereis)

In Göteborg hebben raffinaderijen en overheden positieve ervaringen met warmtelevering. Een belangrijk punt uit de gesprekken is de aard van het contract: warmtelevering moet duidelijk beloond worden, zodat deze reststroom een duidelijke waarde krijgt.



Het verdient aanbeveling om met bedrijven en overheden een studiereis uit te voeren naar Göteborg en daar te praten met raffinaderijen (Shell, PREEM, Swedish Refinery Institute) en het warmtebedrijf Göteborg Energi AB. De partijen in Göteborg staan er voor open om hun ervaringen te delen.

Actie: VNPI, RCI, Rijksoverheid, Agentschap NL.

9.1.2 Inzet biomassa in raffinageprocessen

Gezien de voordelen die deze route biedt ten opzichte van alternatieve routes bevelen wij aan

- de mogelijkheden om deze route te implementeren bij de Nederlandse raffinaderijen verder te onderzoeken middels een technisch-economische studie bij de raffinaderijen zelf, en, indien de uitkomsten positief zijn, een proefproject;
- de hier gegeven inschattingen van de effecten van meeverwerken op de bedrijfsvoering, energiegebruiken en broeikasgasemissies te toetsen, en in meer detail te berekenen;
- ervaringen met implementatie van deze route bij raffinaderijen in het buitenland in meer detail te inventariseren - bijvoorbeeld middels studiereizen naar raffinaderijen zoals de PREEM-raffinaderij in Göteborg;
- beleidsmatige knelpunten zoals het niet meetellen van de geproduceerde HVO voor de Nederlandse en RED-doelstelling op te heffen.

Daarnaast is aan te bevelen om na te gaan in hoeverre vanuit het beleid een ombuiging van de huidige productie van biodiesel naar deze route wenselijk is en zou kunnen worden gestimuleerd.

9.2 Aanbevelingen ten aanzien van de overige besparingsmaatregelen

Op- en overslag

- Het verdient aanbeveling systematisch op locatie te onderzoeken of pompen vervangen kunnen worden door energiezuiniger types of beter kunnen worden gedimensioneerd.
- Het verdient aanbeveling de MJA-aanpak voort te zetten bij de daarbij aangesloten bedrijven.
- Het verdient aanbeveling dat de bedrijven MOT, MET, TEAM, Argos en STR zich aansluiten aan de MJA. Dat biedt een kader om systematisch inzicht te krijgen in mogelijke maatregelen en deze te implementeren.
- Tankterminals van raffinaderijen zijn ook niet aangesloten bij de MJA. Het verdient aanbeveling hier een vergelijkbare aanpak te volgen als in de MJA: systematisch doorlichten op potentiële besparingsopties en deze planmatig invoeren.
- Het verdient ook aanbeveling om aan te sluiten bij de uitwerking van vervolgstappen uit het 'sustainable storage concept 2030': (zonnepanelen op daken terminals en warmtepompen voor verwarming opslagtanks).
- Voor bedrijven die zich niet aansluiten bij de MJA is het zaak dat vanuit de vergunningverlener (onderzoeken naar) energiebesparende maatregelen worden voorgeschreven.

Transport en tanken van aardolieproducten

Het is aan te bevelen om allereerst het huidige vervoer te toetsen aan de in dit rapport beschreven besparingsopties: worden deze maatregelen bij een deel van de vervoerders al doorgevoerd, zijn er nog rendabele logistieke optimalisaties mogelijk?



Vervolgens kan het besparingspotentieel in deze schakel van de keten kan worden benut door ofwel heldere afspraken te maken met de vervoerders over de te nemen maatregelen (vrijwillig) ofwel door in de vervoerscontracten eisen te stellen aan de efficiencymaatregelen die moeten worden geïmplementeerd.

We bevelen daarnaast ook aan om bij de tankstations in te zetten op LED-verlichting en na te gaan van welke subsidieregelingen gebruik gemaakt kan worden voor het plaatsen van zonnecellen.

Duurzame energie bij op- en overslag en raffinaderijterreinen

Leden van de VNPI zouden de mogelijkheden om windturbines op hun locaties te plaatsen, kunnen onderzoeken (in zoverre dit nog niet is gedaan).



Referenties

Agentschap NL, 2010

Protocol Duurzame Energie, Update 2010
Utrecht : Agentschap NL, 2010

Agentschap NL, 2010b

Website: Tankopslagbedrijven
<http://www.senternovem.nl/mja/introductie/deelnemers/sectoren/tankopslagbedrijven.asp>

BP, 2006

Website: Veiligheid en Milieu
<http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=9011214&contentId=7019461>

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) Keizer
Van Restwarmte naar nuttige warmte in Rijnmond
Delft : CE Delft, 2002

CE, 2008

Harry Croezen, Bettina Kampman
Bio-input for oil refineries : Overview of possibilities and constraints
Delft : CE Delft, 2008

CE, 2009

R. Smokers, A. de Buck, M. van Valkengoed
Marginal abatement costs for greenhouse gas emission reduction in the
transport sector compared with other sectors
Delft : CE Delft, 2009

CE, 2010

Bettina Kampman, Harry Croezen, Gijs Verbaak
Rijden op gas : Kosten en milieueffecten van gasvormige energiedragers in
transport
Delft : CE Delft, 2010

Concawe, 2008

M. Dastillung et.al.
Impact of product quality and demand evolution on EU refineries at the 2020
horizon CO₂ emissions trend and mitigations options
Brussels : CONCAWE Refinery Technology Support Group (RTSG), 2008

Concawe, 2009

M. Dastillung et.al.
Impact of marine fuels quality legislation on EU refineries at the 2020 horizon
CO₂ emissions trend and mitigations options
Brussels : CONCAWE Refinery Technology Support Group (RTSG), 2009



De Grave en Van Wirdum, 2006

H. de Grave en M. van Wirdum (red.)

Brandstofbesparende en CO₂-reducerende technieken in de binnenvaart
Rotterdam : Bureau Innovatie Binnenvaart, 2006

De Keulenaer, 2004

Hans De Keulenaer (European Copper Institute) et al.

Energy Efficient Motor Driven Systems

Brussels : European Copper Institute, 2004

ECN, 2003

R. Harmsen, A.W.N. van Dril, B.W. Daniëls, P. Kroon, A.J. Seebregts

Ontwikkeling energiegebruik HIC Rotterdam 2002 - 2020 bij lopend beleid

Petten : Energieonderzoekcentrum Nederland, december 2003

ECN, 2005

ECN, Optiedocument Energie en Emissies, Factsheet Walstroom Zeevaart

Petten : Energieonderzoekcentrum Nederland, 2005

ECN, 2007

S.M. Lensink, H.P.J. de Wilde

Kostenefficiëntie van (technische) opties voor zuiniger vrachtverkeer

Petten : Energieonderzoekcentrum Nederland, 2007

ECN, 2008

H. de Wilde en P. Kroon

Schonere zeevaartbrandstof, Effect op luchtverontreiniging, kosten en raffinage CO₂-emissies

In : Milieu Dossier 2008, Ed.2008-7, p. 29-32.

Göteborg Energi, 2008

Göteborg Energi's district energy system

Göteborg : Göteborg Energi, 2008

Huo, 2008

H. Huo, M. Wang, C. Bloyd, V. Putsche

Life-Cycle Assessment of Energy and Greenhouse Gas Effects of Soybean-Derived Biodiesel and Renewable Fuels

Argonne (IL.) : Argonne National Laboratory, 2008

IEA, 2007

D. Gielen et al.

Tracking Industrial Energy Efficiency and CO₂ Emissions

Paris : International Energy Agency (IEA), 2007

IMO, 2009

Prevention of air pollution from ships, Second IMO GHG Study 2009

S.I. : International Maritime Organisation (IMO), 2009

JRC, 2007

R. Edwards et al.

WELL-TO-WHEELS Analysis of Future Automotive Fuels and Power-trains in the European Context

Brussels : JRC, Eucar, Concawe, 2007



Johansson et al., 2009

D. Johansson, Maria Johansson, Kersti Karltorp, Hanna Ljungstedt, Julia Schwabecker
Pathways for Increased Use and Refining of Biomass in Swedish Energy-intensive Industry
Linköping : Program Energisystem, 2009

KSB-Nederland, 2009a

Persoonlijke mededeling
Zwanenburg : KSB, 2009

KSB, 2009b

Energy-efficient Pump Operation : A Symbiosis of Environmental Protection and Cost Reduction
München : Symposium 8-9 October 2008

Marker et al., 2005

T.L. Marker, et al.
Opportunities for biorenewables in petroleum refineries : final technical report Des Plaines (IL.) : UOP, 2005

Ministerie van VROM en Ministerie van Economische Zaken, 2000

Circulaire Energie in de Milieuvergunning
Den Haag : Ministeries VROM en EZ, 2000

MOT, 2010

Maasvlakte Olie Terminal (MOT) Rotterdam
Website: www.mot.nl
Geraadpleegd 20 februari 2010

OCAP, 2010

CO₂ voor de tuinbouw
Website: <http://www.ocap.nl/>
Geraadpleegd 10 juni 2010

RCI, 2010a

Rotterdam gaat verder met Warmtebedrijf
Website: Rotterdam Climate Initiative (RCI), 2010
http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/nl/rotterdam_climate_initiative/nieuws/nieuwsberichten/rotterdam_gaat_verder_met_warmtebedrijf?news_id=381

RCI, 2010b

C. Jordan, G. Brouwer, Rotterdam Climate Initiative (RCI)
Persoonlijke mededeling, 2010

RCI, 2010c

Minister Huizinga geeft startsein voor aanleg leidingnet OCAP- CO₂ in Zuidplaspolder
Website: Rotterdam Climate Initiative (RCI), 2010
http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/nl/50_minder_co_sub_2_sub/nieuws/archief_nieuwsbrieven?xzone_id=143&article_id=1540



Rijk, 2009

Meerjarenaafspraken Energie Efficiency III
Den Haag : Rijksoverheid, 2009

Royal Haskoning, 2003

Rekenmodel PV opslag tanks
Nijmegen : Royal Haskoning, 2003

SenterNovem, 2006

Protocol Duurzame Energie
Utrecht : SenterNovem, 2006

SenterNovem, 2009a

<http://www.senternovem.nl/mja/introductie/deelnemers/sectoren/index.asp>
geraadpleegd 1 december 2009

SenterNovem, 2009b

Maatregellijsten per branche en de generieke lijst
<http://www.senternovem.nl/mja/ondersteuning/instrumenten/maatregellijsten/index.asp>

SenterNovem, 2009c

Pompsystemen
<http://www.senternovem.nl/mja/onderwerpen/procesefficiency/pompsystemen.asp>

Schmidt et al., 2008

A. Schmidt, E. Gray, Chr. Lindsey
Strategic Development of Bioenergy in the Western States, Development of Supply Scenarios Linked to Policy Recommendations
Section 2: Bioenergy Conversion Technology Characteristics, final draft report
Landover (USA) : Antares Group Inc, 2008

TEAM terminal, 2010

www.team-terminal.nl
geraadpleegd 20 februari 2010

TNO/CE, 2009

R. Verbeek, B. Kampman, E. Rabe, X. Rijkee, N. Ligterink, S. Bleuanus
Impact of biofuels on air pollutant emissions from road vehicles, phase 2
Delft : TNO en CE Delft, 2009

TNO, 2006

R. (Richard) Smokers, R. (Robin) Vermeulen, R. (Robert) van Mieghem,
R. (Raymond) Gense (TNO), I. (Ian) Skinner, M. (Malcolm) Fergusson,
E. (Ellie) Mackay en P. (Patrick) ten Brink (IEEP), G. (George) Fontaras,
Z. (Zisis) Samaras (LAT)
Review and analysis of the reduction potential and costs of technological and other measures to reduce CO₂-emissions from passenger cars
Delft : TNO, 2006

TNO, 2008

R. de Lange, R. Verbeek, G. Passier, H. Kattenwinkel
CO₂-normering en brandstof differentiatie in het vrachtverkeer :
Beleidsmaatregelen voor CO₂-reductie
Delft : TNO, 2008



TTM, 2008

Ook banden hebben forse invloed op CO₂-productie
<http://www.ttm.nl/duurzaamtransportcongres/11.php>
Geraadpleegd d.d. maart 2009

TU Graz, 2006

S. Hausberger

Bijdrage aan project Cost-effectiveness of greenhouse gas emission reductions in various sectors, in opdracht van de Europese Commissie, DG-ENTR, contractnr. Entr/05/18. Rapportage niet openbaar

UBA Austria, 2010

Discussion Paper Allocation Rules - EU ETS post 2012, versie 20/7/2010, 2010
Wien : Umweltbundesamt Austria, 2010

USDA, 2009

Bob Flach, et al.

EU-27 Biofuels Annual - Annual Report 2009
The Hague : USDA GAIN, June 2009

Vopak, 2010

Website: www.vopak.nl

Geraadpleegd 20 februari 2010

VOTOB, 2006

Raamwerk VOTOB-BMP 2006-2010

Den Haag : Vereniging Onafhankelijke Tank Op- en Overslagbedrijven(VOTOB), provincies, Rijk, 2006

VOTOB, 2010

Addresses : VOTOB (Vereniging Onafhankelijke Tank Op- en Overslagbedrijven)
<http://www.votob.nl/addresses.php>,
geraadpleegd 18 februari 2010

VOTOB/Berenschot, 2009

Sustainable storage concept 2030, voorstudie MJA3 Tankopslagbedrijven
Den Haag : VOTOB/Berenschot, 2010

Xenergy, 2000

Evaluation of the U.S. Department of Energy Motor Challenge Program
Burlington (Mass) : Xenergy, 2000





Bijlage A Lijst met geïnterviewden

Gedurende het project zijn een aantal interviews gehouden met deskundigen en betrokkenen uit binnen- en buitenland, om praktijkervaringen te achterhalen en onze bevindingen uit de literatuuranalyse te toetsen. Hierbij is gesproken met de volgende personen

Gesproken met	
DCMR	Mariette Bilius
DCMR	Barend van Engelenburg
Deltalings	Chris Jordan
E.ON	Co Hamers
Gemeente Rotterdam/OBR	Wouter Verhoeven
Göteborg Energi AB	Lars Larsson
LTO Noord Glaskracht	Harry Groenewegen
North Sea Group	John van Loon
OCAP	Jacob Limbeek
Productschap Tuinbouw	Jan Smits
RCI	George Brouwer
Shell Göteborg	Bo-Erik Svensson
Shell Nederland	Koos van der Houwen
Shell Raffinaderij	Evert van Velsen
Svenska Petroleum Institute	Ulf Svahn
Swedish EPA	Bo Jansson
Total Raffinaderij Nederland	Olivier Bernaert
Total Raffinaderij Nederland	Dhr. C. Gueguen





Bijlage B Begrippenlijst

MEE-convenant	Meerjarenafspraak Energie-efficiëntie ETS-ondernemingen
GWP	Global Warming Potential
HTU	High Thermal Upgrading
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil
RAP	Rotterdam Antwerpen Pijpleiding Maatschappij
RED	Renewable Energy Directive
RRP	Rotterdam Rijn Pijpleiding Maatschappij
TCP	Thermal Conversion Process
WKK	Warmtekrachtkoppeling





Bijlage C Heat distribution from refineries in Göteborg

C.1 Introduction

In general, in Sweden, it is common practise that industrial sources deliver heat for district heating purposes. This applies to refineries, as well as to pulp and paper factories, steel industry and other sectors. For the purpose of this study, various parties involved in the Göteborg district heating system have been interviewed by telephone (see Tabel 20).

Tabel 20 Parties interviewed

Göteborg Energi A.B.	Lars Larsson, technology manager
Swedish Petroleum Institute	Ulf Svahn, director
Shell Göteborg refinery	Bo-Erik Svensson, production manager
Swedish EPA	Bo Jansson, expert on heavy industry

Based on their contributions, the following picture can be sketched.

C.2 Description of the district heating system

The district heating system in Göteborg started in 1953 with combined heat and electricity production. The system expanded in the following years. Currently (2010), several industrial sources deliver heat to the system, including two refineries, a waste incinerator and several Combined Heat and Power plants. Approximately 500,000 dwellings are connected to the system. The system is operated by Göteborg Energi A.B., a subsidiary of the municipality. As elsewhere in Sweden, this district heating system is owned by the municipality (Göteborg Energi). They own the whole system and are responsible for its operation. They guarantee the delivery of heat, and operate the back-up provisions (gas heated boilers). The municipality defines from what source they supply heat to the dwellings. The heat delivered from the refineries appears to have the lowest prices, and is therefore base-load for the system.



Key features of the district heating system are summarised in Tabel 21.

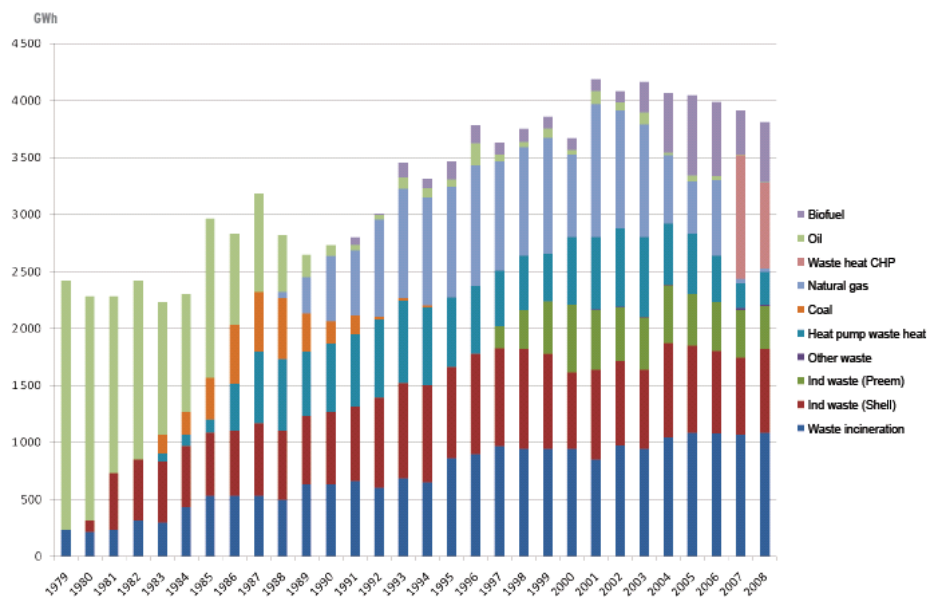
Tabel 21 Some key parameters of Göteborg District Heating System

# Dwellings connected	319,000	
Kilometres of pipelines	More than 1,000	
Delivery of heat	15 PJ, 4,000 GWh	
Reduction of CO ₂ emissions	800 kton	
Main suppliers of heat	Refineries:	24%
	Waste incineration:	21%
	Electricity production:	16%
	Waste-water:	4%
	Renewable sources:	15%
Operator, responsibility for back-up provisions	Göteborg Energi A.B.	

Figuur 26 shows the amounts of heat delivered by the diverse suppliers of heat.

Figuur 26 Amounts of heat delivered towards the district heating system

Heat output per raw material, 1979-2008



Source: Göteborg Energi, 2008.

C.3 Experiences within refineries

History

The refineries were connected to the system some years after they came into operation. It required new provisions in the existing refineries.

The Shell refinery was connected to the heat delivery system in 1979, some years after the refinery came into operation. This was not planned when the refinery was build. The heat exchangers replaced both air and water coolers. Since 1979 the number of heat exchangers has further expanded.



In the case of PREEM, heat delivery started in 1997. Before that, heat was already delivered to the nearby car manufacturer Volvo. Currently, total yearly delivery of heat from Shell and PREEM refineries amounts to app. 1,100 GWh, with for the Shell refinery a capacity of app. 120 MWth.

Operation

Central in the refineries are numerous heat exchangers (typically approx. 100 for a refinery) which deliver low temperature heat (<90°C).

From the operational perspective of the refinery, the water from the district heating system acts as a cooling circuit. As the cooling capacity varies (more in winter than in summer), the refineries installations are also equipped with a secondary cooling system. This functions as a back-up in case the district heating system delivers to little cooling capacity. In general the installations are not considered to be very complicated.

The operation of the installations requires some extra attention, but is not considered to be difficult. Extra attention is especially required in summer months. For instance in the night temperatures might be 10°C and heat demand from the city will be substantial, while at day with a temperature of 25°C heat demand will be small. The operator of the refinery than takes care that the bypass cooling comes into operation in time. Companies have complete flexibility in the delivery of heat. It can be handled as a waste product. In practise they inform the district heating company in advance about planned shifts or stops in production. Göteborg Energi can then change towards another supplier of the heat.

Overall, parties interviewed indicate that the connection to the district heating system does not influence flexibility of operation of the refineries.

Contracts

Several parties indicate that the contracts are a major factor in the development of heat delivery. If there is a good contract, the technology will follow. The contract must be attractive for both the supplier of the heat and the district heating company, and provide an incentive to supply heat against competitive prices.

In general, in the contracts issued by Göteborg Energi:

- The costs of the investments in the distraction of the heat are shared by the supplier of the heat and Göteborg Energi.
- The profits from the delivery of heat are also shared by both parties.

Evaluation

From the interviews conducted it appears clearly that the companies involved are positive about the heat delivery:

- It results in profits. Without heat delivery waste heat is transferred to surface water or air. With heat delivery this waste stream gets a positive value and becomes profitable.
- It results in substantial environmental benefits.
 - The systems functions well, technology is not a limiting factor.

The difficult point with a district heating system is the starting and the initial investment. As soon as this hurdle has been taken, the system easily roles on.





Bijlage D Maatregelen om energie-efficiency in transport te verbeteren

D.1 Inleiding

Deze bijlage bevat een uitvoerig overzicht van de energiebesparingsmaatregelen die getroffen kunnen worden bij het transport van de aardolieproducten van de raffinaderij tot de eindverbruiker.

Hierbij worden de volgende categorieën onderscheiden:

- systeemveranderingen;
- maatregelen voor het wegvervoer;
- maatregelen voor de kust- en binnenvaart;
- maatregelen voor transport per pijpleiding.

Hierbij moet worden opgemerkt data sommige vervoerders al een deel van deze maatregelen hebben getroffen. Veel chauffeurs krijgen bijvoorbeeld al training in een zuinig rijstijl. Ook kiezen vervoerders bij de aanschaf van nieuw materiaal vaak al een zo zuinig mogelijke motor. Wanneer wij hieronder het effect van een maatregel geven, gaan we er vanuit dat er nog geen maatregelen zijn getroffen. Omdat dit vaak wel het geval is kan het effect in de praktijk kleiner zijn. Het effect van bijvoorbeeld een rijstijltraining is groter bij chauffeurs die nog nooit een training hebben gevolgd dan bij chauffeurs die eerder een training volgden en daardoor al een zuinigere rijstijl hebben.

Een nauwkeurigere inschatting van het daadwerkelijk praktisch haalbare potentieel van deze maatregelen vergt een vrij gedetailleerde analyse van de transportstromen, de logistiek, de vervoerders, gebruikte voertuigen, etc., dit viel echter buiten de scope van dit onderzoek.

D.2 Systeemveranderingen

Modal shift

De ene modaliteit is efficiënter dan de andere. Tabel 9 laat zien dat voor het transport van raffinaderijproducten buisleidingen het meest efficiënt zijn. Een modal shift van wegtransport naar buisleidingen zou er dus voor kunnen zorgen dat het totale transport efficiënter wordt. Buisleidingen zijn echter niet geschikt voor alle typen transport. Zo heeft het traject invloed op de producten welke vervoerd mogen worden: indien isolatieafstanden met de bebouwde omgeving te beperkt zijn mogen bijvoorbeeld gevaarlijke stoffen niet worden vervoerd ongeacht de technische mogelijkheid van het systeem. Daarnaast zijn de kosten van aanleg relatief hoog, zodat een uitgebreid netwerk van buisleidingen naar individuele tankstations niet haalbaar is.

Optimalisatie van de logistiek

De energie-efficiency is gebaat bij een hoge beladingsgraad en een laag aantal lege kilometers. Een goede planning draagt bij aan optimalisatie van deze parameters. Deze planning wordt beïnvloed door de vraag vanuit de klant en de flexibiliteit van de vervoerder.



Raffinaderijen en oliehandelaren kunnen hun logistiek optimaliseren door bijvoorbeeld meerdere tankstations in één keer te bevoorraden, waardoor met grotere en vollere vrachtauto's gereden kan worden. Een grote vrachtauto is vele malen efficiënter dan meerdere kleine vrachtauto's, hetzelfde geldt voor binnenvaartschepen en kustvaart. Energiewinst zou in theorie ook kunnen worden gehaald door retourvrachten te vervoeren, waardoor het aantal lege km's wordt gereduceerd. De mogelijkheden hiervoor lijken voor deze sector echter zeer beperkt.

Om tot optimalisatie van de logistiek te komen is het belangrijk vooraf goede afspraken te maken met klanten. Hierdoor kunnen verschillende transporten met elkaar worden gecombineerd. Logistieke planners kunnen gebruik maken van software tools die op basis van de benodigde transporten een zo optimaal mogelijke planning (vanuit kosten en energiegebruik) berekenen.

D.3 Maatregelen voor het wegvervoer

De ene vrachtauto verbruikt meer dan de andere, afhankelijk van het type vrachtauto en de technische uitrusting van het voertuig. Daarnaast spelen rijgedrag, route en belading een belangrijke rol.

Technische aanpassingen die bijdragen aan de zuinigheid van een voertuig zijn energiezuinige banden, luchtweerstand reducerende spoilers en juiste bandenspanning. Ook door middel van een zuinige rijstijl kan het energiegebruik van transport worden gereduceerd.

Energiezuinige banden

Circa 33% van de energie die zware voertuigen nodig hebben voor de voortstuwing wordt gebruikt om de rolweerstand te overwinnen (TTM, 2008). Het is daarom niet verwonderlijk dat bandenfabrikanten veel onderzoek doen naar banden met een lage rolweerstand. TNO (2008) schat de effecten van dergelijke banden bij vrachtauto's op 6-9% besparing op het brandstofverbruik.

Middels het programma 'De Nieuwe Band', geïnitieerd door de ministeries van VROM en Verkeer en Waterstaat en Agentschap NL, worden banden met positieve geluids-, veiligheids- en zuinigheidsaspecten gepromoot. Beschikbare banden scoren op alle drie deze onderdelen groen, geel of rood. Hierbij is groen uiteraard de beste, geel de tweede en rood de slechtste keus. 'Groene' banden zijn niet per definitie duurder dan andere banden, maar kunnen wel een aanzienlijke brandstofbesparing opleveren²¹.

Er zijn ook banden beschikbaar die voldoen aan het Scandinavische 'SWAN'-ecolabel. Dit keurmerk stelt eisen aan de geluidproductie van de band en aan de rolweerstand, maar ook aan de productiemiddelen en de mogelijkheid tot recycling.

Bandenspanning

Bandenspanning heeft een grote invloed op het energiegebruik van een voertuig. Bij vrachtauto's wordt de bandenspanning al vaak gecontroleerd, en lijkt er maar weinig ruimte voor verdere verbetering. ECN (2007) schat dat het reductiepotentieel van een automatisch bandenspanningsstelsel 0,6% is. Vanaf 2012 wordt het voor fabrikanten in Europa verplicht om in nieuwe auto's een

²¹ Voor meer informatie zie www.kiesdenieuweband.nl



bandenspanningscontrolesysteem in te bouwen zoals nu al verplicht is in de VS.

Voor bestaande voertuigen zijn bandenspanningcontrolesystemen beschikbaar die draadloos de actuele bandenspanning weergeven op een display dat op het dashboard kan worden vastgemaakt of centraal door een wagenparkbeheerder kan worden uitgelezen. Dergelijke systemen kosten 100 tot 500 € naargelang het aantal banden dat zij tegelijk kunnen meten. Dit zijn vaak rendabele investeringen, afhankelijk van de dieselprijs en het kilometrage: bij een dieselprijs van € 1,15, een kilometrage van 40.000 km/jaar, een diesilverbruik van 1:3,5 km en een besparing van 0,6% levert het systeem een jaarlijkse kostenbesparing van € 79.

Aerodynamica

Er zijn verschillende technieken waarmee de luchtweerstand van een vrachtauto kan worden verminderd. Vervoerders kunnen hun voertuigen uitrusten met bumper- en dakspoilers, side fenders, aerodynamische wieldoppen en panelen aan de achterkant van de oplegger om 'drag' te verminderen. Daarnaast kan gekozen worden voor voertuigen met een aerodynamisch profiel en afgeronde hoeken. TNO (2008) schat het potentieel van deze maatregelen op 1-3% reductie van het energiegebruik, dit komt overeen met de schattingen van ECN (2007). De kosten voor deze maatregelen lopen uiteen van 400 tot 1.150 € (ECN, 2007)²². Specifieke cijfers voor tankwagens zijn niet bekend.

Het Nieuwe Rijden

In Nederland wordt een zuinige rijstijl gestimuleerd door het programma 'Het Nieuwe Rijden' (HNR). Het toepassen van de tips en adviezen zorgen ervoor dat de motor van de auto zoveel mogelijk wordt gebruikt in het deel van zijn werkveld waar het rendement zo hoog mogelijk is. Dit wordt met name bereikt door snel op te schakelen (bij lage toeren) en daar waar met constante snelheid wordt gereden dit in een zo hoog mogelijke versnelling te doen. Verder ligt de nadruk op anticiperend rijden zodat er zo min mogelijk hoeft te worden geremd en geaccelereerd.

HNR gaat ook in op rijden met de juiste bandenspanning, het nuttig gebruik van accessoires zoals cruisecontrol, een schakelindicator en een verbruiksmeter. Tot slot wordt geadviseerd over het gebruik van energieverbruikers in de auto zoals de airconditioning.

TNO (2006) schat dat de brandstofbesparing als gevolg van een cursus HNR kort na de cursus 10% kan zijn maar verwacht dat de efficiëntie daalt tot gemiddeld 3% besparing in een jaar na het volgen van de cursus. SenterNovem (2007) gaat uit van een gemiddelde besparing van 5%. TU Graz (2006) en ECN (2007) schatten het effect voor vrachtverkeer op 5%. De kosten voor een cursus en het inhuren van vervangend personeel bedragen € 275 per jaar (ECN, 2007)²³. Deze rijstijl is overigens sinds kort een verplicht onderdeel van de opleiding van vrachtwagenchauffeurs en is ook opgenomen in de periodieke cursussen die zij volgen (EU-regelgeving 2003/59).

²² Uitgaande van een dieselprijs van € 1,15, een kilometrage van 40.000 km/jaar, een diesilverbruik van 1:3,5 en een besparing van 2% leveren de technieken een jaarlijkse kostenbesparing van € 263.

²³ Uitgaande van een dieselprijs van € 1,15, een kilometrage van 40.000 km/jaar, een diesilverbruik van 1:3,5 en een besparing van 5% leveren de technieken een jaarlijkse kostenbesparing van € 657.



D.4 Maatregelen voor de kust -en binnenvaart

Een belangrijk knelpunt voor het realiseren van brandstofbesparingen in de scheepvaart is het langzame tempo waarin schepen worden vervangen. In de binnenvaart duurt dit ca. 20-30 jaar. Hierdoor stromen nieuwe, zuinige schepen maar langzaam in de vloot. Voor de korte termijn zijn daarom vooral maatregelen die schippers op bestaande schepen kunnen implementeren interessant. Naast technische aanpassingen aan schepen draagt ook logistieke optimalisatie bij aan energie efficiënter transport in de binnenvaart.

Langzamer varen, adviserende of automatische tempomaat

Het brandstofverbruik van een schip is sterk afhankelijk van de snelheid waarmee het vaart. Een schip met hoge snelheid dat veel optrekt en afremt verbruikt veel meer dan een schip dat langzamer en gelijkmatiger zijn route aflegt. De tempomaat bepaald op basis van parameters als vaarroute, getijden en stroomsnelheden de meest economische combinatie van vaarroute en snelheid. De adviserende tempomaat geeft hierbij advies aan de schipper, waarbij de automatische tempomaat de snelheid van het schip direct aanpast naar zijn eigen adviezen.

Het systeem kan op alle bestaande schepen worden aangebracht. Afhankelijk van de uitgangssituatie zorgt de tempomaat voor een besparing van 4 tot 15%. De kosten voor het systeem lopen uiteen en zijn afhankelijk van de al aanwezige software (GPS en brandstofmeetsysteem) aan boord en uiteraard de keuze voor een adviserende of automatische tempomaat. De kosten zijn echter laag, over het algemeen verdient de technologie zichzelf binnen één jaar terug (De Grave, 2006).

Uiteraard kan een zuinigere vaarstijl ook worden toegepast zonder aanwezigheid van een tempomaat. Met de campagne 'Het nieuwe varen' hoopt het ministerie van Verkeer en Waterstaat een brandstofbesparing van 5% te bereiken in de gehele Nederlandse vloot (ECN, 2007).

Zuinigere motoren

Nieuwe motoren zijn zuiniger dan oudere exemplaren. Ook nieuwe concepten voor de schroef kunnen zorgen voor een efficiëntere voortstuwing van het schip. Efficiënte motoren en schroeven zullen vooral in nieuwe schepen worden geplaatst, waarmee deze maar langzaam instromen in de vloot. Er zijn echter een aantal technieken die slechts een kleine aanpassing van het schip vereisen. Dit zijn onder andere achter elkaar geplaatste contraroterende schroeven, straalbuis rond de schroef en de tipplaatschroef. Hiermee kan een besparing tot ca. 10% ten opzichte van een conventionele schroef behaald worden (De Grave, 2006).

Vermindering van de scheepsrompweerstand

Een gestroomlijnde rompvorm is voor nieuwbouwschepen een belangrijke pijler voor brandstofbesparing. Voor bestaande schepen is een aanpassing van de rompvorm erg ingrijpend, een oppervlaktebehandeling van de romp is echter wel haalbaar en kan enkele procenten besparing opleveren (De Grave, 2006).

Langzamer varen

Ook in de kustvaart is het brandstofverbruik van het schip sterk afhankelijk van zijn snelheid. Het brandstof verbruik neemt af naarmate er langzamer en constanter gevaren wordt. Doordat het schip in de tijd die het nu langer onderweg is geen andere vracht kan vervoeren, brengt deze maatregel kosten



met zich mee. Een goede planning waarbij wachttijden in de havens worden geminimaliseerd kan echter bijdragen aan optimalisatie van het vaargedrag (bijv. door te voorkomen dat er snel wordt gevaren, en vervolgens moet worden gewacht voordat er kan worden geladen of gebunkerd).

Reduceren wrijvingsweerstand scheepsromp

Door een scheepsromp gladder te maken ondervindt een schip minder weerstand van het water. Een methode om de wrijvingsweerstand met het water te verminderen is het aanbrengen van een speciale coating. Deze zorgt er voor dat de romp glad blijft en voorkomt de aangroei van allerlei oneffenheden. Er is weinig informatie over de precieze kosten van en over het effect van deze coatings. IMO (2009) geeft echter een grove schatting. Zij schatten de brandstofbesparing van deze maatregel voor een producttanker op 0,6 tot 6,1%.

De kosten zijn afhankelijk van de grootte van het schip en het type coating en worden in IMO (2009) geschat op 11.120 tot 222.403 € (15.000-300.000 \$). Deze kosten moeten eens per vijf jaar betaald worden. Zij stellen dat deze maatregel hiermee kosteneffectief is en dus meer besparing oplevert dan dat de maatregel kost.

De wrijvingsweerstand kan ook verminderd worden door de romp schoon te houden. Het borstelen van de romp levert een brandstofbesparing van 1 tot 10% en is net als het aanbrengen van coatings- een kosteneffectieve maatregel.

D.5 Maatregelen voor transport per pijpleiding

Zoals eerder al is aangegeven wordt het transport per pijpleiding in Paragraaf 3.3. gekwantificeerd, hier worden wel maatregelen ter verbetering van de energie-efficiency besproken.

Benuttinggraad

De aanleg van een buisleiding is energie intensief. Daarnaast wordt ook energie gestoken in onderhoud, bescherming en controle van buisleiding(straten) ten behoeve van een goede werking c.q. veiligheid en het milieu.

Buisleidingen worden periodiek gereinigd om de capaciteit op peil te houden. De staat van buizen wordt getest door middel van sondes welke de structurele integriteit van leiding controleren.

Om corrosie tegen te gaan worden buisleidingen beschermd door middel van kathodische bescherming.

Leidingen worden gecontroleerd door middel van controles over land en door de lucht om te bepalen of er zich bijzonderheden voordoen welke de werking van de buisleiding kunnen beïnvloeden.

De energie (CO₂-emissie) welke benodigd is voor de aanleg en het onderhoud van een buisleiding zal per vervoerde eenheid product dalen bij een stijging van de bezettingsgraad van de buisleiding.

Pompsnelheid

Door het hanteren van een optimale pompsnelheid kan energie worden bespaard op het transport door buisleidingen. Per leverantie zal een meest optimale snelheid bepaald dienen te worden gegeven de eisen aan het transport (transportovereenkomst). Een hogere pompsnelheid resulteert namelijk in inefficiëntie door de toename in de weerstand welke de vloeistof



ondervindt. Het verpompen van de producten op een zo optimale snelheid zal de CO₂-emissie beperken.

Buis weerstand

De weerstand van een pijpleiding wordt niet alleen door de diameter en de bochten bepaald maar ook door de oppervlakte van de buis zelf. Bij de ontwikkeling van een buisleiding moet dus rekening gehouden worden met de weerstand van de wanden en kleppen. Een lage weerstand zal ervoor zorgen dat er minder vermogen benodigd is om de producten te transporteren tevens wordt hierdoor de opbouw van vuil in de leiding verminderd. Om de weerstand laag te houden dient de leiding ook periodiek gereinigd te worden (mechanisch, chemisch). Daarnaast kan de weerstand ook worden verlaagd door het gebruik van een weerstandverlagende coating. Bij een lage weerstand hoeft er minder energie te worden aangewend om de producten te verplaatsen. Door bij zowel de realisatie als onderhoudsfase weerstand verlagende maatregelen door te voeren wordt de CO₂-emissie beperkt.

Additieven

Er kunnen additieven worden toegevoegd aan ruwe olie en zware stookolie om het transport van hiervan te verbeteren. Door de additieven wordt de vloeibaarheid van de producten verbeterd zonder dat de producten dienen te worden verwarmd. De additieven verbeteren zowel doorstroming maar ook de mogelijkheid om de stroom weer op gang te brengen na een onderbreking. Door toevoeging van de doorstroom verbeteraar is minder energie nodig voor het transport en waardoor de CO₂-emissie wordt beperkt.

Efficiënte pompen

Industriële pompen zijn vaak over gedimensioneerd. Omdat de pompen hoger dan benodigd vermogen hebben voor het gewenste transport (omvang, snelheid) worden de pompen gesmoord doormiddel van een klep in de pijpleiding.

Toepassing van energie-efficiënte pompen biedt een mogelijkheid om energie te besparen bij het verpompen. Opties zijn het beter dimensioneren van pompen, het vervangen van waaiers, en het plaatsen van frequentiegestuurde pompen. Dit is verder uitgewerkt in Paragraaf 3.

Zoals aangegeven in Paragraaf 3. kan door het vervangen van waaiers gemiddeld ca. 10% op het energiegebruik worden bespaard. Met frequentiegestuurde pompen zijn verdergaande besparingen mogelijk, tot 40%.

Diameter pijpleiding

De diameter van een pijpleiding heeft naast haar invloed op de maximale transportcapaciteit ook invloed op het vermogen dat benodigd is om een bepaalde hoeveelheid product te verplaatsen. Er dient voor een buisleiding berekend te worden welke diameter het beste past bij de te vervoeren hoeveelheid (stroomsnelheid) en de eigenschappen van de te vervoeren producten (vloeistofdichtheid, viscositeit) om energieverliezen te beperken. Wel zal ook rekening gehouden dienen te worden met de toekomstige vraag. Een juiste buisdiameter zal de energieverliezen tegengaan en daarmee extra CO₂-emissies voorkomen.



Tracé ontwikkeling

Bij de ontwikkeling van een tracé dient een zo vloeiend mogelijk verloop van het tracé worden nagestreefd dat tevens zo kort mogelijk is. Bochten (horizontaal, verticaal) zullen de weerstand van de buisleiding doen toenemen. Indien mogelijk moet dus een tracé worden nagestreefd dat zo min mogelijk bochten en stijging kent. Daarbij dienen de benodigde bochten dienen zo vloeiend mogelijk te worden aangelegd.

Aan de andere kant dient er bij de tracéontwikkeling ook rekening gehouden te worden met de (veranderende) veiligheidsafstanden welke voor bepaalde producten worden vereist. Aanpassingen aan veiligheidsafstanden kunnen verstrekende gevolgen hebben voor de exploitatie van buisleidingen, doordat het vervoer van bepaalde producten mogelijk niet meer mogelijk is. Een aanpassing van de veiligheidsafstand kan dus resulteren in een dalende benuttinggraad.





Bijlage E Effecten bijmengen biomassa op de raffinaderij

E.1 Gevolgen op energiegebruik en CO₂-emissies van de raffinaderij

De gevolgen van het bijmengen van biomassa in de raffinage kunnen worden ingeschat op basis van een analyse van de benodigde hoeveelheden energie voor de conversie van de plantaardige oliën. Met name het waterstofgebruik neemt sterk toe, ten opzichten van raffinage van conventionele olie.

In de huidige praktijk wordt volgens ECN (1989) en RUU (2006) bij de Nederlandse raffinaderijen de in Tabel 22 gegeven specifieke en afgeleide absolute hoeveelheden brandstof, stoom, elektriciteit en waterstof gebruikt.

Tabel 22 Raming balans over en consumptie bij diesel ontzwaveling bij Nederlandse raffinaderijen

	Per eenheid input	Per jaar
Massabalans (kg/kg of kton/jaar)		
a) Input		
- Ruwe diesel of plantaardige olie	100%	12.221
- H ₂	0,4%	44
b) Output		
- Product	98%	11.963
- H ₂ S	0%	58
- Gas	2%	244
- H ₂ O		
Brandstof (MJ/ton _{in} of PJ/jaar)	400	4,8
LP stoom (MJ/ton _{in} of PJ/jaar)	270	3,2
Elektriciteit kWhe/ton _{in} of Gwhe/jaar	13,9	166

Stoom wordt in de regel op de raffinaderij zelf geproduceerd. De absolute consumptie van brandstof en stoom van ongeveer 8 PJ/jaar komt overeen met een jaaremissie van ongeveer 0,5 Mton CO₂.

Waterstof komt deels vrij bij katalytisch reformen van zware nafta voor benzineproductie en wordt daarnaast op de raffinaderij zelf of bij een extern bedrijf geproduceerd uit aardgas (of residuele olie - Shell PER+). Elektriciteit wordt grotendeels ingekocht.

Meeverwerken van plantaardige olie in de diesel hydrotreater zal de volgende effecten hebben op het energiegebruik van de raffinaderij:

- een hogere waterstof consumptie en een hoger gebruik van elektriciteit voor waterstofcompressie;
- een lager brandstofgebruik voor het fornuis van de hydrotreater;
- een afnemende stoomvraag voor de stripper van de hydrotreater voor de verwijdering van 'light ends' zoals waterdamp, waterstofoverschot, propaan en andere lichte productgassen;
- het beschikbaar komen van klimaatneutraal propaan (m.a.w., van propaan van biologische oorsprong).



In Tabel 23 zijn deze effecten geïllustreerd met een indicatieve massabalans en indicatieve omvang van geconsumeerde hoeveelheden brandstof, stoom en elektriciteit voor sojaolie en koolzaadolie. Beide beschouwde soorten plantaardige oliën zijn de belangrijkste grondstoffen voor biodiesel. Het is de verwachting dat plantaardige oliën leiden tot een duidelijke grotere behoefte aan H₂, maar minder gebruik van brandstof, stoom en elektriciteit, en een hogere productie van propaan.

Tabel 23 Vergelijking massabalans en specifieke gebruiken voor hydrotreating van conventionele diesel en plantaardige oliën

	Conventionele diesel	HVO uit sojaolie	HVO uit koolzaadolie
Massabalans (kg/kg of kton/jaar)			
a) Input			
– Ruwe diesel of plantaardige olie	100%	100%	100%
– H ₂	0,4%	4%	4%
b) Output			
– Product	98%	86%	84%
– H ₂ S	0%		
– Gassen, propaan	2%	5,00%	5%
– H ₂ O		12%	12%
Brandstof (MJ/ton _{in})	400	150	150
LP stoom (MJ/ton _{in} 0	270	236	232
Elektriciteit kWhe/ton _{in}	13,9	146	141

Bronnen: Marker et al., 2005; Schmidt et al., 2008; H. Huo et al., 2008.

Onze inschatting is dat de reductie in brandstofbehoefte en stoomvraag in de praktijk zal leiden tot een reductie van de aardgasinkoop en dat propaan gebruikt wordt als raffinaderijbrandstof en aardgas vervangt. De extra behoefte aan waterstof zal waarschijnlijk vooral worden opgevangen door inkoop bij externe producenten. Mogelijkheden voor extra eigen productie bij reformers zijn marginaal in vergelijking met de toename in waterstofvraag. De eigen productie van waterstof uit aardgas of residu wordt in de regel al (nagenoeg) volledig benut.

Vervanging van 1% van de productie aan conventionele diesel door HVO uit sojaolie of koolzaadolie zal bij deze invulling een reductie geven van de CO₂-emissies van de raffinagesector van 20 kton/jaar (zie Tabel 24).

Zoals aangegeven in Paragraaf 6.4 kan minimaal 3% van de dieselproductie door HVO-productie worden vervangen. Een vervanging van 10% lijkt goed mogelijk en mogelijk kunnen gezien de ervaringen bij PREEM's Göteborg-raffinaderij ook hogere percentages worden gehaald. Een jaarlijkse reductie van 60-200 kton CO₂ lijkt daarmee een reële indicatie van de totale, maximum haalbare reductie die bij de Nederlandse raffinaderijen zou kunnen worden gerealiseerd.



Tabel 24 Raming vermeden CO₂-emissies bij vervanging van diesel door HVO

	Diesel	Sojaolie	Koolzaadolie
Massabalans (kg/kg of kton/jaar)			
a) Input			
– Ruwe diesel of plantaardige olie	122,2	142,5	142,5
– H ₂	0,4	5,2	5,2
b) Output			
– Product	119,6	119,6	119,6
– H ₂ S			
– Gas	2,4	6,9	6,9
– H ₂ O	0,0	16,9	16,9
Utilities consumptie			
– Brandstof (PJ/jaar)	0,05	0,02	0,02
– LP stoom (PJ/jaar)	0,03	0,03	0,03
– Kracht (Gwhe/jaar)	2	17	17
Resulterende brandstofbesparing (PJ/jaar)		0,03	0,03
Stookwaarde geproduceerd groen gas (PJ/aar)		0,32	0,32
PJ brandstof uitgespaard en aan groene brandstof geproduceerd		0,35	0,35
Equivalent CO ₂ -emissiereductie, kton/jaar (bij emissiefactor van 56,8 kg/GJ voor vervangen/uitgespaarde brandstof)		20	20

In deze inschatting is nog niet verdisconteerd dat de massabalans over de raffinaderij mogelijk zal veranderen omdat relatief minder diesel per eenheid verwerkte ruwe olie hoeft te worden geproduceerd om dezelfde 'product slate' te kunnen leveren.

Onze inschatting is dat deze effecten alleen maar een verdere reductie van energiegebruik en/of waterstofconsumptie zullen geven. Op basis van marktprijzen is te verwachten dat een deel van de straight run diesel naar de kero pool wordt omgeleid, waarbij met een minder diepe ontzwaveling kan worden volstaan.

Dit voordeel gaat echter niet op wanneer er additionele verwerking van plantaardige oliën in de hydrotreater plaatsvindt. In dat geval nemen de emissies van de raffinaderij juist toe omdat het totale energiegebruik toeneemt.

Onze aanbeveling is bovenstaande cijfers en de effecten van meeverwerken op de bedrijfsvoering, energiegebruiken en broeikasgasemissies van de andere installaties op de verschillende Nederlandse raffinaderijen verder te onderzoeken.





Bijlage F Overzicht technisch besparingspotentieel per ketenstap

Een gedetailleerd overzicht van de resultaten per ketenstap is gegeven in Tabel 25.



Tabel 25 Overzicht van de resultaten: energiegebruik, CO₂-emissie en technisch besparingspotentieel in de diverse ketenstappen

	Energiegebruik		CO ₂ -emissie	Besparingsopties	Technisch besparingspotentieel		Terugverdiëntijd	Bron
	TJ/jr	kton CO ₂ /jaar			%	TJ/jr		
Op- en overslag aardolie en producten								
Overslag van de olietanker naar de opslag	830	58	Energie-efficiënte pompen	10-40%	80-350	5-20	Maatwerk, vaak < 5 jr	KSB, de Keulenaer, IEA, 2007; SN 2009c
			Walstroom	?	?	?	> 5	
Op- en overslag ruwe olie naar raffinaderijen	450	32	Energie-efficiënte pompen	10-40%	45-200	3-13	Maatwerk, vaak < 5 jr	KSB, de Keulenaer, IEA, 2007; SN 2009c
Transport ruwe olie naar Duitsland en België	1.200	85	Energie-efficiënte pompen	10%	60-180	5-15	Maatwerk, vaak < 5 jr	"
Op- en overslag aardolieproducten	700	47	Energie-efficiënte pompen	10-30%	30-100	2-7	Maatwerk, vaak < 5 jr	"
			Isolatie, temperatuurregeling, efficiënte warmteopwekking, benutting restwarmte	20-30%	50-75	3-5	Vaak < 5 jr	SN, 2009b
Totaal	3.200	210			300-900	20-50		
Distributie en tanken								
Binnenvaart	2.446	179	Tempomaat	10%	245	18	< 5	
			Het Nieuwe Varen	5%	122	9,0	?	
			Aanpassing schroef	10%	245	18	?	
			Oppervlaktebehandeling romp	2%	49	3,6	?	
Wegvervoer	3.556	260	Energiezuinige banden	7,5%	267	20	< 5	
			Controle bandenspanning	0,6%	21	1,6	< 5	
			Verbeterde aerodynamica	2%	71	5,2	< 5	
			Het Nieuwe Rijden	5%	178	13	< 5	
Kustvaart	291	291	Langzamer varen, vliegers, coating, borstelen scheepsromp, flettnerotors	P.M.	P.M.	P.M.	?	
Tanken	263	32	LED verlichting	25% ¹	66	8,1	?	
Totaal	6.600	760		P.M.	P.M.	P.M.		

	Energiegebruik	CO ₂ -emissie	Besparingsopties	Technisch besparingspotentieel		Terug-	Bron
	TJ/jr	kton CO ₂ /jaar		%	TJ/jr	kton CO ₂ /jaar	verdiendtijd
Levering restwarmte en CO₂							
CO ₂ -levering aan glastuinbouw			Nog niet benut potentieel	n.v.t.	6.200	575 (230 al gerealiseerd)	5 RCI, 2008; OCAP, 2008
Warmtelevering (glastuinbouw en gebouwde omgeving)			Potentieel van nog niet of deels benutte opties	"	19.000	100-900	=> 5 CE, 2002
Totaal	n.v.t.	n.v.t.			25.000	1.500	
Duurzame energie							
Biomassa			Inzet biomassa in raffinaderij	n.v.t.	2.600	120	?
Windenergie			Plaatsing windturbines op raffinaderijen en opslagterminals	"	1.650	110	ca. 5 BP, 2006; SN, 2007
Zonne-energie			Zonnepanelen op daken opslagtanks	"	80	5	> 5 RH, 2003
			Zonnecellen op tankstations	"	263	32	> 5
Totaal	n.v.t.	n.v.t.			5.000-30.000	400-1.400	

¹ Uitgaande van een besparing van 50% door het vervangen van de buitenverlichting door LED-verlichting en aangenomen dat de buitenverlichting 50% van het energiegebruik voor z'n rekening neemt.

