



DAVIDSE CONSULTANCY

Warmte-energie, *de* motor van de industrie

Ontwikkelingen in het gebruik en de opwekking van industriële warmte

Bennekom, oktober 2012

In opdracht van:



NETHERLANDS
PETROLEUM
INDUSTRY
ASSOCIATION

VERENIGING
NEDERLANDSE
PETROLEUM
INDUSTRIE



BEGELEIDENDE BRIEF

Warmte-energie, de motor van de industrie: hoe verder?

Het voorliggende onderzoek van Davidse Consultancy naar de ontwikkeling van de warmtebehoefte in de chemische, aardolie en papier en karton industrie vraagt om passende vervolgstappen. VNCI, VNPI, VNP en Deltalinqs geven daartoe een aanzet in deze begeleidende notitie bij de studie.

Het onderzoek dekt circa 90 % van de warmtevraag van de chemie, aardolie en papier en karton industrie. Het geeft een gedetailleerd inzicht in het huidige warmte- en elektriciteitsverbruik en het verbruik in 2020 (voor de periode daarna tot 2030 konden de bedrijven desgevraagd geen reële inschatting maken).

Uit het onderzoek blijkt, dat in de huidige periode de warmte verantwoordelijk is voor meer dan 80 % van het energieverbruik. De rest van de verbruikte energie wordt ingezet als elektriciteit. Van de totale warmtevraag wordt 27 % geproduceerd door recuperatie van warmte uit restwarmte. Voor het overige deel zijn aardgas en restgassen met 37 %, respectievelijk 32 %, de meest belangrijke energiebronnen. *Warmte op basis van fossiele brandstoffen* is dus bepalend voor meer dan 70 % van het energieverbruik in deze sectoren tot en met 2020.

De huidige totale hoeveelheid benodigde primaire energie is 394 PJ/j. In 2020 is dat naar verwachting 386 PJ/j. Er treedt dus in absolute zin weinig verandering op. Dat geldt ook voor de in te zetten brandstoffen. Productiegegevens zijn niet opgevraagd, zodat geen uitspraken kunnen worden gedaan over het relatieve energieverbruik; bedrijven geven aan dat zij doorgaan met energiebesparingsactiviteiten en verdere recuperatie van restwarmte .

Conclusie is dat de CO₂ emissie tussen nu en 2020 eveneens weinig zal veranderen (circa 21 MT/jr).

Grootste verandering is de gerapporteerde sterke afname van WKK, met circa 37% in 2020 ten opzichte van de huidige situatie (een verlies van 915 MWe aan WKK vermogen). Daarvoor in de plaats komt eigen warmte opwekking met ketels en inkoop van elektriciteit, wat een toename van de CO₂ uitstoot betekent.

De doelstelling voor 2050 van de EU en in het verlengde daarvan voor Nederland, is 80 % CO₂ reductie; voor 2030 is de doelstelling in Nederland 40 % reductie¹. De invulling van de weg daar naartoe heeft nog niet plaatsgevonden, al zijn de bouwstenen wel aangegeven in de Klimaatbrief 2011 van het kabinet.

¹ Roadmap for moving to a competitive low carbon economy, COM/2011/112 final, EU Klimaatbrief kabinet d.d. 18 november 2011

Toegesplitst op de warmtebehoefte als veruit de grootste energieverbruiker zijn er in de kern drie opties:

- beperking van de warmtebehoefte;
- CO₂ arme warmte opwekking;
- CO₂ hergebruik en opslag.

Gezien de ingrijpende veranderingen die nodig zullen zijn om de doelstellingen te realiseren voor 2030 (40 % CO₂ reductie), respectievelijk 2050 (80-95 %), menen de betrokken sectoren dat een tijdige aanvang van discussies over mogelijkheden tot invulling van, en de noodzakelijke condities voor, de realisering van de doelstellingen van groot belang is, mede om Nederland als vestigingsplaats voor industriële bedrijven aantrekkelijk te houden. De gewenste discussie met het ministerie van EL&I vraagt inbreng en betrokkenheid van zowel bedrijven als overheid. De Voorstudies en Routekaarten van de VNCI, VNPI en VNP zijn daarbij belangrijke bouwstenen. Deze discussie dient breder te zijn dan discussies over de bekende deelonderwerpen zoals energie efficiëntie, WKK, CCS, EU ETS, duurzame energiebronnen etc. en heeft naast een nationale insteek ook een relatie met ontwikkelingen op gebiedsgericht niveau en in EU verband.

Genoemde sectoren bieden aan een aanzet tot deze discussie op te stellen. Daarbij zal het deels gaan om gedeelde onderwerpen en deels over sectorspecifieke onderwerpen. Het toekomst perspectief voor verschillende sectoren is immers ingrijpend verschillend.

Dr. N.C.M. Alma –Zeestraten
Directeur VNCI

Mr. M.C. Hill
Directeur VNPI

Ir. G. J. Koopman
Directeur VNP

Drs. C.J. Asselbergs
Directeur Deltalinqs



NETHERLANDS
PETROLEUM
INDUSTRY
ASSOCIATION

VERENIGING
NEDERLANDSE
PETROLEUM
INDUSTRIE





Dankwoord

Dit rapport is gebaseerd op een inventarisatie betreffende het warmtegebruik en de warmteopwekking onder de bedrijven die bij de VNCI, de VNP en de VNPI zijn aangesloten. De opsteller van dit rapport is de bedrijven die aan het onderzoek hebben bijgedragen daarvoor zeer erkentelijk. Zonder hun inbreng zou deze rapportage niet mogelijk zijn geweest.

Hans Davidse

Bennekom, oktober 2012



INHOUDSOPGAVE

Begeleidende brief.....	I
Samenvatting	a
1. Inleiding.....	1
2. Doel van het onderzoek.....	1
3. Aanpak van het onderzoek en verantwoording	2
4. Analyse van de gerapporteerde ontwikkelingen in het energiegebruik.....	4
4.1. Aantal bedrijven dat gereageerd heeft	4
4.2. Ontwikkelingen in de warmtevraag	5
4.3. Ontwikkelingen in de warmteproductie.....	7
4.4. Warmte-uitwisseling.....	10
4.5. Brandstofinzet.....	11
4.6. Elektriciteitsverbruik en elektriciteitsproductie	13
5. Trend in primair energiegebruik en brandstofbesparing.....	14
6. Effect op CO ₂ emissies, verbonden aan het energiegebruik	17
7. Analyse van de WKK ontwikkelingen.....	18
7.1. Inleiding	18
7.2. De verwachte ontwikkelingen in WKK-volume	19
7.3. Past het WKK-potentieel in de toekomstige warmtevraag en welk effect zou dit hebben op het primair energiegebruik en de CO ₂ emissie?.....	21
8. Analyse van de gerapporteerde trends en toekomstverwachtingen.....	23
8.1. Inleiding	23
8.2. Resultaten	23
8.2.1. Wat zijn de meest belangrijke factoren die de besluitvorming van bedrijven over investeringen in de warmteproductie bepalen?	23
8.2.2. Ontwikkeling energiegebruik in relatie tot ontwikkelingen in productie en productontwikkeling:	24
8.2.3. Energie-efficiëntie activiteiten:	24
8.2.4. Welke mogelijkheden zien bedrijven voor de toepassing van warmtepompen?	24
8.2.5. Welke mogelijkheden zijn er voor warmte-integratie en warmtenetten?	24
9. Conclusies	24
Bijlage 1:	28
Warmtegebruik en warmteproductie in het Rotterdamse havengebied	
Bijlage 2:	36
Additionele analyse van de industriële warmte	
Bijlage 3:	40
Referenties	



SAMENVATTING

Inleiding

Dit rapport presenteert de resultaten van een inventarisatie, die uitgevoerd is onder bedrijven behorend tot de chemische industrie, verenigd in de VNCI, de aardolie raffinaderijen, verenigd in de VNPI, en de papier en kartonindustrie, verenigd in de VNP. Ook Deltalinqs was betrokken bij het onderzoek als belanghebbende voor het Rotterdamse havengebied. Het onderzoek vindt plaats in het kader van het MEE convenant en wordt ondersteund door Agentschap NL.

De kernvragen van het onderzoek

1) Hoe zal in de periode tot 2020 en van 2020 tot 2030 de industriële warmtevraag zich ontwikkelen?

De huidige warmtevraag in de drie industriesectoren bedraagt 379 PJ/j. Volgens de verwachting van de bedrijven zal deze afnemen tot 367 PJ/j in 2020. Vrijwel alle bedrijven geven aan over de periode 2020-2030 geen bruikbare informatie te kunnen verstrekken. Het is daarom niet mogelijk over ontwikkelingen in die periode te rapporteren. De afname in de periode tot 2020 bedraagt 12 PJ/j. Dat is 3 % van het huidige verbruik. De daling is de resultante van een mix van oorzaken:

- Er worden verdere stappen in energie-efficiëntie gezet, die bijdragen aan een verlaging van de vraag.
- Bij verschillende bedrijven is sprake van productiegroei en verandering in productportfolio, die zowel een stijging als een daling tot gevolg kunnen hebben.

Over de ontwikkeling van de relatieve besparing (het warmtegebruik per eenheid product) kunnen op grond van deze getallen geen conclusies getrokken worden.

2) Op welke wijze zal de warmtevraag in deze periodes worden ingevuld?

De warmte wordt nu vrijwel volledig geproduceerd met restwarmte, WKK en ketels en fornuizen. Samen is hun aandeel ca. 98 %. Ook in 2020 zal dat naar verwachting zo zijn. Wel treden er belangrijke verschuivingen op. Die zijn in tabel A weergegeven. Het WKK aandeel neemt af en de warmteproductie met ketels en fornuizen stijgt.



Tabel A: Verdeling van de warmteproductie		
	Huidig	2020
Totale warmteproductie	395 PJ/j	379 PJ/j
Restwarmte	27%	28%
WKK	23%	18%
Ketels/Fornuizen	48%	52%
Overige	0%	1%
Van derden uit afval	1%	1%
Van derden overige	0,5%	0%

In de huidige situatie wordt 398 PJ/j aan warmte geproduceerd. Naar verwachting is dat in 2020 gedaald met 4 % tot 380 PJ/j.

De totale warmteproductie, uitgedrukt in PJ/j, is groter dan de warmtevraag. Een flink deel van de warmte wordt op een hogere temperatuur geproduceerd dan waarop het gebruikt wordt. Met de hogere energie-inhoud wordt vaak eerst nog elektriciteit geproduceerd in tegendruk stoomturbines of directe aandrijfenergie geleverd met stoomturbines.

1) Welke consequenties heeft een gewijzigde warmteproductie voor de energie-efficiëntie en CO2 emissies in de betreffende industriesectoren?

Het primair energiegebruik, bepaald volgens de rekenregels van het MEE monitoring protocol, behorend bij het warmte- en elektriciteitsgebruik in de drie sectoren, is in tabel B weergegeven. In het primair energiegebruik zijn ook alle WKK-installatie die warmte aan de betrokken bedrijven leveren betrokken, ook al worden ze soms door derden of in Joint Ventures bedreven.

Tabel B: Primair energiegebruik en besparing (PJprim/j)		
	Huidig	2020
Referentie primaire energie	531	522
Primaire energie	394	386
Besparing	138	136
	26 %	26 %

De brandstofbesparing t.o.v. de referentie primaire energie wordt gerealiseerd door de combinatie van restwarmte en WKK.

Het referentie primair energiegebruik daalt in 2020 t.o.v. het huidige met 13 PJ/j, voornamelijk ten gevolge van het gedaalde warmtegebruik. Het primair



energiegebruik daalt in 2020 met 5 PJ/j. De brandstofbesparing gaat dus relatief achteruit. De voornaamste oorzaak is de teruggang in WKK-volume. De effecten van de doorgaande energie-efficiëntie maatregelen bij de bedrijven wegen daar niet tegenop.

Het effect op de CO₂ emissie, behorend bij het energiegebruik in de drie sectoren, is in tabel C weergegeven.

Tabel C: CO₂ emissie (kt/j)		
	Huidig	2020
Directe CO ₂ emissie	22907	20431
CO ₂ E- levering aan net	-4608	-2260
CO ₂ E import	2538	3254
CO ₂ warmte aan 3e	-51	-192
CO ₂ warmte van extern	122	168
CO ₂ emissie energiegebruik	20909	21401

De CO₂ emissie, gerelateerd aan het energiegebruik in 2020, stijgt licht met 1,3 % ten opzichte van de huidige emissie. De oorzaak is de lagere efficiëntie van de energieopwekking in 2020 ten gevolge van een lagere inzet van WKK, in combinatie met een hogere elektriciteitsimport en een verminderde elektriciteitslevering aan derden.

2) Wat zijn de meest belangrijke factoren die de besluitvorming van bedrijven over investeringen in de warmteproductie bepalen?

Vrijwel alle bedrijven geven aan dat het economisch resultaat op basis van de verwachtingen van marktprijzen voor elektriciteit, brandstoffen en CO₂ rechten de voornaamste factor is in de keuze tussen alternatieven voor warmteproductie. Daarnaast worden ook meer strategische factoren genoemd, zoals de betrouwbaarheid van de energievoorziening en met name de warmteproductie.

Onderzochte vormen van warmtegebruik

De volgende vormen van warmtegebruik zijn in het onderzoek betrokken:

- Alle geproduceerde warmte in ketels en fornuizen en WKK installaties.
- Alle warmte die teruggewonnen wordt uit restwarmte en die elders (binnen of buiten het bedrijf) weer gebruikt wordt. Warmterecuperatie binnen de procesinstallaties zelf is in principe buiten beschouwing gebleven.



- Alle warmte die van externe bronnen aangeleverd wordt.
- Alle warmte die aan derden geleverd wordt.

Aantal bedrijven dat gereageerd heeft

In totaal hebben 55 bedrijven bijgedragen aan dit onderzoek: 36 binnen de chemie, 5 in de olieraffinage en 14 uit de Papier & Karton sector.

Naar schatting is meer dan 90 % van het totaal van de warmtevraag in de drie sectoren in dit onderzoek betrokken.

Trend naar lagere temperatuur warmtevraag?

Hoe lager de vereiste temperatuur van de warmte, hoe groter het rendement waarmee die geproduceerd kan worden. Ook de mogelijkheden van restwarmte gebruik en de inzet van hernieuwbare warmteproductie zijn dan groter. Uit het onderzoek blijkt dat er in het temperatuurniveau waarop de warmte gebruikt wordt nauwelijks verandering optreden. Nu wordt 70 % van de warmte gebruikt op een temperatuur boven 200 °C en dat blijft zo in 2020.

Trends in de warmteproductie

98 % van alle warmte wordt geproduceerd uit restwarmte, WKK en ketels en fornuizen (zie tabel A). Ook in 2020 zijn dit de meest belangrijke productiemiddelen.

De warmteproductie uit restwarmte die de bedrijven opgegeven hebben blijft procentueel gelijk en daal iets in absolute waarde. De meeste bedrijven geven aan meer warmte uit restwarmte te gaan recupereren. In de situaties dat deze warmterecuperatie direct in de betreffende procesinstallatie plaatsvindt komt dat niet tot uitdrukking in de gerapporteerde warmtegetallen, maar wordt het effect zichtbaar in een verlaging van het brandstofgebruik.

De warmteproductie met WKK daalt flink, nml. met ca. 20 PJ/j (26 %) als gevolg van een sterk verminderde inzet van WKK. Dit wordt grotendeels overgenomen door meer inzet van ketels en fornuizen.

Het aandeel hernieuwbaar geproduceerde warmte stijgt van 3 PJ/j naar 4,5 PJ/j in 2020, maar blijft een bescheiden deel (warmte uit afval is voor 50 % als hernieuwbaar gerekend).



Ontwikkelingen in het brandstofgebruik

Van de totale warmteproductie wordt 70 % gegenereerd met inzet van brandstoffen. De brandstof bestaat vrijwel volledig (99%) uit aardgas en restgassen. In 2020 verandert dit niet.

Voor de huidige warmtevraag wordt ca 406 PJ/j brandstof ingezet. Deze brandstofhoeveelheid is inclusief de volledige brandstof van de WKK-installaties, waarmee ook elektriciteit geproduceerd wordt. In 2020 is het brandstofgebruik gedaald tot ca 363 PJ/j. Dat heeft twee belangrijke oorzaken: de lagere warmteproductie, mede dank zij verdere energie-efficiëntie en restwarmterecuperatie en het veel kleinere aandeel WKK, waardoor de extra brandstof voor elektriciteitsproductie wegvalt.

Elektriciteitsverbruik en elektriciteitsproductie

Het elektriciteitsgebruik stijgt van 13 TWh/j (47 PJ/j) nu naar 14 TWh/j (50 PJ/j) in 2020. Dat wordt mede veroorzaakt door een geleidelijke omschakeling in de industrie van mechanical drive stoomturbines naar toeren geregelde elektromotoren. De productie van elektriciteit met WKK daalt van 16 TWh/j naar 12 TWh/j in 2020. Deze twee trends resulteren in meer import van elektriciteit en een sterke daling van de elektriciteitslevering aan derden via het openbare net.

Verhouding warmte en elektriciteit

Het warmtegebruik in de drie industriesectoren is vele malen groter dan het elektriciteitsgebruik, ook als dat uitgedrukt wordt in primaire energie, d.w.z. in de hoeveelheid brandstof die daaraan toegerekend wordt. De vergelijking is in tabel D gegeven.

Tabel D: Ontwikkeling WKK volume			
		Huidig	2020
Warmteproductie WKK	PJsec/j	90	69
Elektriciteitsproductie	TWh/j	16	12
E-levering aan het net	TWh/j	7	4
Brandstof WKK	PJprim/j	178	129
Besparing WKK	PJprim/j	50	42

De warmte- en elektriciteitsproductie met WKK loopt flink terug. Bedrijven verwachten WKK-installaties uit bedrijf te nemen vanwege de slechte economische



omstandigheden waaronder deze bedreven worden. De informatie daarover is in tabel E weergegeven.

Tabel E: Verwachte ontwikkeling in WKK vermogen			
		Huidig	2020
Aantal WKK installaties in bedrijf		49	31
Geïnstalleerd elektrisch vermogen	MWe	2495	1580
Aantal uit bedrijf			18
Vermogen uit bedrijf	MWe		915

Het tijdstip waarop WKK-eenheden mogelijk worden stil gezet wordt in een aantal situaties mede bepaald door een bestaande Joint Venture of outsourcing overeenkomst.

Daarnaast is er ook sprake van een aantal 'locked-in' situaties, waarbij de WKK-installatie, ondanks verliezen, blijft draaien, omdat er voor de WKK geen vervangende warmteproductiecapaciteit aanwezig is.

Past het aanwezige WKK potentieel in de toekomstige warmtevraag en welk effect zou dit hebben op het primair energiegebruik en de CO₂ emissie?

Bij de Chemie en de Raffinage is nog een flink potentieel aan WKK mogelijkheden aanwezig. Dit zou qua warmtecapaciteit in te passen zijn in de warmtevraag van 2020 zonder verdringing van duurzame warmteopwekking of gebruik van restwarmte. Met dit WKK potentieel zou een extra brandstofbesparing gerealiseerd worden van 66 PJ/j t.o.v. de verwachte besparing in 2020. De CO₂ emissie reductie t.o.v. de CO₂ emissie in 2020 bedraagt 6,5 mln ton/j.

Uit de inventarisatie zijn geen alternatieven gekomen die een vergelijkbare brandstofbesparing en CO₂ emissie reductie realiseren.



1. INLEIDING

De VNCI, VNP en VNPI hebben het initiatief genomen om, in het kader van het MEE convenant, onderzoek te laten doen naar de ontwikkelingen in het gebruik en de productie van warmte in de industrie. Als belanghebbende voor het Rotterdamse havengebied was ook Deltalinqs betrokken bij het onderzoek. Aan Davidse Consultancy is opdracht gegeven voor dit onderzoek. Het is uitgevoerd met ondersteuning van AgentschapNL.

Zoals ook uit dit rapport zal blijken is warmte veruit de belangrijkste energievorm voor de industrie. De kernvragen van dit warmteonderzoek zijn:

- Hoe zal in de periode tot 2020 en van 2020 tot 2030 de industriële warmtevraag zich ontwikkelen?
- Op welke wijze zal deze warmtevraag in deze periodes worden ingevuld?
- Welke consequenties heeft een gewijzigde warmteproductie voor de energie-efficiëntie en CO₂ emissies in de industrie?
- Wat zijn de meest belangrijke factoren die de besluitvorming van bedrijven over investeringen in de warmteproductie bepalen?

Het onderzoek is opgezet als een inventarisatie onder de bedrijven die bij de drie brancheorganisaties zijn aangesloten en geeft zo een beeld van hun huidige energiegebruik en hoe ze de ontwikkelingen daarin zien in de periode tot 2020 en daarna tot 2030. Dit rapport geeft daarvan een op sectorniveau geaggregeerde weergave.

2. DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het doel van dit onderzoek is om:

1. Inzicht te creëren in:

- Hoe in de periode tot 2020 en van 2020 tot 2030 de industriële warmtevraag zich ontwikkelt in relatie tot de in de klimaatbrief 2050 (1)^{*)} verwoorde doelstellingen.
- Op welke wijze de warmtevraag in deze periodes wordt ingevuld.
- De eventuele consequenties m.b.t. energie-efficiëntie en CO₂ emissies bij een mogelijk gewijzigde invulling van de warmtevraag.

2. Beter inzicht te krijgen in de besluitvorming van bedrijven betreffende de invulling van de warmtevraag.

*) Voor referenties zie bijlage 3



3. AANPAK VAN HET ONDERZOEK EN VERANTWOORDING

Het onderzoek is verdeeld in de volgende stappen:

Stap 1:

Middels een enquête onder de aangesloten bedrijven is gevraagd informatie te verschaffen over: de huidige opgestelde capaciteit aan warmteproductie, het huidige warmtegebruik en hoe die geproduceerd wordt en de ontwikkelingen daarin in de periode tot 2020 en de periode 2020 tot 2030.

Daarbij zijn de volgende indelingen aan gehouden:

- De soort warmte, zoals stoom, thermische olie, warm water, directe proceswarmte.
- De temperatuurniveau's van de gebruikte en opgewekte warmte met de volgende indeling:
 - onder 100 °C,
 - tussen 100 en 200 °C,
 - tussen 200 en 400 °C
 - boven 400 °C .

- De soort primaire energie (brandstof) waarmee de warmte gemaakt wordt, onderverdeeld in: aardgas, restgassen en restbrandstoffen, restwarmte, warmte uit externe bronnen, biomassa, overige.

Onder restgassen zijn ook gerekend de lokaal gevormde brandstoffen die uit voeding van processtromen gevormd zijn, zoals bijvoorbeeld op de raffinaderijen.

- Op welke manier de warmte opgewekt wordt, onderverdeeld in:
 - Ketels
 - Fornoizen
 - WKK
 - Warmte uit restwarmte
 - Warmte uit hernieuwbare primaire energie

Bij WKK is ook betrokken hoeveel elektriciteit daarbij geproduceerd wordt.

- De warmte die vanuit externe bronnen geleverd wordt en welke mogelijkheden er zijn voor warmtenetwerken.
- Tenslotte is ook onderzocht hoeveel elektriciteit gebruikt wordt, welk deel daarvan geïmporteerd wordt en welk deel geëxporteerd of aan derden geleverd wordt in geval van WKK productie.

Behalve getalmatige informatie is aan de bedrijven ook gevraagd de meest belangrijke criteria en overwegingen te geven bij de verwachtingen betreffende de ontwikkelingen op hun locaties.



Stap 2:

Van de response van de bedrijven is een analyse gemaakt, zowel op locatieniveau, als op sectoraal niveau. Voor zover daar aanleiding toe was is met een aantal bedrijven nog contact geweest om verduidelijking te krijgen, of inconsistenties en/of overlappings met andere bedrijven eruit te halen. Met name in situaties waar bedrijven energetisch geclusterd zijn en bij de energie-intensieve bedrijven is van belang dat de energiebalansen die in het onderzoek gebruikt zijn, zo goed mogelijk kloppen.

Stap 3:

Met de resultaten van de analyse is dit rapport opgesteld. Op verzoek van Deltalinqs is ook een uitsplitsing gemaakt voor het Rotterdamse havengebied. In het kader van het Rotterdam Climate Initiative bevordert Deltalinqs, als een van de partners, energiebesparing in het havengebied. Deltalinqs wil daarom in het bijzonder meer inzicht krijgen in het warmtegebruik en de positie van warmte/kracht koppeling. Deze uitsplitsing is opgenomen in Bijlage 1.

Definities en systeemgrenzen

Het onderzoek betreft de volgende vormen van warmtegebruik en warmteproductie:

- Alle geproduceerde warmte in ketels en fornuizen en WKK installaties.
- Alle warmte die teruggewonnen wordt uit restwarmte^{*)} die vrijkomt in de procesinstallaties en die, meestal in de vorm van stoom of warm water, ingevoed wordt op warmtenetten en elders (binnen of buiten het bedrijf) weer gebruikt wordt. Dus alle warmterecuperatie binnen de procesinstallatie zelf blijft in principe buiten beschouwing.
- Alle warmte die van externe bronnen aangeleverd wordt.
- Alle warmte die aan derden geleverd wordt.

De aangehouden systeemgrens is globaal als volgt: Het gaat om de netto geleverde warmte, zonder de warmte die bij de opwekking gebruikt wordt, zoals bijvoorbeeld ontgassingsstoom, en rekening houdend met de warmte in retourstromen, zoals condensaat. Bij de analyse van de ingestuurde rapportages is zoveel mogelijk gecontroleerd of deze systeemgrenzen ook toegepast werden en waar nodig zijn er correcties aangebracht.

*) Onder restwarmte wordt hier verstaan warmte die onbedoeld vrijkomt bij industriële productieprocessen.



Primaire en secundaire energievormen

In het rapport wordt onderscheid gemaakt in primaire en secundaire energie. Secundaire energie betreft alle bruikbare vormen van energie, zoals elektriciteit, stoom, proceswarmte en dergelijke. Deze secundaire vormen worden via energieconversie gevormd uit primaire energie (brandstoffen). Daar waar nodig is in het rapport aangegeven of het primaire of secundaire energie betreft.

Energie-eenheden

De warmtehoeveelheid wordt in dit rapport meestal gerapporteerd in “PJ/j” (PetaJoule per jaar) ^{*)} en soms in “TJ/j” (TeraJoule per jaar).

1 PetaJoule = 1000 TJ (TeraJoule)
1000 000 GJ (GigaJoule)
1000 000 000 MJ (MegaJoule)
1000 000 000 000 kJ (kiloJoule)

De hoeveelheid elektriciteit wordt meestal weergegeven in GWh/j (GigaWatturen per jaar). 1 GWh = 3600 GJ = 3,6 TJ.

4. ANALYSE VAN DE GERAPPORTEERDE ONTWIKKELINGEN IN HET ENERGIEGEBRUIK

4.1. Aantal bedrijven dat gereageerd heeft

In totaal hebben 55 bedrijven middels de enquête, of soms langs andere weg, informatie voor dit onderzoek verstrekt: 36 in Chemie, 5 in Raffinage en 14 in Papier & Karton. Het onderzoek richt zich op de ontwikkelingen bij de bestaande bedrijven. Mogelijke groei in energievraag door vestiging van nieuwe bedrijven en bedrijventerreinen is buiten beschouwing gebleven.

De bedrijven hebben naast hun huidige warmtegebruik en warmteproductie ook informatie gegeven over het verwachte gebruik en de verwachte warmteproductie in 2020. In een aantal gevallen is dat aangegeven in de vorm van een verwachte procentuele verandering ten opzichte van de huidige situatie. In die gevallen heeft de onderzoeker een aantal gegevens over het verwachte gebruik daaruit afgeleid. Meestal is door de bedrijven zelf een consistente invulling van de 2020 verwachtingen gegeven.

Vrijwel alle bedrijven gaven aan geen realistische inschatting te kunnen maken van de situatie in 2030. Daarover is geen bruikbare informatie verkregen en dat betekent, dat deze analyse zich beperkt tot de huidige situatie en de verwachtingen voor 2020.



4.2. Ontwikkelingen in de warmtevraag

In deze paragraaf is weergegeven hoe de warmtevraag in de drie industriesectoren zich zal ontwikkelen volgens de verwachting van de bedrijven. De warmtevraag is onderverdeeld in de 4 eerder genoemde temperatuurcategorieën.

Tabel 4.1 geeft het resultaat van de drie sectoren samen.

Tabel 4.1: Warmtevraag in Chemie, Raffinage, Papier&Karton (PJsec/j)				
Temperatuur (°C)	Huidig		2020	
<100	1	0,2%	1	0,2%
100-200	113	29,8%	107	29,1%
200-400	147	38,9%	146	39,8%
>400	118	31,1%	113	30,8%
Totaal	379		367	

De volgende tabellen geven de warmtevraag voor de afzonderlijke sectoren.

Tabel 4.2: Warmtevraag in de Chemie (PJsec/j)				
Temperatuur (°C)	Huidig		2020	
<100	0	0,1%	0	0,1%
100-200	83	35,3%	77	34,8%
200-400	47	20,3%	46	20,5%
>400	104	44,3%	99	44,6%
Totaal	234		222	

Tabel 4.3: Warmtevraag in de olieraffinage (PJsec/j)				
Temperatuur (°C)	Huidig		2020	
<100	0	0,0%	0	0,0%
100-200	20	14,9%	20	14,8%
200-400	100	74,5%	100	74,6%
>400	14	10,6%	14	10,6%
Totaal	134		134	

Tabel 4.4: Warmtevraag bij Papier&Karton (PJsec/j)				
Temperatuur (°C)	Huidig		2020	
	<100	0	4,2%	1
100-200	10	91,7%	10	84,5%
200-400	0	4,1%	1	9,8%
>400	0	0,0%	0	0,0%
Totaal	11		12	

Dekkingsgraad van de gerapporteerde warmtevraag:

In de uitgangssituatie voor de Routekaart Chemie (2) wordt een finaal thermisch verbruik in 2010 van 239 PJ/j genoemd. Ook de in 2010 uitgevoerde studie naar het aanwezige WKK potentieel in de chemie kwam uit op deze omvang van de totale warmtevraag in de chemie (3). De 14 bedrijven in de papier&karton sector, die hebben bijgedragen aan dit onderzoek, omvatten naar schatting 70 % van de totale warmtevraag in deze sector. Samen met de 100 % bijdrage vanuit de raffinage sector resulteert dat in een geschatte totale warmtevraag in de drie sectoren van 389 PJ/j. Daarop gebaseerd omvat de in dit onderzoek gerapporteerde warmtevraag tenminste 90 % van het totale nuttige warmtegebruik in de betreffende sectoren. Dus, met enige voorzichtigheid kunnen de conclusies uit deze analyse betrokken worden op het geheel van de drie sectoren.

Ontwikkeling warmtevraag:

De som van de individuele bedrijfsverwachtingen is, dat het warmteverbruik in 2020 lager zal zijn dan het huidige. De afname van de totale warmtevraag in de drie sectoren bedraagt 12 PJsec/j. Dat is 3 % van het huidige verbruik. Dit is de resultante van een mix van oorzaken:

- Er worden verdere stappen in energie-efficiëntie genomen.
- Er is bij verschillende bedrijven sprake van productiegroei en verandering in productportfolio.

Bij deze getallen zij opgemerkt, dat die niet gerelateerd kunnen worden aan veranderingen in het productievolume of productportfolio, omdat die aspecten buiten het onderzoek zijn gebleven. Over de grootte van de relatieve besparing in warmtegebruik kunnen op grond van deze getallen geen conclusies getrokken worden. Wel kan er iets gezegd worden over de ontwikkeling in de efficiëntie van de warmteproductie en de effecten daarvan op de bijbehorende CO₂ emissie. Dat komt verderop in dit rapport aan de orde.



Trend in lagere temperatuur warmtevraag?

Bij de inventarisatie is onderzocht of er een trend is naar gebruik van warmte van lagere temperatuur. Dat is van belang in relatie tot efficiëntie en verduurzaming van de warmteproductie. Hoe lager de vereiste temperatuur van de warmte hoe groter over het algemeen het rendement waarmee deze geproduceerd kan worden. Ook de mogelijkheden van restwarmte gebruik en de inzet van hernieuwbare warmteproductie zijn groter bij warmte van lagere temperatuur.

33 bedrijven geven aan geen mogelijkheden te hebben om de warmtevraag naar een lager temperatuurniveau te brengen. Bij 6 bedrijven is dat wel het geval. De overige bedrijven hebben daarover geen expliciete uitspraken gedaan.

Uit de bovenstaande tabellen blijkt dat het temperatuurniveau van de warmtevraag nauwelijks verandert. Nuttig gebruik van warmte onder 100 °C is zeer gering. De verdeling over de andere drie temperatuurranges verschilt nogal per sector.

4.3. Ontwikkelingen in de warmteproductie

In deze paragraaf is weergegeven hoe de gevraagde warmte geproduceerd wordt. Tabel 4.5 geeft de warmteproductie, onderverdeeld in de onderscheiden categorieën, voor het geheel van de drie sectoren. In de tabellen 4.6, 4.7 en 4.8 is dit per sector aangegeven. Bij WKK is alle WKK opgenomen die warmte aan de betreffende industriële sectoren levert, ook als dit WKK-installaties betreft, die door derden of in Joint Venture verband bedreven worden. Bij warmtelevering door derden is de levering vanuit AVI's apart vermeld, omdat dit een factor is bij de ontwikkelingen in de verduurzaming en bij de CO₂ emissie.

Tabel 4.5: Warmteproductie Chemie, Raffinage, Papier&Karton (PJsec/j)					
	Huidig	%	2020	%	Vershil
Totaal	395		379		-4%
Restwarmte	108	27%	105	28%	-3%
WKK	90	23%	69	18%	-23%
Ketels/Fornuizen	190	48%	197	52%	4%
Overige	1	0%	2	1%	
waarvan warmtepompen	0	0%	1	0%	
waarvan Biomassa	1	0%	1	0%	
Van derden uit afval	4	1%	5	1%	
Van derden overige	2	0,5%	1	0%	



In totaal wordt in de huidige situatie 395 PJsec/j aan warmte geproduceerd. De verwachting is, dat dit in 2020 gedaald is met 4 % tot 379 PJsec/j.

De totale warmteproductie (tabel 4.5) is hoger dan de warmtevraag (tabel 4.1). Dat komt, omdat een flink deel van de warmte geproduceerd wordt op een hogere temperatuur dan waarop deze gebruikt wordt. De hogere energie-inhoud wordt deels gebruikt voor elektriciteitsproductie, maar deels ook nog gereduceerd. Ook wordt een klein deel van de geproduceerde stoom gebruikt in condensatiestoomturbines en dus niet als warmte ingezet.

Uit tabel 4.5 blijkt het volgende:

1. Ongeveer 98 % van alle warmte wordt geproduceerd uit restwarmte, WKK en ketels en fornuizen. Ook in 2020 zijn dit veruit de meest belangrijke productiemiddelen.
2. De warmteproductie uit restwarmte blijft vrijwel gelijk. In het onderzoek is specifiek aan de bedrijven gevraagd hoe het aandeel warmteproductie uit restwarmte zich zal ontwikkelen. 19 bedrijven (35 % van de reacties) geven aan dat het aandeel energie uit restwarmte zal toenemen. Bij 19 bedrijven blijft dat ongeveer gelijk. Bij de overige is dit onbekend. Bij een aantal bedrijven zal verdere warmterecuperatie direct in de betreffende procesinstallaties plaatsvinden. In die situaties komt dat niet direct tot uitdrukking in de gerapporteerde warmtegetallen, maar wordt het effect zichtbaar in een verlaging van het brandstofgebruik.
3. WKK warmteproductie daalt relatief veel harder dan de totale warmteproductie, nml. met ca. 23 % als gevolg van een sterk verminderde inzet van WKK. In hst. 7 wordt het WKK deel verder geanalyseerd.
4. De verminderde inzet van WKK wordt grotendeels overgenomen door meer inzet van ketels en fornuizen. Dit aandeel stijgt relatief met 4 %.
5. Het aandeel hernieuwbaar geproduceerde warmte stijgt licht van 3 PJ/j naar 4,5 PJ/j in 2020. Warmte uit afval is hierbij voor 50 % als hernieuwbaar gerekend (is ongeveer het biogene deel).



Tabel 4.6: Warmteproductie Chemie (PJsec/j)					
	Huidig	%	2020	%	Vershil
Totaal	245		233		-5%
Restwarmte	79	32%	75	32%	-5%
WKK	55	22%	41	17%	-25%
Ketels/Fornuizen	105	42%	110	47%	5%
Overige	0		1	0%	
waarvan warmtepompen	0		1	0%	
waarvan Biomassa	0		0		
Van derden uit afval	4	2%	5	2%	
Van derden overige	2	1%	1	0%	

Bij Chemie zijn dezelfde trends te zien als bij het totaal in tabel 4.5.

Tabel 4.7: Warmteproductie Raffinage (PJsec/j)					
	Huidig	%	2020	%	Verschi
Totaal	137		132		-3%
Restwarmte	28	21%	29	22%	2%
WKK	25	18%	21	16%	-15%
Ketels/Fornuizen	83	61%	82	62%	-1%
Overige	0		0		
waarvan warmtepompen	0		0		
waarvan Biomassa	0		0		
Van derden uit afval	0		0		
Van derden overige	0		0		

In de raffinage sector zijn de veranderingen in warmteproductie relatief het kleinst.

Tabel 4.8: Warmteproductie Papier&Karton (PJsec/j)					
	Huidig	%	2020	%	Versc
Totaal	13		13		-17%
Restwarmte	0	1%	0	2%	
WKK	10	79%	7	52%	-33%
Ketels/Fornuizen	2	12%	5	36%	204%
Overige	1	8%	1	10%	28%
waarvan warmtepompen	0	0%	0	0%	
waarvan Biomassa	1	8%	1	10%	
Van derden uit afval	0	0%	0	0%	
Van derden overige	0	0%	0	0%	

In de Papier&Karton sector zijn de veranderingen in warmteproductie procentueel het grootst. Nu is WKK nog de grootste warmteproducent. Maar het aandeel WKK daalt in 2020 met 33 %. Dat wordt voor het grootste deel opgevangen door meer stoomproductie met ketels.

4.4. Warmte-uitwisseling

Deze paragraaf geeft een overzicht van de ontwikkeling in de warmte-uitwisseling die bij de bedrijven in de drie sectoren plaatsvindt. Het gaat daarbij om warmtelevering tussen bedrijven binnen de sectoren, warmtelevering aan afnemers buiten de sectoren en om warmtelevering vanuit bedrijven buiten de sectoren. Het betreft hier de warmtelevering van en aan afzonderlijk gevestigde bedrijven. De warmte-uitwisseling op bedrijventerreinen is hier dus niet in opgenomen.

De informatie is weergegeven in tabel 4.9.

Tabel 4.9: Ontwikkeling warmte-uitwisseling (PJ/j)		
	Huidig	2020
Onderlinge uitwisseling	1,1	1,1
Levering aan derden	0,8	2,9
Levering door derden		
Vanuit AVI's	3,9	5,4
Overige	1,8	0,9
Totaal	5,7	6,6



Uit tabel 4.9 blijkt dat de onderlinge warmte-uitwisseling weinig verandert. De levering van warmte aan derden buiten de sectoren stijgt. Dit is voornamelijk warmte in de vorm van lage druk stoom en warm water. Ook de levering van warmte vanuit afvalverbrandingsinstallaties in de vorm van stoom stijgt.

4.5. Brandstofinzet

Uit tabel 4.5. blijkt dat 27 % van de warmte geproduceerd wordt uit restwarmte. Voor de overige 73 % van de warmteproductie worden brandstoffen ingezet. In deze paragraaf wordt het brandstofgebruik voor de warmteproductie verder geanalyseerd: hoe groot is de brandstofinzet, welke brandstofsoorten worden daarvoor gebruikt en hoe zijn die verdeeld over de betreffende productiemiddelen.

In dit verband is aan de bedrijven ook gevraagd aan te geven welke mogelijkheden er zijn voor de inzet van hernieuwbare brandstoffen (o.a. biomassa) voor warmteproductie. 31 bedrijven geven aan daar geen mogelijkheden voor te zien. Bij 7 bedrijven zijn die er wel. De overige bedrijven hebben daarover geen uitspraken gedaan. De brandstofinzet bij de drie sectoren is weergegeven in tabel 4.10. Deze brandstofhoeveelheid is inclusief de volledige brandstof van de WKK-installaties die warmte aan de betreffende bedrijven leveren.

Tabel 4.10: Brandstofinzet totaal Chemie, Raffinage, Papier&Karton (PJprim/j)					
	Huidig		2020		Vershil
Totaal	406		363		-43
Aardgas	242	60%	204	56%	-38
Restgassen	157	39%	154	42%	-3
Biogas/biomassa	1	0%	2	1%	1
Overige	7	2%	6	2%	-1
WKK	178	44%	129	36%	-49
Ketels/Fornuizen	227	56%	233	64%	5
Bio installaties	1	0%	1	1%	0

Uit tabel 4.10 blijkt het volgende:

1. De warmte wordt vrijwel volledig geproduceerd met aardgas en restgassen en naar verwachting van de bedrijven zal daar in 2020 weinig in veranderen.
2. Voor de huidige warmtevraag wordt ca 406 PJ/j brandstof ingezet. Dat is inclusief de brandstof voor de elektriciteitsproductie van de WKK. De brandstofinzet vermindert tot ca 363 PJ/j in 2020, voornamelijk vanwege het veel kleinere aandeel WKK, waardoor ook het aandeel aardgas afneemt.



3. 'Overige' is de verzameling van andere (rest)brandstofsoorten.
4. Het aandeel hernieuwbare primaire energie blijft marginaal.

In de volgende tabellen is de brandstofinzet per sector gegeven.

De conclusies hieruit zijn dezelfde als voor het totaal van de sectoren.

Tabel 4.11: Brandstofinzet Chemie (PJprim/j)					
	Huidig		2020		Vershil
Totaal	240		208		-32
Aardgas	153	64%	125	60%	-28
Restgassen	81	34%	79	38%	-2
Biogas/biomassa	0	0%	0	0%	
Overige	6	2%	4	2%	-2
WKK	115	48%	80	38%	-36
Ketels/Fornuizen	125	52%	128	62%	3
Bio installaties	0	0%	0	0%	0

Bij Chemie is de meest nadrukkelijke trend de verminderde aardgasinzet, die direct te maken heeft met de verminderde WKK-productie.

Tabel 4.12: Brandstofinzet Raffinage (PJprim/j)					
	Huidig		2020		Vershil
Totaal	145		137		-8
Aardgas	69	48%	63	46%	-7
Restgassen	76	52%	75	54%	-1
Biogas/biomassa	0	0%	0	0%	
Overige	0	0%	0	0%	0
WKK	44	31%	39	28%	-6
Ketels/Fornuizen	101	69%	99	72%	-2
Bio installaties	0		0		

In de raffinage zijn restgassen de belangrijkste brandstofsoort. Het WKK-deel blijft hier redelijk stabiel.

Tabel 4.13: Brandstofinzet Papier&Karton (PJprim/j)					
	Huidig		2020		Vershil
Totaal	21		18		-3
Aardgas	20	95%	17	91%	-4
Restgassen	0	0%	0	0%	0
Biogas/biomassa	1	5%	2	9%	1
Overige	0	0%	0	0%	
WKK	18	87%	11	62%	-7
Ketels/Fornuizen	2	9%	6	32%	4
Bio installaties	1	4%	1	6%	0

Bij Papier&Karton is aardgas de belangrijkste brandstofsoort. Zoals eerder al duidelijk werd daalt het WKK-aandeel bij Papier&Karton relatief het sterkst. Deze daling wordt grotendeels opgevangen met inzet van stoomketels.

4.6. Elektriciteitsverbruik en elektriciteitsproductie

In deze paragraaf worden de ontwikkelingen in het elektriciteitsgebruik en de elektriciteitsproductie in de drie sectoren geanalyseerd. In het onderzoek is gevraagd aan te geven of er een trend is naar meer elektriciteitsgebruik, bijvoorbeeld door de vervanging van stoomturbineaandrijving door toerengeregelde elektromotoren. Bij 11 bedrijven is dat het geval, 24 bedrijven geven aan dat die trend niet optreedt. De overige bedrijven hebben daar geen expliciete uitspraken over gedaan. Tabel 4.14 geeft de ontwikkeling in het elektriciteitsgebruik in de drie sectoren.

Tabel 4.14: E-gebruik en E-productie Chemie, Raffinage, Papier&Karton				
		Huidig	2020	Vershil
Productie	TWh/j	16	12	-4
	PJsec/j	58	42	
Gebruik	TWh/j	13	14	1
Levering aan het net	TWh/j	7	4	-4
Import	TWh/j	4	5	1

De huidige elektriciteitsproductie bij de bedrijven in de drie sectoren bedraagt ca 16 TWh/j. Dit is voor het grootste deel elektriciteit uit WKK. Deze productie daalt tot ca 12 TWh/j in 2020. Het gebruik van elektriciteit stijgt. Dat wordt mede veroorzaakt



door een geleidelijke omschakeling in de industrie van mechanical drive stoomturbines naar toeren geregelde elektromotoren. Dat creëert ook ruimte voor besparing op het stoomgebruik.

De levering van elektriciteit aan derden via het openbare net daalt en de import van elektriciteit stijgt. Dit wordt veroorzaakt door de afnemende productie van WKK.

Ten opzichte van het warmtegebruik is het elektriciteitsgebruik een orde van grootte kleiner. In tabel 4.15 is de warmte/elektriciteitsverhouding weergegeven.

Tabel 4.15: Warmte/kracht verhouding Chemie, Raffinage, Papier&Karton				
	PJsec/J		PJprim/j	
	Huidig	2020	Huidig	2020
Warmtegebruik	379	367	421	408
Elektriciteitsgebruik	47	50	112	119
Warmte/krachtverhouding	8:1	7:1	4:1	3:1

In secundaire energie uitgedrukt is deze verhouding in 2020 7:1 en in primaire energie 3:1. Warmte is met recht de motor van de industrie.

Deze W/K-verhouding is van belang bij de analyse van de WKK-ontwikkelingen. Dit wordt besproken in hoofdstuk 7.

5. TREND IN PRIMAIR ENERGIEGEBRUIK EN BRANDSTOFBESPARING

Met de informatie uit hoofdstuk 4 is het primair energiegebruik bepaald volgens de rekenregels van het MEE monitoring protocol. Daarin worden de volgende referentierendementen onderscheiden:

- Ingekochte elektriciteit: 42 %
- Doorgeleverde elektriciteit aan derden: 42 %
- Doorgeleverde elektriciteit aan het openbare net: 50 %
- Ingekochte warmte: 90 %
- Doorgeleverde warmte naar derden: 90 %

Het monitoring protocol geeft ook rekenregels voor de verdeling van de brandstofbesparing van externe WKK. In deze rapportage zijn alle WKK-installatie die warmte aan de betrokken bedrijven leveren beschouwd als behorend tot één



van de drie sectoren. Ook bij de brandstofinzet zijn ze volledig meegeteld bij de sectoren.

In de MEE monitoring wordt de rekenmethode gebruikt om een historische trend te berekenen ten opzichte van een vast referentiejaar. In deze rapportage is de methode gebruikt om het huidige energiegebruik te vergelijken met dat van 2020 en daarnaast ook om de bijdrage van WKK en restwarmte in de energiebesparing en de verandering daarin zichtbaar te maken.

In tabel 5.1 is de berekeningsmethode toegelicht aan de hand van een voorbeeld. De input gegevens zijn daarbij cursief aangeduid.

Tabel 5.1: Rekenmethode primair energiegebruik		
	PJsec	PJprim
Gebruikte warmte	90	
Gebruikte elektriciteit	35	
Gebruikte brandstoffen		+100,0
Ingekochte elektriciteit	3,6	+ 8,6
Doorgeleverde elektriciteit aan 3e	1,0	- 2,4
Doorgeleverde elektriciteit aan het net	3,6	- 7,2
Ingekochte warmte	0,9	+ 1,0
Doorgeleverde warmte aan derden	0,9	- 1,0
Primair energiegebruik		99,0
Referentie primair energiegebruik:		
Warmte	90	100,0
Elektriciteit	35	83,3
Totaal		183,3
Brandstofbesparing		84,3
Als percentage van het referentie energiegebruik		46 %

De brandstofbesparing t.o.v. de betreffende referenties voor warmte en elektriciteit wordt gerealiseerd door gebruik van restwarmte (geen brandstofinzet) en WKK (brandstofbesparing door een hogere energieconversierendement). Toegepast op de huidige situatie en de 2020 situatie geeft dit ook inzicht in de verandering die in de besparing optreedt.

Het resultaat van de drie sectoren is in tabel 5.2 weergegeven.

Tabel 5.2: Primair energiegebruik en besparing			
		Huidig	2020
Warmteverbruik	PJsec/j	379	367
E-gebruik	PJsec/j	46	48
Ref. prim. energie	PJprim/j	531	522
Primaire energie	PJprim/j	394	386
Besparing	PJprim/j	138	136
	%	26 %	26 %

Het referentie primair energiegebruik is in 2020 gedaald t.o.v. het huidige met 9 PJ/j (531 – 522), voornamelijk ten gevolge van het gedaalde warmtegebruik. Het primair energiegebruik is in 2020 t.o.v. het huidige gedaald met 8 PJ/j. De brandstofbesparing is in 2020 licht gedaald t.o.v. de huidige. De ontwikkeling in de brandstofbesparing is de resultante van een aantal, deels tegengestelde, effecten:

- De veranderingen in het energiegebruik (warmte en elektriciteit) t.g.v. verschillende oorzaken, waaronder verandering in het productievolume, maar ook verdere energie-efficiëntie maatregelen.
- Het positieve effect van verdere recuperatie van restwarmte.
- Het negatieve effect van een mindere inzet van WKK.

Het eerste effect kan op basis van de verkregen bedrijfsgegevens in dit onderzoek niet verder geanalyseerd worden. Het positieve effect van de restwarmterecuperatie kan ingeschat worden door de brandstofbesparing te berekenen onder de aanname dat de huidige WKK-inzet ook in 2020 gehandhaafd zou blijven. Het aandeel WKK in de brandstofbesparing blijft dan constant en de veranderingen t.o.v. de besparing in tabel 5.2 kunnen toegeschreven worden aan het effect van verdere restwarmterecuperatie. Het resultaat is weergegeven in tabel 5.3.

Tabel 5.3: Effect van restwarmte recuperatie op besparing				
		Huidig	2020	2020
Warmteverbruik	PJsec/j	379	367	368
E-gebruik	PJsec/j	46	48	48
Ref. prim. energie	PJprim/j	531	522	522
Primaire energie	PJprim/j	394	386	369
Besparing	PJprim/j	138	136	153
	%	29 %	26 %	29 %
Effect recuperatie	PJprim/j			12



Met het constante WKK aandeel zou in 2020 de brandstofbesparing 153 PJ/j zijn. T.o.v. de verwachte besparing in 2020 is dat een stijging van 17 PJ/j. Deze extra besparing is bij benadering het effect van de grotere warmterecuperatie uit restwarmte.

Het effect van de veranderde WKK-inzet wordt verder geanalyseerd in hoofdstuk 7.

Voor de afzonderlijke sectoren zijn de resultaten weergegeven tabellen 5.4.

Tabel 5.4: Primair energiegebruik en besparing afzonderlijke sectoren							
		Chemie		Raffinage		Papier&Karton	
		Huidig	2020	Huidig	2020	Huidig	2020
Warmteverbruik	PJsec/j	234	223	134	134	11,4	11,6
Elektriciteitsgebruik	PJsec/j	32	33	10	10	4,3	4,4
Ref. prim.	PJprim/j	336	325	173	173	22,9	23,5
Primair energiegebruik	PJprim/j	236	231	139	134	19,6	20,4
Besparing	PJprim/j	100	94	34	39	3,4	3,0
	%	30 %	29 %	20 %	23 %	15 %	13 %

De relatieve vermindering in besparing wordt vooral ook zichtbaar bij Chemie en Papier&Karton. De effecten van de doorgaande energie-efficiëntie maatregelen en restwarmterecuperatie bij de bedrijven wegen daar niet op tegen de achteruitgang in WKK-besparing.

6. EFFECT OP CO₂ EMISSIES, VERBONDEN AAN HET ENERGIEGEBRUIK

Het effect op de CO₂ emissie, behorend bij het energiegebruik in de drie sectoren, is bepaald met de methode, zoals weergegeven in tabel 6.1.

Tabel 6.1: Methode CO ₂ berekening		
		CO ₂ factor ^{*)}
Brandstofinzet	+ CO ₂ uit brandstofinzet	56,6 t/TJ
El. levering aan net	- CO ₂ E-levering aan net	0,626 t/MWh
El. import	+ CO ₂ E-import	0,626 t/MWh
Warmtelevering aan extern	- CO ₂ warmte aan extern	0,062 t/TJ
Warmte van extern	+ CO ₂ warmte van extern	0,062 t/TJ
CO ₂ emissie energiegebruik	CO ₂ emissie	

*) zie 'Energiedragerslijst 2011 MEE' (Agentschap NL, 2012d).



Het resultaat voor het totaal van de drie sectoren is weergegeven in tabel 6.2.

Tabel 6.2: CO₂ emissie Chemie, Raffinage, Papier&Karton (kt/j)			
	Huidig	2020	Vershil
Directe CO ₂ emissie	22907	20431	-2475
CO ₂ E- levering aan net	-4608	-2260	2347
CO ₂ E import	2538	3254	715
CO ₂ warmte aan 3e	-51	-192	-141
CO ₂ warmte van extern	122	168	46
CO ₂ emissie energiegebruik	20909	21401	492

De CO₂ emissie gerelateerd aan het energiegebruik in 2020 stijgt licht ten opzichte van de huidige emissie. De oorzaak is de lagere efficiëntie van de energieopwekking in 2020 tengevolge van een lagere inzet van WKK, in combinatie met een hogere elektriciteitsimport. Die neutraliseert het positieve effect van de gestegen recuperatie van restwarmte.

In tabel 6.3 is de CO₂ emissie per sector weergegeven.

Tabel 6.3: CO₂ emissie Chemie , Raffinage, Papier&Karton						
	Chemie		Raffinage		Papier&Karton	
	Huidig	2020	Huidig	2020	Huidig	2020
Directe CO ₂ emissie	13556	11716	8209	7777	1142	939
CO ₂ E- levering aan net	-3725	-1793	-564	-306	-319	-162
CO ₂ E import	2394	2950	0	0	144	303
CO ₂ warmte aan 3e	-51	-182	0	0	0	-9
CO ₂ warmte van extern	122	168	0	0	0	0
CO ₂ emissie energiegebruik	12296	12860	7645	7471	968	1071

De stijging in CO₂ emissie doet zich vooral voor bij Chemie en Papier&Karton. Het is direct te relateren aan de verandering in de WKK inzet bij de energieopwekking.

7. ANALYSE VAN DE WKK ONTWIKKELINGEN

7.1. Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de ontwikkelingen bij de WKK in de drie sectoren verder geanalyseerd. Allereerst zijn de huidige WKK-productiecijfers en de bijdrage aan de brandstofbesparing vergeleken met de verwachtingen in 2020. Ook is aangegeven

hoeveel WKK vermogen naar verwachting uit bedrijf genomen wordt in de periode tot 2020.

In 2010 is onderzoek gedaan naar het WKK-potentieel, dat bij de Chemie en de Raffinage nog aanwezig is (3), (4). Nagegaan is of de huidige WKK-omvang plus dit potentieel in te passen zou zijn in de verwachte warmtevraag in 2020 zonder verdringing van hernieuwbare warmteopwekking of restwarmtegebruik. Vervolgens is onderzocht wat het effect zou zijn van dit potentieel op het primair energiegebruik en de CO₂ emissie in 2020.

7.2. De verwachte ontwikkelingen in WKK-volume

Bij 30 van de 55 bedrijven wordt WKK toegepast of wordt warmte geleverd uit een WKK-installatie bedreven door derden. Het gaat dan om WKK-installaties op basis van gasturbines of gasmotoren. In het onderzoek is de bedrijven gevraagd aan te geven hoe het aandeel WKK in de warmteproductie zich zal ontwikkelen en wat de meest belangrijke criteria zijn bij de beslissingen over WKK inzet. Bij 12 bedrijven worden WKK installaties stil gezet of zijn plannen ontwikkeld om dat te doen. Het betreft in de meeste gevallen WKK installaties die in eigendom zijn bij de bedrijven zelf. In enkele gevallen is ook sprake van stilzetten van WKK installaties die in Joint Ventures bedreven worden. Stilzetten gebeurt overwegend om bedrijfseconomische redenen, waarbij de aanleiding vaak de noodzaak tot investeringen in groot onderhoud of belangrijke aanpassingen is.

De verwachte ontwikkelingen in het WKK-volume en de bijbehorende besparing voor het totaal van de drie sectoren is weergegeven in tabel 7.1 en van de sectoren afzonderlijk in tabel 7.2.

Tabel 7.1: WKK volume Chemie, Raffinage, Papier&Karton				
		Huidig	2020	Vershil
Warmteproductie	PJsec/j	90	69	-21
Elektriciteitsproductie	TWh/j	16	12	-4
	PJsec/j	58	42	
Levering aan net	TWh/j	7	4	-3
Elektriciteitimport	TWh/j	4	5	+1
Brandstof	PJprim/j	178	129	-49
Ref. primaire energie	PJprim/j	228	172	-56
Besparing	PJprim/j	50	42	-8



Tabel 7.2: WKK volume afzonderlijke sectoren							
		Chemie		Raffinage		Papier&Karton	
		Huidig	2020	Huidig	2020	Huidig	2020
Warmteproductie	PJsec/j	54,7	40,8	24,9	21,2	10,4	7,0
Elektriciteitsproductie	TWh/j	11,0	7,3	3,7	3,4	1,5	1,0
	PJsec/j	39,5	26,2	13,3	12,2	5,3	3,6
Levering aan net	TWh/j	6,0	2,9	0,9	0,5	0,5	0,3
Elektriciteitimport	TWh/j	3,9	4,7	0,0	0,0	0,2	0,5
Brandstof	PJprim/j	115,3	79,5	44,4	38,7	18,4	11,3
Ref. primaire energie	PJprim/j	146,6	103,7	58,2	51,9	23,5	16,0
Besparing	PJprim/j	31,3	24,1	13,8	13,2	5,1	4,7

Uit deze tabellen is te zien, dat de bedrijven een veel geringe inzet van WKK verwachten. Dat beeld komt in alle drie de sectoren naar voren maar is het sterkst in Chemie en Papier&Karton.

De verwachte ontwikkeling in het opgestelde vermogen en het aantal WKK-installaties, dat mogelijk uit bedrijf genomen wordt, is in tabel 7.3 weergegeven.

Tabel 7.3: Verwachte ontwikkeling in WKK vermogen			
		Totaal 3 sectoren	
		Huidig	2020
Aantal		49	31
Geïnstalleerd E-vermogen	MWe	2495	1580
Aantal uitbedrijf			18
Vermogen uit bedrijf	MWe		915

Het WKK-vermogen daalt met 37 %. De verwachte uitbedrijfname van WKK-eenheden heeft alles te maken met de ontwikkeling van de spark spread. De verhouding tussen elektriciteitsopbrengsten en brandstofkosten is tengevolge van overcapaciteit op de elektriciteitsmarkt zodanig verslechterd dat productie van elektriciteit voor met name levering aan derden via het openbare elektriciteitsnet niet lonend is. Bedrijven verwachten dat daar in de periode tot 2020 weinig verbetering in komt.

Het tijdstip waarop WKK-eenheden stil gezet worden is in een aantal situaties mede bepaald door een bestaande Joint Venture overeenkomst of outsourcing overeenkomst.

Daarnaast is er ook sprake van een aantal 'locked-in' situaties, waarbij de WKK-installatie, ondanks verliezen, blijft draaien. Dat kan zijn, omdat er voor de WKK



(nog) geen vervangende warmteproductiecapaciteit aanwezig is en de investering daarin nog niet lonend is, of omdat in een samenwerkingsovereenkomst een bepaalde vorm van lastenverdeling overeengekomen is, die er voor zorgt dat de verslechterde bedrijfsvoering voornamelijk door één van de partijen gedragen wordt.

De algemene conclusie uit de WKK analyse is dat de bedrijven te maken hebben met een sterk verslechterde economische bedrijfsvoering en vrijwel unaniem aangeven daar waar dat mogelijk is de inzet van WKK af te bouwen.

7.3. Past het WKK-potentieel in de toekomstige warmtevraag en welk effect zou dit hebben op het primair energiegebruik en de CO2 emissie?

In 2010 is bij de Chemie en de Raffinage onderzoek gedaan naar het nog beschikbare potentieel aan WKK op basis van de verwachte ontwikkelingen in de warmtevraag. Samengevat kwam daar het volgende potentieel uit bij de bestaande bedrijven:

Tabel 7.4: Beschikbaar WKK-potentieel in Chemie en Raffinage				
		Chemie	Raffinage	Totaal
Extra WKK vermogen	MWe	800	755	1555
El. productie	GWh/j	5860	6195	12055
Warmte productie	PJsec/j	43	33	76
Brandstofgebruik	PJprim/j	75	67	142

De vraag is nu of dit potentieel technisch/energetisch inpasbaar zou zijn in de productie van de verwachte warmtevraag in 2020. Bij het onderzoek van die vraag is als uitgangspunt gekozen, dat de inzet van WKK niet ten koste mag gaan van het gebruik van de beschikbare restwarmte en de inzet van de beschikbare hernieuwbare brandstoffen zoals door de bedrijven opgegeven.

Tabel 7.5 geeft de verwachte warmteproductie in 2020 voor de drie sectoren volgens de opgave van de bedrijven, dus inclusief het gereduceerde WKK aandeel (zie ook tabel 4.5, en 4.6 t/m 4.8).

Tabel 7.5: Warmteproductie 2020 (PJsec/j)				
	Chemie	Raffinage	Papier&	Totaal
Ketels/Fornuizen	110,1	8,2	4,8	197,3
WKK	40,8	21,2	7,0	68,9
Restwarmte	75,3	28,9	0,2	104,5
Hernieuwbare warmte	6,2	0	1,3	7,5
Van extern	4,3	0	0	4,3
Totaal	236,7	132,5	13,3	382,5



Allereerst is nagegaan of het huidige WKK aandeel in de warmteproductie 2020 zou passen. De ruimte daarvoor moet gevonden worden in een verlaging van de inzet van ketels en fornuizen. Tabel 7.6 geeft het resultaat.

Tabel 7.6: Warmteproductie 2020 met huidig WKK aandeel (PJsec/j)				
	Chemie	Raffinage	Papier&	Totaal
Ketels/Fornuizen	96,2	78,6	1,4	176,2
WKK huidige capaciteit	54,7	24,9	10,4	90,0
Restwarmte	75,3	28,9	0,2	104,5
Hernieuwbare warmte	6,2	0	1,3	7,5
Van extern	0,9	0	0	0,9
Totaal	233,3	132,5	13,3	379,1

Uit deze tabel blijkt dat globaal beschouwd het huidige WKK bestand prima past in de 2020 warmteproductie.

Vervolgens is na gegaan of de WKK omvang nog uit te breiden zou zijn met het genoemde WKK potentieel. Het resultaat is weergegeven in tabel 7.7.

Tabel 7.7: Warmteproductie 2020 met huidig WKK + WKK-potentieel (PJ/j)				
	Chemie	Raffinage	Papier&	Totaal
Ketels/Fornuizen	58,5	45,6	1,4	105,6
WKK	92,3	57,9	10,4	160,6
Restwarmte	75,3	28,9	0,2	104,5
Hernieuwbare warmte	6,2	0	1,3	7,5
Van extern	0,9	0	0	0,9
Totaal	233,3	132,5	13,3	379,1

Uit tabel 7.7 kan geconcludeerd worden dat ook het WKK potentieel globaal gesproken inpasbaar zou zijn in de 2020 warmteproductie. Het WKK aandeel in de warmteproductie zou daarmee stijgen van 90 PJsec/j nu naar 160 PJsec/j in 2020.

Daarmee zou ook de elektriciteitsproductie met WKK flink stijgen. Realiseren van de besparing die met het WKK potentieel nog beschikbaar is betekent dus altijd dat er een overschot aan elektriciteit geproduceerd wordt en deze WKK-installaties actief moeten zijn op de elektriciteitsmarkt om deze overschotten via het openbare net aan derden te kunnen leveren.



De effecten op het primair energiegebruik en de CO₂ emissie zijn in tabel 7.8 aangegeven.

Tabel 7.8: Effect WKK potentieel op primair energiegebruik en CO₂ emissie				
		2020	2020 +	2020 +
W-gebruik	PJsec/j	367	367	367
E-gebruik	PJsec/j	48	48	48
Brandstofinzet	PJprim/j	363	375	430
Ref. prim. energie	PJprim/j	522	522	522
Primaire energie	PJprim/j	386	374	322
Besparing	PJprim/j	136	148	202
	%	26%	28%	39%
CO ₂ emissie	kt/j	21401	18729	14570
CO ₂ reductie			13 %	32 %

Met het WKK potentieel zou een extra brandstofbesparing van 66 PJ/j gerealiseerd kunnen worden t.o.v. de verwachte besparing in 2020. De bijbehorende reductie in CO₂ emissie bedraagt ruim 6,5 mln ton CO₂.

8. ANALYSE VAN DE GERAPPORTEERDE TRENDS EN TOEKOMSTVERWACHTINGEN

8.1. Inleiding

Van de 55 bedrijven die gereageerd hebben op de enquête, hebben 41 ook een verdere toelichting gegeven op de verwachte ontwikkelingen aan de hand van de vragen daarover in de enquête.

Een aantal van deze vragen is verwerkt in hoofdstuk 4 en hoofdstuk 7. In dit hoofdstuk worden de overige resultaten gerapporteerd.

8.2. Resultaten

8.2.1. Wat zijn de meest belangrijke factoren die de besluitvorming van bedrijven over investeringen in de warmteproductie bepalen?

Vrijwel alle bedrijven geven aan dat het economisch resultaat op basis van verwachtingen van marktprijzen voor elektriciteit, brandstoffen en CO₂ rechten de voornaamste factor is. Daarnaast worden ook meer strategische factoren genoemd, zoals de betrouwbaarheid van de energievoorziening en met name de



warmteproductie en de afweging dat het eigen elektriciteitsverbruik bij voorkeur zelf opgewekt wordt onafhankelijk van het openbare net.

8.2.2. Ontwikkeling energiegebruik in relatie tot ontwikkelingen in productie en productontwikkeling:

Veel bedrijven geven aan, dat op dit moment de ontwikkeling in de bedrijfsvoering en daarmee in het energiegebruik erg onzeker is. Dat heeft bij veel bedrijven er geresulteerd dat ze vanuit een “afwachtende houding” hebben gerapporteerd.

De bedrijven hebben geen gegevens over de periode 2020 -2030 of verwachte ontwikkelingen in de periode gerapporteerd, omdat men dat te ver weg vond om er iets zinnigs over te kunnen zeggen.

8.2.3. Energie-efficiëntie activiteiten:

Alle bedrijven geven aan door te gaan met activiteiten gericht op verdere energiebesparing, aandacht voor energie-efficiëntie is een vast onderdeel van de bedrijfsvoering.

8.2.4. Welke mogelijkheden zien bedrijven voor de toepassing van warmtepompen?

Van de 40 bedrijven zien 27 daar geen mogelijkheden voor en 10 wel. Bij de overige is hierover niet gerapporteerd. Warmtepomptechnologie wordt bij de een aantal bedrijven ook al toegepast. Meestal in de vorm van (mechanische) damprecompressie voor hergebruik van lage druk stoom.

8.2.5. Welke mogelijkheden zijn er voor warmte-integratie en warmtenetten?

Van de 40 bedrijven geven 19 aan daar mogelijkheden voor te zien. De grote investeringen die er mee gemoeid zijn worden als een belangrijke barrière ervaren. 20 bedrijven geven aan daarvoor geen mogelijkheden te zien. De meest genoemde argumenten daarvoor zijn: te hoge investeringen, vergunningsprocedures, complexe organisatie, e.d.

9. CONCLUSIES

1. De energie intensiteit van de bedrijven in de onderzochte sectoren komt vooral tot uitdrukking in de grote warmtebehoefte en het temperatuurniveau daarvan. De huidige warmtevraag bedraagt 379 PJ/j. 70 % daarvan ligt op een temperatuur boven 200 °C.



2. In de periode tot 2020 zal naar verwachting de warmtevraag licht dalen tot ca 367 PJ/j. In het vereiste temperatuurniveau komt weinig verandering.

De daling is de resultante van verschillende effecten. Veel bedrijven geven aan nog mogelijkheden te zien voor verbetering van de energie-efficiëntie en verdere recuperatie van restwarmte. Daar tegenover zijn er bij bedrijven veranderingen in het productievolume en het productportfolio, die zowel een stijging als een daling van het energiegebruik kunnen veroorzaken. Over de relatieve efficiëntie (energie per eenheid product) kan daarom op basis van dit onderzoek niets geconcludeerd worden.

3. De warmte wordt vooral geproduceerd met restwarmte, ketels, fornuizen en WKK installaties. Samen nemen zij 98 % van de warmteproductie voor hun rekening. Ketels en fornuizen produceren ongeveer 50 % van de warmtevraag en restwarmte en WKK ieder ongeveer 25 %.

4. In de periode tot 2020 blijft het aandeel van deze drie samen ongeveer gelijk. Er treden daartussen wel belangrijke verschuivingen op. De bedrijven verwachten dat het aandeel WKK zal afnemen (naar 18 %) en het aandeel ketels en fornuizen zal stijgen (naar 52 %).

De recuperatie van warmte uit restwarmte zal stijgen. Naar schatting levert dit een besparing op van 12 PJ/j.

5. De verminderde WKK inzet heeft te maken met de slechte economische omstandigheden waaronder deze installaties moeten produceren, vanwege de relatief hoge brandstofprijzen en de lage opbrengst uit elektriciteitsproductie.

6. De brandstofinzet voor de warmteproductie bestaat vrijwel geheel (98 %) uit aardgas en restbrandstoffen, die gevormd worden bij de aardolie raffinage en petrochemie. In totaal wordt nu 406 PJ/j aan brandstof ingezet. Dit is inclusief de volledige brandstof voor de WKK installaties, waarmee ook elektriciteit geproduceerd wordt. Naast warmte uit brandstoffen wordt ook nog ruim 100 PJ/j warmte geproduceerd uit recuperatie van restwarmte (27 % van de totale warmtevraag).

7. In de periode tot 2020 daalt de brandstofinzet naar 363 PJ/j. De meest belangrijke oorzaken zijn de lagere warmtevraag, o.a. door de verdere benutting van restwarmte en de verminderde inzet van WKK.



8. Door de verminderde inzet van WKK daalt de productie van elektriciteit en wordt meer elektriciteit geïmporteerd. Ook het gebruik van elektriciteit stijgt licht, waardoor er meer geïmporteerd wordt.

9. Het totale elektriciteitsverbruik bedraagt ca. 13 TWh/j en stijgt in 2020 naar 14 TWh/j. De volumeverhouding tussen warmtegebruik en elektriciteitsgebruik in PJsec/j is ongeveer 8:1. Warmte is dus veruit de belangrijkste energievorm voor de industrie.

10. Het primair energiegebruik (de hoeveelheid brandstofequivalenten) dat nodig is voor de productie van het warmte- en elektriciteitsverbruik bedraagt ca 394 PJ/j. Het referentie primair energiegebruik bedraagt 531 PJ/j. Ten opzichte van deze referentie wordt met de huidige warmteproductie dus ca 137 PJ/j aan brandstof bespaard. Dat is 26 % van de referentiewaarde.

11. In 2020 is het primair energiegebruik gedaald naar 386 PJ/j en de referentiewaarde naar 522 PJ/j. Het primair energiegebruik daalt dus minder sterk dan de referentiewaarde, die rechtstreeks gekoppeld is aan de (verminderde) vraag. Dat betekent dat het rendement van de conversie van brandstof naar warmte in 2020 afgenomen is ten opzichte van de huidige situatie. Die afname is een direct gevolg van de geringere inzet van WKK.

12. De CO₂ emissie, die aan het energiegebruik gekoppeld is stijgt van 20,9 mln ton CO₂ nu naar 21,4 mln ton in 2020. Ook dat is een direct gevolg van de verslechterde efficiëntie van de brandstofconversie in combinatie met minder elektriciteitsproductie met WKK en een grotere import van elektriciteit.

13. De inzet van WKK zal sterk afnemen. Van de 49 WKK installaties die in dit onderzoek betrokken waren, zullen er, naar verwachting, 18 uit bedrijf genomen worden met een totaal vermogen van ca. 915 MWe. Andere WKK installaties draaien op zo laag mogelijke belasting, vaak in een 'locked-in' situatie, omdat er warmte-technisch of contractueel nog geen alternatief is.

De ontwikkeling in het WKK-volume is als volgt:

- warmteproductie van 90 PJ/j naar 69 PJ/j
- elektriciteitsproductie van 16 TWh/j naar 12 TWh/j
- brandstofbesparing van 50 PJ/j naar 42 PJ/j



14. In de industrie is echter nog een groot potentieel aan WKK mogelijkheden aanwezig. Energetisch is dit potentieel inpasbaar in de warmtevraag van 2020. De daarmee te realiseren besparing op primaire energie bedraagt 66 PJ/j. De bijbehorende CO₂ emissie reductie bedraagt ruim 6,5 mln ton CO₂. Uit de inventarisatie zijn geen alternatieven naar voren gekomen die een vergelijkbare brandstofbesparing en CO₂ reductie realiseren.



BIJLAGE 1:

WARMTEGEBRUIK EN WARMTEPRODUCTIE IN HET ROTTERDAMSE HAVENGEBIED

1. Inleiding

Op verzoek van Deltalinqs, als één van de partners in het Rotterdam Climate Initiative, is een uitsplitsing gemaakt van het warmtegebruik en de warmteproductie bij de betrokken sectoren in het Rotterdamse havengebied. In het kader van de bevordering van energiebesparing in het havengebied is Deltalinqs geïnteresseerd om meer inzicht te krijgen in het warmtegebruik en de positie van warmte/kracht koppeling in het bijzonder.

De sector Papier&Karton heeft geen vestigingen in het Rotterdamse havengebied. Deze uitsplitsing betreft dus bedrijven in de chemie en raffinage. De rapportage in deze bijlage volgt in principe dezelfde lijn als die van het hoofdrapport en hanteert dezelfde uitgangspunten.

2. Aantal bedrijven dat gereageerd heeft

In totaal hebben 16 bedrijven uit het havengebied gereageerd op de enquête. Naar schatting is daarmee meer dan 90 % van de warmtevraag in deze sectoren in het Rotterdamse havengebied in het onderzoek betrokken.

3. Ontwikkelingen in de warmtevraag

De ontwikkeling in de warmtevraag, onderverdeeld in de 4 temperatuurcategorieën, is weergegeven in tabel B1.1.

Tabel B1.1: Warmtevraag (PJsec/j)				
Temperatuur (°C)	Huidig		2020	
<100	0	0,0%	0	0,0%
100-200	22	15,7%	21	15,4%
200-400	102	73,7%	103	74,1%
>400	15	10,6%	15	10,5%
Totaal	138		139	

Het warmtegebruik in 2020 blijft vrijwel gelijk aan het huidige verbruik. Er is geen trend waarneembaar naar gebruik van warmte op een lagere temperatuur. Ca. 75 %



van de warmtevraag ligt op een temperatuur boven 200 °C en dat verandert in 2020 niet

4. Ontwikkelingen in de warmteproductie

Tabel B1.2 geeft de ontwikkeling in de warmteproductie, onderverdeeld in de verschillende productiemiddelen.

Tabel B1.2: Warmteproductie (PJsec/j)				
	Huidig	%	2020	%
Totaal	148		144	
Restwarmte	26	17%	27	19%
WKK	40	27%	25	17%
Ketels/Fornuizen	82	55%	91	63%
Overige	0	0%	0	0%
Van derden uit afval	1	1%	1	1%
Van derden overige	0	0%	0	0%

In totaal wordt in de huidige situatie 148 PJ/j aan warmte geproduceerd. De verwachting is, dat dit in 2020 gedaald is tot 144 PJ/j, een daling van 2,7 %.

Ongeveer 98 % van alle warmte wordt geproduceerd uit restwarmte, WKK en ketels en fornuizen. Ook in 2020 zijn dit veruit de meest belangrijke productiemiddelen.

De warmteproductie uit restwarmte stijgt licht van 26 PJ/j naar 27 PJ/j. In het onderzoek is aan de bedrijven gevraagd hoe de recuperatie van warmte uit restwarmte zich zal ontwikkelen. 7 bedrijven geven aan dat dit zal toenemen. Bij 4 bedrijven blijft dat ongeveer gelijk. Bij de overige is dit onbekend.

WKK warmteproductie daalt sterk van 40 PJ/j nu naar 25 PJ/j in 2020. De verminderde inzet van WKK wordt grotendeels overgenomen door meer inzet van ketels en fornuizen. Dit aandeel stijgt met 9 PJ/j van 82 PJ/j naar 91 PJ/j.

Het aandeel hernieuwbaar geproduceerde warmte (inclusief warmte uit afval) blijft marginaal.

5. Warmte-uitwisseling

De hoeveelheid warmte die uitgewisseld wordt tussen afzonderlijk gevestigde bedrijven (dus niet op bedrijventerreinen) is weergegeven in tabel B1.3.

Tabel B1.3: Ontwikkeling warmte-uitwisseling (PJ/j)		
	Huidig	2020
Onderlinge uitwisseling tussen bedrijven	2,1	2,2

6. Brandstofinzet

In 2020 wordt ca. 19 % van de warmte geproduceerd uit recuperatie van restwarmte (zie tabel B1.2). Voor de overige 81 % worden brandstoffen ingezet. In tabel B1.4 wordt de brandstofinzet voor de warmteproductie weergegeven, welke brandstofsoorten daarvoor gebruikt worden en hoe die verdeeld zijn over de verschillende productiemiddelen.

Tabel B1.4: Brandstofinzet (PJprim/j)				
	Huidig		2020	
Totaal	163		154	
Aardgas	89	55%	83	54%
Restgassen	74	45%	71	46%
Biogas/biomassa	0	0%	0	0%
Overige	0	0%	0	0%
Brandstof WKK	63	39%	46	30%
Brandstof Ketels/Fornuizen	100	61%	108	70%

De warmte wordt nu en ook in 2020 vrijwel volledig geproduceerd met aardgas en restgassen. De productiemiddelen zijn WKK en ketels en fornuizen. Het aandeel WKK neemt in 2020 af en de brandstofinzet bij ketels en fornuizen stijgt.

Het brandstofgebruik in 2020 daalt t.o.v. de huidige inzet met ca. 9 PJ/j. Deze daling van 5,5 % is meer dan de afname in warmteproductie (zie tabel B1.2). De redenen daarvoor zijn: het groter aandeel warmteproductie uit restwarmte en de teruggang in WKK inzet, die grotendeels overgenomen wordt door warmteproductie met ketels, waardoor de brandstofinzet voor elektriciteitsproductie wegvalt.

Het deel 'Overige' is de verzameling van andere (rest)brandstofsoorten. Dit aandeel is verwaarloosbaar. In dit verband is aan de bedrijven ook gevraagd aan te geven welke mogelijkheden er zijn voor de inzet van hernieuwbare brandstoffen (o.a. biomassa) voor warmteproductie. Van de 16 bedrijven geven 10 aan daar geen mogelijkheden voor te hebben, bij 2 bedrijven bestaan er wel mogelijkheden. Bij 4 bedrijven is dat onbekend.



7. Elektriciteitsverbruik en elektriciteitsproductie

De ontwikkelingen in het elektriciteitsgebruik en de elektriciteitsproductie zijn weergegeven in tabel B1.5.

Tabel B1.5: Elektriciteitsgebruik en -productie				
		Huidig	2020	Vershil
Productie	TWh/j	5,3	4,3	-1,0
	PJ/j	19,1	15,6	
Gebruik	TWh/j	5,6	6,0	0,4
Levering aan het net	TWh/j	1,7	1,2	-0,6
Import	TWh/j	2,0	2,8	0,9

De huidige elektriciteitsproductie bij de bedrijven bedraagt 5,3 TWh/j. Dit is voor het grootste deel elektriciteit uit WKK. Deze productie daalt tot 4,3 TWh/j in 2020. Het gebruik van elektriciteit stijgt van 5,6 TWh/j nu naar 6,0 TWh/j. De levering van elektriciteit aan derden via het openbare net daalt en de import van elektriciteit stijgt. Dit wordt veroorzaakt door de afnemende productie van WKK.

Ten opzichte van het warmtegebruik is het elektriciteitsgebruik een orde van grootte kleiner. In tabel B1.6 is de verhouding warmte/elektriciteit weergegeven.

Tabel B1.6: Warmte/kracht verhouding W- en E-gebruik				
	PJsec/J		PJprim/j	
	Huidig	2020	Huidig	2020
Warmtegebruik	138	139	153	154
Elektriciteitsgebruik	20,2	21,6	48,1	51,4
Warmte/krachtverhouding	7:1	6:1	3:1	3:1

In secundaire energie uitgedrukt is de verhouding in warmte- en elektriciteitsgebruik in 2020 6:1 en in primaire energie 3:1.

Deze W/K-verhouding is van belang bij de analyse van de WKK-ontwikkelingen. Dit wordt besproken in paragraaf 9.

8. Trend in primair energiegebruik en brandstofbesparing

Met de bovenstaande informatie is het primair energiegebruik en de daarbij behorende brandstofbesparing bepaald volgens de rekenregels van het MEE monitoring protocol. Het betreft hier de brandstofbesparing t.o.v. de geldende referenties voor warmte- en elektriciteitsproductie, die wordt gerealiseerd door gebruik van restwarmte (geen brandstofinzet) en WKK (brandstofbesparing door een hogere energieconversierendement). Over de brandstofbesparing die gerelateerd is aan de vermindering van de energievraag, bijvoorbeeld door energie-efficiëntie maatregelen, kan op basis van de verkregen gegevens geen uitspraak gedaan worden.

Het resultaat is weergegeven in tabel B1.7.

Tabel B1.7: Primair energiegebruik en besparing			
		Huidig	2020
Warmteverbruik	PJsec/j	138	139
E-gebruik	PJsec/j	20,2	21,6
Ref. primaire energie	PJprim/j	201	206
Primaire energie	PJprim/j	169	171
Besparing	PJprim/j	32	34
	%	16,0 %	16,8%

Het referentie primair energiegebruik is in 2020 gestegen t.o.v. het huidige met 5 PJ/j (201 → 206), ten gevolge van het gestegen warmte- en elektriciteitsgebruik. Het primair energiegebruik stijgt met 2 PJ/j van 169 naar 171 PJ/j. Dat betekent dat de brandstofbesparing relatief wat verbeterd is. Deze geringe verbetering is de resultante van een aantal, deels tegengestelde, effecten, o.a:

- Het positieve effect van verdere recuperatie van restwarmte.
- Het negatieve effect van een mindere inzet van WKK.

Het effect van de restwarmterecuperatie kan ingeschat worden door de brandstofbesparing te berekenen onder de aanname dat de huidige WKK-inzet ook in 2020 gehandhaafd zou blijven. Het aandeel WKK in de brandstofbesparing blijft dan constant en de veranderingen t.o.v. de 2020 besparing in tabel B1.7 kunnen dan toegeschreven worden aan het effect van verdere restwarmterecuperatie. Het resultaat is weergegeven in tabel B1.8.



Tabel B1.8: Effect van restwarmte recuperatie op besparing				
		Huidig	2020	2020
Warmteverbruik	PJsec/j	138	139	139
E-gebruik	PJsec/j	20,2	21,6	21,6
Ref. prim. energie	PJprim/j	201	206	206
Primaire energie	PJprim/j	169	171	163
Besparing	PJprim/j	32	34	43
	%	16,0 %	16,8%	20,8 %
Besparing met recuperatie	PJprim/j			9

Met het constante WKK aandeel zou in 2020 de brandstofbesparing 43 PJ/j zijn. T.o.v. de verwachte besparing in 2020 van 34 PJ/j is dat een stijging van 9 PJ/j. Deze extra besparing is bij benadering het effect van de grotere warmterecuperatie uit restwarmte. Verschillende bedrijven in het havengebied hebben ook aangegeven dat er mogelijkheden zijn om door belangrijke procesmodificaties minder warmte uit ketels of WKK te betrekken, dankzij warmterecuperatie binnen de processen. Deze effecten daarvan zijn in de bovengenoemde getallen verwerkt, hoewel de realisatie daarvan nog onzeker is, mede vanwege de onzekere economische omstandigheden.

Het effect van de veranderde WKK-inzet wordt in par. 10 verder geanalyseerd.

9. Effect op CO₂ emissies, verbonden aan het energiegebruik

Het effect op de CO₂ emissie, behorend bij het energiegebruik in de betreffende sectoren in het havengebied, is weergegeven in tabel B1.9 (voor de berekeningsmethode zie tabel 6.1. in het hoofdrapport).

Tabel B1.9: CO₂ emissie en CO₂ reductie (kt/j)			
	Huidig	2020	Vershil
Directe CO ₂ emissie	9589	8731	-857
CO ₂ E- levering aan net	-1071	-723	348
CO ₂ E import	1224	1781	557
CO ₂ warmte aan 3e	-86	-94	-8
CO ₂ warmte van extern	24	23	-1
CO ₂ emissie energiegebruik	9679	9718	39
			+0,4%

Hieruit blijkt dat de CO₂ emissie gerelateerd aan het energiegebruik in 2020 vrijwel gelijk is aan de emissie behorend bij het huidige energiegebruik.

10. Analyse van de WKK ontwikkelingen

10.1. Inleiding

In deze paragraaf is een zelfde analyse van de ontwikkelingen bij de WKK in de sectoren in het havengebied gemaakt als in hoofdstuk 7 van het hoofdrapport.

10.2. De verwachte ontwikkelingen in WKK-volume

Bij 10 van de 16 bedrijven die in het onderzoek betrokken waren staan WKK-installaties of wordt warmte geleverd uit een WKK-installatie. Bij 6 bedrijven is sprake van sterke afname van de WKK-productie of stopzetten van WKK-installaties. Bij de overige blijft de situatie ongeveer gelijk.

De verwachte ontwikkelingen in het WKK-volume in het havengebied en de bijbehorende besparing is weergegeven in tabel B1.10.

Tabel B1.10: Ontwikkeling WKK volume en WKK besparing				
		Huidig	2020	Vershil
Warmteproductie	PJsec/j	39,5	24,7	-14,8
Elektriciteitsproductie	TWh/j	5,3	4,3	-1,0
	PJsec/j	19,1	15,6	
Levering aan net	TWh/j	1,7	1,2	-0,5
Elektriciteit import	TWh/j	2,0	2,8	+0,8
Brandstof	PJprim/j	63,5	46,4	-17,1
Ref. primaire energie	PJprim/j	87,0	62,9	-24,1
Besparing	PJprim/j	23,5	16,5	-7,0

De inzet van WKK is in 2020 flink gedaald en daarmee ook de gerealiseerde besparing.

De verwachte ontwikkeling in het opgestelde vermogen en het aantal WKK-installaties dat mogelijk uit bedrijf genomen wordt, is in tabel B1.11 weergegeven.

Tabel B1.11: Verwachte ontwikkeling in WKK vermogen			
		Huidig	2020
Aantal		17	9
Geïnstalleerd E-vermogen	MWe	845	582
Aantal uitbedrijf			8
Vermogen uit bedrijf	MWe		263

Het huidige opgesteld WKK-vermogen bij de 16 bedrijven bedraagt 845 MWe. Naar schatting is dat meer dan 90 % van het totale WKK vermogen in het havengebied. Volgens opgave van de bedrijven daalt dit met 31 % tot 582 MWe in 2010.

Over de oorzaken van deze teruggang in WKK-vermogen zeggen de bedrijven het volgende:

De verwachte uitbedrijfname van WKK-eenheden heeft alles te maken met de ontwikkeling van de economische omstandigheden waaronder ze moeten draaien. De verhouding tussen elektriciteitsopbrengsten en brandstofkosten is tengevolge van overcapaciteit op de elektriciteitsmarkt zodanig verslechterd dat productie van elektriciteit in een WKK-installatie niet of nauwelijks lonend is. Zodra flinke investeringen nodig zijn, bijvoorbeeld voor groot onderhoud, of ingrijpende aanpassingen, bijvoorbeeld i.v.m. NOx-eisen, is het economisch niet verantwoord door te gaan met WKK. Het tijdstip waarop WKK-eenheden stil gezet worden is in een aantal situaties mede bepaald door een bestaande Joint Venture overeenkomst of outsourcing overeenkomst.

Daarnaast is er ook sprake van een aantal 'locked-in' situaties, waarbij de WKK-installatie, ondanks verliezen, blijft draaien, omdat er voor de WKK (nog) geen vervangende warmteproductiecapaciteit aanwezig is en de investering daarin nog niet lonend is.

De algemene conclusie uit de WKK analyse is dat de bedrijven te maken hebben met een sterk verslechterde economische bedrijfsvoering en vrijwel unaniem aangeven daar waar dat mogelijk is de inzet van WKK af te bouwen of te beperken.

BIJLAGE 2:

ADDITIONELE ANALYSE VAN DE INDUSTRIËLE WARMTE

Soort warmte

In deze paragraaf wordt het aandeel van de verschillende warmtesoorten weergegeven. Tabel B2.1 toont het resultaat voor het geheel van de drie sectoren.

Tabel B2.1: Soort warmte in Chemie, Raffinage, Papier&Karton (PJsec/j)					
	Huidig		2020		Vershil
Directe proceswarmte	142	36%	140	37%	-2,0
Stoom/ warm water	246	62%	232	61%	-13,5
Thermische olie	10	2%	10	3%	0,3
Totaal	398		383		-15,2

Processtoom is de belangrijkste warmtedrager, gevolgd door de directe opwekking van proceswarmte in fornuizen. Ook in 2020 blijft dat zo. De vermindering van warmtevraag in 2020 is vooral terug te vinden in de stoomvraag.

In de volgende tabellen zijn de resultaten per sector gegeven.

Tabel B2.2: Soort warmte in Chemie (PJsec/j)					
	Huidig		2020		Vershil
Directe proceswarmte	72	29%	71	30%	-0,6
Stoom/ warm water	169	68%	158	67%	-11,0
Thermische olie	7	3%	8	3%	0,3
Totaal	248		237		-11,3

Tabel B2.3: Soort warmte in Raffinage (PJsec/j)					
	Huidig		2020		Vershil
Directe proceswarmte	71	52%	69	52%	-1,4
Stoom/ warm water	64	47%	61	46%	-2,8
Thermische olie	2	2%	2	2%	0,0
Totaal	137		132		-4,1



Tabel B2.4: Soort warmte in Papier&Karton (PJsec/j)					
	Huidig		2020		Vershil
Directe proceswarmte	0,2	1,6%	0,2	1,5%	0,0
Stoom/ warm water	12,8	98,3%	13,1	98,3%	0,3
Thermische olie	0,0	0,2%	0,0	0,2%	0,0
Totaal	13,1		13,3		0,3

Bij Chemie en Papier&Karton is processtoom de belangrijkste warmtedrager, gevolgd door directe proceswarmte. Bij raffinage is directe proceswarmte de belangrijkste warmtesoort

Warmteproductie per soort brandstof

In deze paragraaf wordt een verdeling van de warmte gemaakt naar de soort brandstof die er voor nodig is. Dat geeft inzicht in de verwachte veranderingen in de periode tot 2020 en hoe het aandeel hernieuwbare primaire energie zich ontwikkelt in de drie sectoren.

Tabel B2.5 geeft het resultaat voor het totaal van de drie sectoren.

Tabel B2.5: Warmte uit soort brandstof in Chemie, Raffinage, Papier&Karton (PJsec/j)					
	Huidig		2020		Vershil
Aardgas	147	37%	135	36%	-12,0
Restgassen	126	32%	125	33%	-1,1
Restwarmte	108	27%	105	27%	-3,1
Van extern	5	1%	4	1%	-0,5
Van extern uit afval	4	1%	5	1%	1,5
Biomassa	1	0%	3	1%	1,5
Overige	5	1%	3	1%	-1,2
Totaal	395		380		-15,0

De warmte wordt voor meer dan 95 % geproduceerd uit aardgas, restgassen en restwarmte. Het aandeel warmte uit restwarmte bedraagt 27 %. In 2020 treedt daar weinig verandering in op. Het aandeel uit duurzame primaire energie - biomassa, afval - stijgt van 3 PJ/j naar 5,5 PJ/j . Warmte geleverd door AVI's wordt voor 50 % als duurzame warmte meegenomen.

In de tabellen hierna zijn de resultaten van de afzonderlijke sectoren gegeven.



Tabel B2.6: Warmte uit soort brandstof in Chemie (PJsec/j)					
	Huidig		2020		Vershil
Aardgas	90,6	36,6%	83,7	35,4%	-6,9
Restgassen	64,7	26,1%	63,7	26,9%	-1,0
Restwarmte	79,2	32,0%	75,3	31,8%	-3,9
Van extern	4,8	1,9%	4,3	1,8%	-0,5
Van extern uit afval	3,9	1,6%	5,3	2,3%	1,5
Biomassa	0,0	0,0%	0,9	0,4%	0,9
Overige	4,6	1,9%	3,4	1,4%	-1,2
Totaal	247,8		236,7		-11,1

Tabel B2.7: Warmte uit soort brandstof in Raffinage (PJsec/j)					
	Huidig		2020		Vershil
Aardgas	44,6	33,3%	40,0	30,7%	-4,7
Restgassen	61,3	45,6%	61,2	47,0%	-0,1
Restwarmte	28,3	21,1%	28,9	22,2%	0,6
Van extern	0,0		0,0		
Van extern uit afval	0,0		0,0		
Biomassa	0,0		0,0		
Overige	0,0		0,0		
Totaal	134,2		130,1		

Tabel B2.8: Warmte uit soort brandstof in Papier&Karton (PJsec/j)					
Papier&Karton	Huidig		2020		Vershil
Aardgas	11,8	90,4%	11,4	85,1%	-0,5
Restgassen	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0
Restwarmte	0,1	0,6%	0,2	1,8%	0,2
Van extern	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0
Van extern uit afval	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0
Biomassa	1,2	9,0%	1,7	13,1%	0,6
Overige	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0
Totaal	13,1		13,3		



Bij de raffinaderijen zijn restgassen de meest belangrijke brandstof. Restgassen zijn in dit geval voornamelijk de lokaal gevormd brandstoffen.

Bij Papier&Karton is en blijft aardgas de meest belangrijke brandstof. Het aandeel duurzaam opgewekte warmte (uit biomassa en biovergisting) stijgt licht van 1,2 PJ/j naar 1,7 PJ/j.



BIJLAGE 3:

REFERENTIES

1. *Klimaatbrief 2050, Uitdagingen voor Nederland bij het streven naar een concurrerend, klimaatneutraal Europa*, bijlage bij brief Min. Van I & M aan Tweede Kamer, 18 november 2011.
2. *Uitgangssituatie voor de Routekaart Chemie*, W. Wetzels, ECN-E-12-024, 29 juni 2012.
3. *Onderzoek naar het groeipotentieel van warmtekrachtkoppeling in de Nederlandse chemische industrie en de daarmee te realiseren verbetering in energie-efficiency en reductie van CO₂ emissies*, Rapport behorend bij de Initiatieven voortvloeiend uit de VNCI Energievisie, December 2009.
4. *Onderzoek naar het groeipotentieel van warmtekrachtkoppeling in de Nederlandse aardolieraffinage sector en de daarmee te realiseren brandstofbesparing en CO₂ –emissie reductie*, Hans Davidse, juli 2010.