



Industriële warmte/krachtkoppeling

DRS. K. BLOK — DR. W.C. TURKENBURG

Inleiding

Warmte/krachtkoppeling (wkk), dus het gecombineerd opwekken van elektriciteit en nuttig te gebruiken warmte, kan een belangrijke bijdrage leveren in het verlagen van de stroomkosten en het verminderen van milieuproblemen omdat door wkk een brandstofbesparing van ongeveer 30% wordt bereikt ten opzichte van gescheiden opwekking. Hoe groot is het wkk-potentieel in de industrie? De Stuurgroep Maatschappelijke Discussie Energiebeleid (MDE) kwam tot 3.600 MW en beroept zich daarbij op een door haar ingestelde werkgroep Decentrale Elektriciteits Opwekking terwijl deze werkgroep weer voortbouwde op het werk van de z.g. Commissie-Tielemans 1). Op deze raming is nogal wat kritiek gekomen, met name van de zijde van het Ministerie van Economische Zaken. In haar standpunt over het Eindrapport van de Stuurgroep MDE heeft de regering deze kritiek overgenomen. Zij gaat er vanuit dat in het jaar 2000 niet meer dan 2.000 MW industrieel WKK-vermogen zal zijn opgesteld 2). Daarbij baseert zij zich op een studie van de NEOM die medio 1984 werd uitgevoerd 3). Enkele hoofdpunten uit deze NEOM-studie zijn:

- a. anno 1984 is er bij de industrie een marktpotentieel aan warmte/kracht-turbinevermogen van 2.740 MW, waarvan 850 MW alleen zal worden gerealiseerd bij voor de industrie gunstige voorwaarden voor terug- of doorleveren van elektriciteit;
- b. tot 2000 neemt het marktpotentieel van 2.740 MW niet toe omdat mag worden aangenomen dat een groei van de stoombehoefte door toename van industriële activiteit, gecompenseerd wordt door besparing op de stoombehoefte door verbetering van efficiency;
- c. bij verhoging van de gasprijzen enerzijds en sterke verlaging van de elektriciteitsprijs via het openbare net (door middel van kerncentrales) anderzijds is het voor de industrie niet langer interessant in wkk te investeren; de terugverdientijd wordt meer dan 4 jaar.

Om tot meer helderheid te komen over de (te verwachten) mogelijkheden van industriële warmte/krachtkoppeling, hebben wij hier een eigen onderzoek naar ver-

richt. Per bedrijfstak is nagegaan hoe groot anno 1984 het marktpotentieel aan warmte/kracht-turbinevermogen is. Vervolgens is geanalyseerd hoe dit potentieel zich tot 2000 zou kunnen ontwikkelen wanneer de industriële activiteit groeit zoals beschreven in de CPB-studie *Een actualisering van het referentiescenario 4*).

In dit artikel willen we een deel van onze resultaten publiceren. We beperken ons daarbij tot schattingen van het marktpotentieel bij een prijspeil voor gas en elektriciteit zoals dit begin 1984 gold. Uit ons onderzoek blijkt dat het wkk-potentieel in de industrie aanmerkelijk groter is dan de NEOM heeft aangegeven, te weten 3.200 MW in 1984 en 4.200 MW in 2000 tegenover de NEOM 2.740 MW. We zullen aangeven hoe dit verschil kan worden verklaard.

De rentabiliteit van warmte/krachtvermogen

De praktijk leert dat het bij de huidige tarieven rendabel kan zijn in warmte/kracht-turbinevermogen te investeren wanneer een bedrijf een elektriciteitsvraag heeft van meer dan 1 à 2 MW. Vrijwel altijd gaat dit gepaard met een bedrijfstijd van meer dan 5.000 uur per jaar. De terugverdientijd is meestal 2 à 4 jaar. Levering aan het net vindt nog weinig plaats.

In deze studie zullen we nagaan hoe groot het wkk-potentieel is wanneer een terugverdientijd van maximaal 4 jaar wordt gehanteerd. Dit potentieel, aan te duiden als *het bedrijfseconomisch potentieel*, zal meestal afhangen van het eigen elektriciteitsverbruik van de bedrijven. Realisering van dit potentieel betekent dat opwekking van elektriciteit ten behoeve van het openbare net in heel beperkte mate voorkomt.

Nationaal-economisch gezien kan het interessant zijn een groter potentieel aan wkk-vermogen te realiseren dan uit bovenstaande bedrijfseconomische beschouwing volgt, bij voorbeeld omdat de kosten van de totale elektriciteitsopwekking daardoor kunnen worden gedrukt of omdat het bijdraagt in het streven naar brandstofbesparing. Daarom zullen we ook nagaan hoe groot het z.g. *nationaal-economisch potentieel* aan industrieel warmte/kracht-turbinevermogen is. Als norm hanteren we dat per m³ aardgas die jaarlijks wordt be-

spaard, de investeringskosten in wkk niet hoger mogen zijn dan 3 gulden. Voor de prijs situatie van 1984 betekent dit dat dimensionering plaatsvindt uitgaande van de warmte- en stoombehoefte in de industrie. We zullen zien dat realisering van het nationaal-economisch potentieel betekent dat ruwweg 3/5 van het vermogen voor eigen gebruik zal zijn bestemd en ruwweg 2/5 voor terug- of doorlevering.

De behoeften aan stoom en elektriciteit

Om de optimale grootte van een warmte/kracht-installatie te kunnen bepalen moet bekend zijn hoe groot per bedrijf de stoom- en de elektriciteitsbehoefte is. Wil men het goed doen dan moet bovendien bekend zijn hoe in de tijd deze behoeften variëren. Per bedrijf of bedrijfstak dienen patroonverkenningen uitgevoerd te worden. Aan zo'n nauwkeurige methode is en wordt aan de Rijksuniversiteiten van Groningen (ontwikkeling rekenmodel) en Utrecht (inventarisatie van patronen) gewerkt 5). Enkele bedrijfstakken zijn aldus in kaart gebracht, te weten de papier- en kartonindustrie en de voedings- en genotmiddelenindustrie. Op basis van deze verkenningen kon het bedrijfseconomisch potentieel en het nationaal-economisch potentieel van warmte/kracht-vermogen in deze bedrijfstakken in kaart worden gebracht.

Voor de overige bedrijfstakken moet een dergelijke studie nog worden uitgevoerd. Toch is het mogelijk tot ruwe potentieel-schattingen te komen mits bekend is hoe groot de stoom- en elektriciteitsbehoefte zijn. Een volledige en actuele set van gegevens is voor de grotere bedrijven in Nederland niet of nauwelijks aanwezig. Wel zijn er ramingen van de stoombehoefte voor de jaren 1981/1982 (zie bij voorbeeld noot 3). Gegevens zijn verder af te leiden uit de Emissie Registratie Lucht, uit artikelen in vakbladen, uit databestanden die de industrie ons ter beschikking heeft gesteld en uit gesprekken met energiecoördinatoren in bedrijven.

Bij de bepaling van het warmte/kracht-potentieel moet in acht worden genomen dat vooral op het warmteverbruik in vrijwel alle industrietakken nog flink kan worden bespaard. Per bedrijf en bedrijfstak kan dit variëren. Bij de bepaling van het potentieel anno 1984, zijn door ons de vol-

- 1) Rapport van de Commissie warmte/krachtkoppeling in de industrie I en II, Ministerie van Economische Zaken, 1980/1981.
- 2) *Elektriciteitsvoorziening in de jaren negentig*, Ministerie van Economische Zaken, januari 1985.
- 3) *Raming grootschalig industrieel wkk-vermogen voor verschillende elektriciteitsopweksituaties*, NEOM, september 1984.
- 4) P.G.M. Boonekamp en J.J.C. Bruggink, Het EZ-referentiescenario 1984, *ESB*, 29 december 1984.
- 5) K. Blok, A. van Wijk, E. Nieuwlaar en W.C. Turkenburg, *Patronen in het industriële energieverbruik en de toepassing van warmte/krachtkoppeling*, Utrecht, januari 1985.

gende besparingen op de stoombehoeften (ten opzichte van 1980) aangenomen:

- aardolie : 30%
(zie noot 6, 7 en 8)
- chemie : 20%
- papier en karton: 20% (9)
- voeding en
genotmiddelen : 10-30% (9)
- overig : 20%

Met betrekking tot het elektriciteitsverbruik is doorgaans aangenomen dat de efficiency hiervan met 10% kan worden verbeterd.

Om tot een schatting van het potentieel anno 2000 te komen, is aangenomen dat de energiebehoeften in nieuw op te zetten produktiebedrijven nog verder kan worden teruggedrongen, te weten met (extra) 20% op de stoombehoefte en (extra) 5% op de elektriciteitsbehoefte.

Aangetekend moet worden dat w/k-installaties zelden zo worden ontworpen dat de volledige resp. de gemiddelde stoomvraag wordt gedekt. Meestal dekken ze slechts een deel hiervan. In het volgende gaan we er van uit dat een dekkingspercentage van 80% niet wordt overschreden (10) tenzij betere gegevens ter beschikking staan (11).

De warmte/kracht-installaties

Analyse van warmte/krachtskoppeling in de industrie leert al gauw dat voor de grote bedrijven met een stoomvraag van enkele MW(th) of meer de gasturbine de meest aantrekkelijke warmte/kracht-optie is. Een alternatief kan de STEG-eenheid zijn, die de eigenschap heeft dat per quantum stoom meer stroom wordt geproduceerd. Over de gehele levensduur gerekend kan een STEG voordeliger zijn dan een gasturbine. Echter, omdat de terugverdientijd van een STEG doorgaans wat langer is, valt binnen het bedrijf de investeringsbeslissing meestal in het voordeel van de gasturbine uit. Wij sluiten ons hier in deze studie bij aan en veronderstellen dat uitbreiding van het warmte/kracht-vermogen vrijwel steeds met gasturbines zal gebeuren. Doordat in een aantal gevallen de gasturbines worden gecombineerd met reeds aanwezige stoomturbines, bestaat een deel van het warmte/kracht-vermogen dat uit onze potentieelramingen resulteert toch uit STEG-eenheden.

De wat grotere gasturbines (> 10 MWe) halen een elektrisch rendement van 30% of meer. De warmte/kracht-verhouding is dan ongeveer 1,7 bij een stoomdruk van 10 bar. Dit houdt in dat op basis van een stoomvraag van 1 ton per uur een gasturbinevermogen van 0,4 MWe kan worden geplaatst (12). Voor de kleinere gasturbines, die vooral in de papier- en kartonproductie en in de voedings- en genotmiddelenindustrie van belang zijn, worden aangepaste gegevens gehanteerd zoals een lager elektrisch rendement (13).

Mochten in de klasse van de grootste bedrijven (waar zich ca. 75% van de stoomvraag bevindt) toch STEG-eenheden worden neergezet in plaats van gasturbines,

dan kan per ton stoom/uur een vermogen van ca. 0,55 MWe worden opgesteld. We zullen later aangeven hoe dit onze potentiële schattingen beïnvloedt.

Schattingen van het huidige warmte/kracht-potentieel

Op basis van de hiervoor beschreven uitgangspunten, is per sector van industriële activiteit een verkenning van het warmte/kracht-potentieel gemaakt. Het resultaat hiervan zullen we sectorgewijs weergeven.

Aardolieraffinaderijen

In Nederland staat een klein aantal raffinaderijen met een totale capaciteit van ca. 80 mln. ton ruwe olie per jaar. In 1980 bedroeg de doorzet 50 mln. ton. In 1982 was dit gedaald tot 38,4 mln. ton, terwijl in 1983 weer sprake was van een lichte stijging tot 41,6 mln. ton. In de navolgende berekeningen zullen we uitgaan van een doorzet van 45 mln. ton per jaar.

Het eigen brandstofverbruik van de raffinaderijen bedroeg in 1982 2,7 mln. ton (115 PJ), dit is bijna 7% van de doorzet. Het elektriciteitsverbruik was blijkens CBS-gegevens 1.270 GWh. Dat is 32 kWh per ton ruwe olie (14).

In 1984 zag de warmte/kracht-situatie er als volgt uit:

- Shell Pernis	70 MW TD-stoomturbine
- Shell Pernis	35 MW GT/afgassenketel
- BP	48 MW GT/afgassenketel
- Texaco	14 MW GT/fornuis
Totaal	167 MW

De situatie bij de raffinaderijen wordt gecompliceerd doordat bij een aantal raffinaderijen een uitgebreid chemiecomplex aanwezig is dat met de raffinaderij een gemeenschappelijk energievoorzieningsstelsel heeft. In de CBS-statistieken worden de raffinaderijen sec behandeld; wij zullen hier de raffinaderijen met bijbehorende chemie als één geheel beschouwen.

De praktijk leert dat warmte/kracht-installaties in deze bedrijfstak meestal op het maximum van het elektriciteitsverbruik worden gedimensioneerd. Op basis van ons bekende gegevens en met behulp van schattingen voor de bedrijven waarvan goede gegevens ons niet bekend zijn, komen we tot een bedrijfseconomisch potentieel van 275 MW. Op basis van de ons bekende gegevens van het stoomverbruik schatten we het nationaal-economisch warmte/kracht-potentieel op 600 MW.

Daarnaast bestaat er nog een potentieel van gasturbines als voorschakeling voor procesfornuizen. We nemen aan dat deze gasturbines op dezelfde wijze op de warmte behoefte van het fornuis gedimensioneerd zullen worden als de reeds gerealiseerde installatie bij Texaco (15). In dat geval bedraagt het (mechanisch) gasturbinevermogen 7% van het thermisch vermogen van het fornuis. Indien voorschakeling rendabel is bij een fornuisgrootte van meer dan 50 MW-thermisch, krijgen we een extra potentieel van 240 MWe.

Kunstmestindustrie

Warmte/krachtskoppeling in de gebruikelijke zin van het woord komt in de kunstmestindustrie weinig voor. Er wordt weliswaar gebruik gemaakt van stoom- en soms gasturbines, maar deze worden meestal niet gebruikt voor het opwekken van elektriciteit maar om rechtstreeks compressoren aan te drijven (16). Enige mogelijkheden voor eigen opwekking zijn aanwezig bij de bereiding van zwavel- resp. salpeterzuur. De warmte die ontstaat bij deze exotherme processen kan in expansieturbines worden benut (17). De huidige warmte/kracht-omvang van ca. 40 MW zal daardoor tot ca. 90 MW kunnen worden uitgebreid. Onder bedrijfseconomische criteria zal dit slechts tot ongeveer 50 MW worden gerealiseerd.

Overige chemie inclusief petrochemie

In 1982 bedroeg het brandstofverbruik in de chemische industrie (excl. kunstmest) 364 PJ. Een aanzienlijk deel hiervan (159 PJ) wordt gebruikt als grondstof. De rest wordt gebruikt als energiedrager. Deze laatste hoeveelheid is van 1980 tot 1982 - opmerkelijk genoeg - vrijwel constant gebleven op ca. 200 PJ. Dit getal komt tevens overeen met de gegevens uit een ESC-rapport (18) en met meer recente gegevens uit de Emissie Registratie Lucht. Het totale brandstofverbruik is in de betreffende periode gedaald.

Vanuit de verschillende bedrijven worden besparingen tot 40 en 50% gerapporteerd in een tijd van tien jaar of minder (19).

6) P. Koppenol, Toepassing van warmte/kracht door energiegebruikers, *PT/Procestechiek*, 1980, nr. 8, blz. 463.

7) Persoonlijke mededelingen dhr. Van Dijk, hoofd THEM, Shell Raffinaderij Nederland.

8) Zuinig energiegebruik in raffinaderijen, *Shell-Venster*, oktober 1981.

9) K. Blok, A. van Wijk, E. Nieuwhaar en W.C. Turkenburg, op. cit.

10) P. Koppenol, op. cit.

11) K. Blok, A. van Wijk, E. Nieuwlaar en W.C. Turkenburg, op. cit.

12) K.A. Duyves en B.J. Kruiswijk, Warmte/kracht-koppeling en energiecentra, *ESC*, juli 1983.

13) K. Blok, A. van Wijk, E. Nieuwlaar en W.C. Turkenburg, op. cit.

14) CBS, *De Nederlandse energiehuishouding*, diverse afleveringen.

15) J. Davidse en J. Roukema, *Application of gas turbine generators for preheating air with conventional boilers on furnaces*, ASME-paper 84-GT-161, juni 1984.

16) J.W.M. Steeman, Energiebesparing in de chemische industrie, *Energiespectrum*, mei 1979 en persoonlijke mededelingen dhr. Feenstra, UKF.

17) TE-installatie in salpeterzuurfabriek, *PT/Werkuigbouw* 1983, nr. 1, blz. 72.

18) F.G.M. van Wees, Brandstofverbruikende installaties bij de Nederlandse industrie, *ESC*, mei 1983.

19) J. Davidse en A.P. van Oostrom, *Cogeneration and multiple heat recovery at a plastics manufacturing facility*, ASME-paper 84-GT-125, Amsterdam, juni 1984; *Energiebesparing*, 11/83, blz. 8.

In de *Toelichting op het advies rationeel energieverbruik in de industrie* geeft de programmavoorbereidingscommissie een daling van het specifieke energieverbruik van 1977 tot 1983 aan met 26% (20). Voor de toekomst worden verschillende getallen genoemd; één bedrijf wil 5% in drie jaar besparen, een ander komt op 3% per jaar. De programmavoorbereidingscommissie REI geeft voor het jaar 2000 een besparing aan van ca. 20% op het finaal verbruik in vergelijking met 1980. Bij het bepalen van dit getal baseert zij zich sterk op gegevens uit de chemische industrie. We zullen dit getal dan ook aanhouden voor de potentiële schatting. In 1982 was het elektriciteitsverbruik in de chemie 26,5 PJ (7350 GWh). We veronderstellen een verbetering van de elektriciteitsefficiëntie met 10%.

Een deel van de chemie – goed voor ± 15% van het verbruik – is al behandeld bij de sector aardolie. Het gaat hier om de chemische complexen bij de raffinaderijen van Shell, Kuwait Oil en Esso. De overige bedrijven zijn globaal onder te verdelen in een tiental grotere met vrij hoge warmte/krachtverhoudingen (vaak meer dan 10) en een aantal kleinere. Bij de grotere bedrijven wordt soms meer dan de helft van de warmte via directe ondervuring gebruikt. De kleinere bedrijven hebben warmte/krachtverhoudingen in de buurt van 3, soms hoger. De bedrijven zijn meestal groot genoeg om een gasturbine warmte/kracht-installatie te rechtvaardigen. De stoomvraag is geen beperkende factor; zij zal dat bij voornoemde besparingen ook nog niet worden.

Begin 1984 stond bij de grotere bedrijven 410 MW operationeel warmte/krachtvermogen opgesteld en bij kleine bedrijven 50 MW. Dimensionering van het bedrijfseconomisch potentieel op de elektriciteitsvraag en op een bedrijfstijd van 8000 uur per jaar, levert ons een warmte/krachtvermogen van 700 MW, waarvan 600 MW bij de grotere bedrijven.

Het nationaal-economisch potentieel kan worden berekend door per bedrijf te dimensioneren op de minimale stoomvraag, welke we inschatten op 80% van de gemiddelde stoomvraag. Dit levert ons een potentieel van 1040 MW in de grotere bedrijven en 200 MW in de kleine bedrijven. Warmte/krachtvermogen bij fornuizen nemen we slechts in beschouwing voor zover (een combinatie van) fornuizen een warmtevraag groter dan 50 MW(th) heeft. Wij ramen dit potentieel op 170 MW. De resultaten vatten we samen in tabel 1.

Voedings- en genotmiddelenindustrie

In een recent door ons uitgevoerde stu-

Tabel 2. Mogelijkheden van gas- en stoomturbines in de voedings- en genotmiddelenindustrie

Sector	Huidige situatie	Bedrijfseconomisch potentieel	Nationaal-economisch potentieel
Vleesindustrie	4	10	18
Zuivel	38	62	103 a)
Suiker b)	85	94	94
Zetmeel	34	60	60
Bier	14	40	40
Overige	15	55	90
Totaal	190	321	405

a) Excl. de nog onzekere toepassingen van gasturbines voor poederovens.

b) Toepassing van gasturbines is te onzeker om in deze potentiële schatting te verwerken; excl. reservevermogen.

die is voor een aantal belangrijke sectoren in de voedings- en genotmiddelenindustrie het warmte/kracht-potentieel bepaald (21). Voor wat betreft de gas- en stoomturbines zijn de resultaten weergegeven in tabel 2. Bij de schattingen is rekening gehouden met energiebesparing in de diverse bedrijfstakken. Voor de niet in genoemde studie behandelde bedrijfstakken is een schatting gemaakt („overige”).

Papier- en kartonindustrie

In onze studie wordt eveneens de huidige situatie en het potentieel van warmte/krachtkoppeling in de papier- en kartonindustrie weergegeven. Hierbij is met energiebesparing rekening gehouden. De resultaten zijn als volgt: huidige situatie 150 MW, bedrijfseconomisch potentieel 182 MW en nationaal-economisch potentieel 256 MW.

Overige sectoren

In de ijzer- en staalindustrie kan de toepassing van expansieturbines nog enigszins worden uitgebreid (van 14 tot 23 MWe). Daarnaast kunnen gasturbines voor stoomopwekking worden geplaatst (ca. 30 MW). In de bouwmaterialenindustrie worden gasturbines voornamelijk in de cementproductie toegepast. Het is nog onduidelijk in hoeverre eigen opwekking ook in andere bedrijfstakken binnen deze sector mogelijk is, bij voorbeeld als naschakelsysteem.

Bij bepaling van het warmte/kracht-potentieel in de overige industrie (voornamelijk de kunstvezelindustrie en rubber- en plasticverwerking) is een ruwe schatting gemaakt, uitgaande van de veronderstelling dat toepassing van wkk op basis van gasturbines in bedrijven met 4 MW stoombehoefte en een continue of semi-continue bedrijfsvoering een kans maakt. Hierdoor kan in totaal ruim 100 MW aan warmte/kracht-installaties worden opgesteld, waarvan nog slechts een kwart is gerealiseerd. De warmte/krachtverhouding in de

meeste genoemde bedrijven is gemiddeld ruim 3. Het bedrijfseconomisch potentieel bedraagt daardoor (gemiddeld) ongeveer driekwart van het nationaal-economisch potentieel.

Totaal

Voorgaande ramingen van de mogelijkheden van gas-, stoom- en eventuele andere turbines in de industrie hebben we samengevat in tabel 3. Daaruit valt af te leiden dat begin 1984 ongeveer 1.100 MW industriële warmte/krachtvermogen stond opgesteld, exclusief reservevermogen. Wanneer warmte/krachtvermogen primair wordt geïnstalleerd om in de eigen elektriciteitsbehoefte te voorzien, dan kan dit vermogen tot ongeveer 1.700 MW worden uitgebreid. Volgen we een nationaal-economische beschouwingswijze waarin ook de levering van warmte/krachtvermogen aan het openbare net wordt betrokken, dan bedraagt het potentieel ongeveer 3.200 MW. Van deze 3.200 MW bestaat 410 MW uit gasturbines bij procesfornuizen en ongeveer 1.320 MW uit STEG-eenheden. Het STEG-vermogen is berekend door uit te gaan van uitbreiding van 330 MW bestaand tegendruk-stoomvermogen met gasturbines. Zouden evenwel overal STEG-eenheden in plaats van gasturbines worden neergezet – hetgeen onwaarschijnlijk is omdat het heel vaak kleine eenheden betreft – dan is het totale potentieel niet 3.200 MW maar 3.600 MW.

Het warmte/kracht-potentieel bij economische groei

In het nu volgende zullen we nagaan in hoeverre de ramingen van het warmte/kracht-potentieel zich tot 2000 wijzigen wanneer rekening wordt gehouden met een economische groei in de verschillende sectoren zoals het CPB die in 1984 heeft geschetst in haar Actualisering van het referentie-scenario (ARES '84) (22).

Algemeen

Tenzij er sprake is van een niet-uniforme

Tabel 1. Ramingen van het warmte/kracht-potentieel in de overige chemie, inclusief pre-trochemie

	Huidige situatie	Bedrijfseconomisch potentieel	Nationaal-economisch potentieel
Grote bedrijven	410 b)	600	1210 a)
Kleine bedrijven	50	100	200
Totaal	460 b)	700	1410 a)

a) Hiervan is 170 MW gekoppeld aan procesfornuizen.

b) Hierbij is alleen het nog operationeel stoomvermogen meegeteld (dus excl. reservevermogen).

20) *Toelichting op het advies rationeel energieverbruik in de industrie*, Ministerie van Economische Zaken, september 1983.

21) K. Blok, A. van Wijk, E. Nieuwlaar en W.C. Turkenburg, op. cit.

22) P.G.M. Boonekamp en J.J.C. Bruggink, op. cit.

Tabel 3. De huidige warmte/kracht-situatie en het bedrijfs- en nationaal-economisch potentieel (bij huidige energietarieven en industriële productiecapaciteit, in MWe)

Sector	Situatie begin 1984				Bedrijfseconomisch potentieel				Nationaal-economisch potentieel			
	expansie-turbine	stoom-turbine	gas-turbine/STEG	totaal	expansie-turbine	stoom-turbine	gas-turbine/STEG	totaal	expansie-turbine	stoom-turbine	gas-turbine/STEG	totaal
Raffinaderijen	—	70	97	167	—	70	205	275	—	—	840	840
Kunstmest	7	—	33	40	17	—	33	50	57	—	33	90
Overige chemie	—	225	235	460	—	± 100	± 600	700 a)	—	—	1.410	1.410 b)
Voeding en genotmiddelen	—	103	87	190	—	103	218	321	—	103	302	405
Karton en papier	—	34	116	150	—	—	182	182	—	—	256	256
Metaal	14	—	—	14	23	—	30	53	23	—	30	53
Bouwmaterialen	—	—	30	30	—	—	30	30	—	—	30	30
Overig	—	—	30	30	—	—	75	75	—	—	105	105
Totaal	21	432	628	1.081	40	273	1373	1.686	80	103	3.006	3.189

a) Ongeveer 300 MW hiervan in de petrochemie.

b) Ongeveer 900 MW hiervan in de petrochemie.

groei binnen een sector, bestaat de aanpassing slechts uit het vermenigvuldigen van schattingen voor 1984 met de groeipercen-tages zoals vermeld in ARES '84. Dit geldt bij voorbeeld voor de sectoren voedings-en genotmiddelen, papier en karton, kunstmest, metaal en bouwmaterialen. Dit geldt niet voor de raffinaderijen en de chemie. Daarom zullen we deze sectoren meer in detail behandelen.

Op de schattingen van het potentieel is door ons een correctie aangebracht voor de (te verwachten) hogere energie-efficiency in nieuwe bedrijven en in nieuwe productie-eenheden. We veronderstellen dat de industriële activiteit die deel uitmaakt van de economische groei tot stand kan komen met nog eens 5% minder elektriciteitsbehoefte en een extra besparing van 20% op het warmtegebruik.

Raffinaderijen

In ARES '84 worden geen groeicijfers voor de aardoliesector vermeld. Het elektriciteitsverbruik blijft evenwel constant. Voor onze potentieelramingen nemen we daarom aan dat de sector raffinage tot 2000 niet groeit. Dit mag een conservatieve schatting worden genoemd, te meer daar in ARES '84 – maar ook door ons – geen rekening wordt gehouden met de uitbouw van de z.g. secundaire raffinagecapaciteit. Investerings in de aardolie vinden de laatste jaren vooral in deze richting plaats (Hycon, Flexicoker). Kenmerk van deze processen is de hoge warmte-intensiteit. Primaire en secundaire raffinage te zamen zijn drie keer zo warmte-intensief als primaire raffinage alleen. In beginsel is door zo'n onwikkeling een forse uitbreiding van het nationaal-economisch warmte/kracht-potentieel denkbaar bij gelijke aardolie-doorzet.

Chemie

Het Centraal Planbureau classificeert de chemie in 2 delen, te weten petrochemie en overige chemie. Wij zullen deze opsplitsing volgen. Voor de petrochemie noemt het CPB een groeifactor van 1,31 en voor de overige chemie 3,41.

In welke richting de „overige chemie” zich zal ontwikkelen is nog onduidelijk. De commissie-Wagner noemde in haar Twee-

de Voortgangsverslag de volgende kansrijke activiteiten 23):

- produkten met hoge toegevoegde waarde (kunststoffen, harsen, lijmen);
- eindprodukten (verf, kunststofverwerking);
- biotechnologie (weefselkweek, geïmmobiliseerde immuunsystemen);
- nieuwe materialen (sterke vezels, composiet plastics, speciale plastics).

In al deze sectoren, met uitzondering van de tweede, vindt momenteel warmte/krachtkoppeling plaats. Men mag daarom aannemen dat uitbreiding van deze activiteit gepaard zal gaan met uitbreiding van de mogelijkheden van warmte/krachtkoppeling, zeker voor zover de uitbreiding plaats vindt bij de grotere bedrijven zoals DSM en Gist-Brocades. Wij veronderstellen dat het mogelijk is dat de helft van de uitbreiding zal geschieden in bedrijven met een elektriciteitsverbruik van méér dan 1 à 2 MW. Deze uitbreiding komt in aanmerking voor het realiseren van warmte/kracht-turbinevermogen, de overige 50% niet.

Totaal

Met de hier vermelde uitgangspunten zijn we in staat het potentieel van industrieel warmte/krachtvermogen voor het jaar 2000 ruw te schatten. In tabel 4 wordt hiervan een overzicht gegeven. Nogmaals

moet naar voren worden gebracht dat de ramingen gelden voor de prijssituaties voor gas, elektra e.d. zoals die begin 1984 bestonden. Uit tabel 4 kunnen we afleiden dat bij een economische ontwikkeling zoals geschetst in ARES '84 zowel het bedrijfseconomische als het nationaal-economische potentieel van industrieel warmte/krachtvermogen aanmerkelijk toenemen tot resp. 2500 MW en 4200 MW. De veronderstelling van de NEOM dat het verlies aan potentieel door besparing op het stoomgebruik wordt gecompenseerd door de economische groei 24) blijkt niet correct te zijn, althans voor het CPB-scenario ARES '84 dat in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken werd ontwikkeld. Daarbij kan men zich wel de vraag stellen hoe realistisch dit scenario is, en daarmee de door ons berekende toename van het warmte/kracht-potentieel.

Vergelijking met de NEOM-raming

We kunnen concluderen dat onze ramingen voor het jaar 2000 belangrijk hoger liggen dan de ramingen van de NEOM. Wij komen tot 4.200 MW, de NEOM tot 2.740

23) Commissie-Wagner, *Tweede voortgangsverslag*, Ministerie van Economische Zaken, januari 1983.

24) NEOM, op. cit.

Tabel 4. Ruwe schatting van het warmte/kracht-potentieel in de industrie in 1984 en 2000 bij een economische ontwikkeling zoals geschetst in ARES '84 a)

Sector	Potentieel anno 1984 (in MWe)		Economische groeifactor volgens ARES '84 tot het jaar 2000	Vermenigvuldigingsfactor voor 2000 t.o.v. 1984		Potentieel anno 2000 (in MWe)	
	bedrijfs-economisch	nationaal-economisch		bedrijfs-economisch	nationaal-economisch	bedrijfs-economisch	nationaal-economisch
Raffinaderijen	275	840	(1,0)	(1,0)	(1,0)	275	840
Kunstmest	50	90	1,62	1,59	1,50	80	135
Petrochemie	300	900	1,31	1,29	1,25	388	1123
Overige chemie	400	510	3,41	2,14	1,96	858	1002
Voeding en genotmiddelen	321	405	1,32	1,30	1,26	418	509
Karton en papier	182	256	1,43	1,41	1,34	256	344
Basismetale	53	53	1,98	1,78	1,78	95	95
Overig metaal	—	—	2,01	—	—	—	—
Bouwmaterialen	30	30	(1,0)	(1,0)	(1,0)	30	30
Overig	75	105	1,27	1,26	1,22	94	128
Totaal	1686	3189	—	—	—	2494	4206

a) P.G.M. Boonekamp en J.J.C. Bruggink, Het EZ-referentiescenario 1984, ESC, december 1984.

Tabel 5. Vergelijking van de potentieel ramingen van industrieel warmte/kracht-turbinevermogen (in MWe)

	Stuurgroep MDE anno 2000	NEOM anno 2000		Blok e.a. anno 1984		Blok e.a. anno 2000	
	eigen gebruik en teruglevering	eigen gebruik	eigen gebruik en terug- levering	eigen gebruik	eigen gebruik en terug- levering	eigen gebruik	eigen gebruik en terug- levering
Stoomturbines	800	300	200	270	100	300	130
Expansieturbines	—	—	—	40	80	60	120
Gasturbines/STEG	2300	1540	2290	1370	2600	2140	3500
Gasturbines bij procesfornuizen	500	50	250	—	410	—	450
Totaal	3600	1890	2740	1680	3190	2500	4200

MW. Beperken we ons tot het potentieel aan industrieel warmte/krachtvermogen dat in hoofdzaak voor eigen gebruik is bestemd, dan komt de NEOM op 1.890 MW, terwijl wij dit ruw genomen op 2.500 MW schatten. In tabel 5 worden de schattingen voor de verschillende typen warmte/kracht-installaties onderling vergeleken. Tevens is de raming van de Stuurgroep MDE opgenomen.

Hoe kan het verschil van ongeveer 1.450 MW tussen de schattingen van de NEOM en van ons worden verklaard? Elders hebben we hierover gepubliceerd (25). De belangrijkste verschilpunten kunnen als volgt worden samengevat:

- ongeveer 400 MW van het verschil wordt veroorzaakt doordat de NEOM een andere economische ontwikkeling heeft aangenomen dan in ARES '84 wordt beschreven;
- ongeveer 300 MW kan worden verklaard doordat wij voor de grotere gasturbines een hogere kracht/warmte-verhoudingen aannemen dan de NEOM: 0,4 MW elektrisch vermogen bij een stoomvraag van 1 ton/h (NEOM 0,34 MWe per ton/h);
- de NEOM zegt 200 MW bestaand stoomturbine-vermogen om te willen bouwen tot STEG-eenheden maar maakt er in haar berekeningen gasturbines van, althans STEG-eenheden met dezelfde kracht/warmte-verhouding als gasturbines. Daarmee „verdwijnt” 200 MW. Wij maken deze fout niet en bouwen ruim 300 MW van het bestaande stoomturbinevermogen om tot STEG-eenheden. Dit verklaart dus ongeveer 300 MW van het verschil;
- de NEOM dimensioneerde het warmte/krachtpotentieel op 75% van de warmtevraag. Op grond van onze studies houden wij het voorlopig op 80%. Dit verklaart 150 MW. In de resterende warmtebehoefte zal via bijstoken worden voorzien. Dit heeft geen invloed op de potentieelramingen;
- het verschil aan inschattingen van het potentieel van gasturbines bij procesfornuizen (zie tabel 5) zorgt voor 200 MW;
- de mogelijkheden van expansieturbines laat de NEOM buiten beschouwing terwijl wij hier een potentieel van ruim 100 MW becijferen (zie tabel 5). Strikt genomen is dit overigens geen warmte/krachtvermogen in de gebruikelijke zin van het woord, maar wel industrieel turbinevermogen bestemd voor zelfopwekking.

Besluit

In deze studie is nagegaan hoe groot het potentieel aan warmte/krachtvermogen bij de industrie in Nederland anno 1984 was en hoe dit potentieel zich tot het jaar 2000 zou kunnen ontwikkelen. Uit ons onderzoek blijkt dat dit potentieel in 1984 3200 MW was en in het jaar 2000 – uitgaande van ARES '84 – 4.200 MW zou kunnen zijn. Wordt uitsluitend gelet op de elektriciteitsproductie ten behoeve van het eigen bedrijf (dus geen terug- of doorlevering), dan worden waarden van 1.700 MW in 1984 en 2.500 MW in 2000 gevonden. Met de uitbreidingen die thans zijn voorzien zal het overgrote deel van de genoemde 1.700 MW binnenkort zijn gerealiseerd. Substantiële uitbreiding van het wkk-vermogen in de industrie zal derhalve vooral moeten worden bereikt door wkk-vermogen te realiseren dat de opgewekte elektriciteit primair aan het net levert. Daárop zal de aandacht zich dus moeten richten.

Bij de vraag of realisering van het wkk-potentieel economisch aantrekkelijk en waarschijnlijk is, moet worden opgemerkt dat het antwoord hierop sterk wordt bepaald door de te verwachten kosten van inkoop van gas en van elektriciteit. Bij een relatief hoge elektriciteitsprijs en lage gasprijs kan de terugverdiendtijd van een investering in wkk zodanig kort zijn dat realisering van het genoemde wkk-potentieel economisch aantrekkelijk is. Met de prijzen voor gas en elektriciteit zoals die in 1984 bestonden, was hiervan sprake.

Bij stijging van de gasprijs en daling van de elektriciteitsprijs zal de terugverdiendtijd van een investering in wkk langer worden. In het meest extreme geval zijn investeringen in wkk zo weinig rendabel dat deze niet meer plaats zullen vinden. Nader onderzoek moet over deze afhankelijkheid uitsluitsel geven. Enkele verkennende berekeningen hieromtrent zijn door ons uitgevoerd. Deze geven aan dat (zelfs) in het elektriciteitsscenario van het Ministerie van Economische Zaken voor de late jaren negentig (26) investeringen in industriële wkk economisch attractief kunnen zijn. Ook op dit punt komen wij tot inzichten die anders zijn dan de inzichten van het Ministerie van Economische Zaken, resp. de NEOM. Zo mogelijk zullen we later op dit punt terug komen.

K. Blok
W.C. Turkenburg

25) K. Blok en W.C. Turkenburg, Regering en NEOM onderschatten industriële warmte/kracht, *Energiebeheer*, april 1985.

26) Zie voetnoot 2.